

Congreso Latinoamericano

Clicap

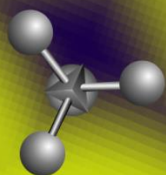
Ingeniería y Ciencias Aplicadas



San Rafael - Mendoza

28, 29 y 30 de Marzo del 2012

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



CLICAP 2012
Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
San Rafael – Mendoza – Argentina
28, 29 y 30 de Marzo de 2012

Universidad Nacional de Cuyo
(Mendoza, República Argentina)
Rector: Ing. Arturo Roberto SOMOZA

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
(San Rafael, Mendoza, República Argentina)
Decano: MSc. Ing. Roberto BATTISTÓN
Vicedecano: MSc. Ing. Gianni ZENOBI



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS APLICADAS
A LA INDUSTRIA**

CLICAP 2012

Congreso Latinoamericano de
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

San Rafael – Mendoza –Argentina
2012

Clicap 2012 / con colaboración de Cecilia Adriana Flores y Mónica Beatriz Barrera; coordinado por Alicia Lucia Ordoñez. - 1a ed. - Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2012. E-Book.

ISBN 978-987-575-106-4

1. Ingeniería. 2. Enseñanza Superior. I. Flores, Cecilia Adriana, colab. II. Barrera, Mónica Beatriz, colab. III. Ordoñez, Alicia Lucia, coord.

CDD 620.711

Fecha de catalogación: 17/02/2012

San Rafael, Mendoza, 1ª Edición 2012.

ISBN 978-987-575-106-4
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
Bernardo de Irigoyen 375, 5600. San Rafael, Mendoza, Argentina

Autoridades Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

Decano

MSc. Ing. Roberto BATTISTÓN

rbattist@fcai.uncu.edu.ar

Vicedecano

MSc. Ing. Gianni ZENOBI

gzenobi@fcai.uncu.edu.ar

Secretario Académico

Esp. Ing. Ángel Augusto ROGGIERO

aroggier@fcai.uncu.edu.ar

Secretaria de Ciencia y Técnica

Dra. Ing. Alicia Lucía ORDÓÑEZ de YAPUR

aordonez@fcai.uncu.edu.ar

Secretario de Extensión Universitaria

Lic. Juan Carlos MARTÍN

jcmartin@fcai.uncu.edu.ar

Secretario de Asuntos Estudiantiles

Ing. Emanuel SANCHEZ VARRETTI

esanchez@fcai.uncu.edu.ar

Secretario de Posgrado

MSc. Ing. Gianni ZENOBI

gzenobi@fcai.uncu.edu.ar

Secretaría Administrativa Financiera

Cont. Liliana PÉREZ

liperez@fcai.uncu.edu.ar

Secretario de Comunicaciones e Informática

Ing. Fabián R. TALIO

ftalio@fcai.uncu.edu.ar

Secretario de Vinculación Tecnológica y Desarrollo Productivo

Ing. Juan Carlos CASTELLANOS

jcastell@fcai.uncu.edu.ar

Coordinación de Infraestructura y Mantenimiento

Ing. Ricardo MAGGIONI

rmaggion@fcai.uncu.edu.ar

Comité Científico

- Dr. Bottini, Rubén
- Dr. Cáceres, Roberto
- Dr. Castro, Daniel
- Dr. Chernikoff, Raúl
- Dr. Hours, Roque
- Dr. Mascheroni, Rodolfo
- Dr. Millán, Daniel
- Dr. Muñoz Puentes, Ernesto
- Dr. Narambuena, Claudio
- Dr. Ninago, Mario
- Dr. Valderrama, José Omar
- Dr. Villar, Marcelo
- Dra. Balanza, María Esther
- Dra. Bucalá, Verónica
- Dra. Cabeza, María Silvina
- Dra. Flores, Cecilia
- Dra. Martín, María Carolina
- Dra. Merín, María Gabriela
- Dr. Millán, Daniel
- Dra. Morata, Vilma
- Dra. Musale, Cecilia
- Dra. Ordóñez, Alicia Lucía
- Dra. Pece, Nora
- Dra. Pirovani, María Elida
- Dra. Qüesta, Gabriela
- Dra. Santillán, María José
- Ing. Clavijo, Silvia
- Dra. Andrea Ridolfi
- Ing. Roggiero, Augusto
- Ing. Urfalino, Paola
- MSc. Najar, Laura

Comité Organizador

Presidente de la Organización:

- Dra. Alicia Lucía Ordóñez

Integrantes:

- MSc. Balada, Luis
- Prof. Barrera, Mónica
- Prof. Bru, Viviana
- Dra. Cabeza, María Silvina
- Dr. Castro, Daniel
- Ing. Clavijo, Silvia
- MSc. Di Santo, Rogelio
- Tec. Finocchio, Luis
- Dra. Flores, Cecilia
- Prof. Kojanovich, Cecilia
- Ing. Morant, Alejandra
- Lic. Peñasco Andrés
- Cdora. Pérez, Liliana
- Lic. Poblete, Guillermo Alberto
- Lic. Miranda, Ricardo José
- Ing. Roggiero, Augusto
- Ing. Sánchez, Alicia María
- Ing. Talio, Fabián
- Ing. Urfalino, Delia Paola

Presentación

Bienvenidos a la 3° Edición del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas “CLICAP 2012” y su evento asociado, el Cuarto Encuentro AUSAL que se desarrollarán, los días 28, 29 y 30 de Marzo de 2012, en la sede de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Éste evento reunirá docentes investigadores de áreas del conocimiento de la ciencia e ingeniería química, de los alimentos, medioambiente y de la enseñanza de ellas.

El mismo tiene carácter internacional, recibiendo un número significativo de expositores latinoamericanos en las distintas áreas seleccionadas pertenecientes a instituciones, universidades y organismos científicos de BRASIL, CHILE, COLOMBIA, VENEZUELA, ECUADOR, EL SALVADOR, MÉXICO, ARGENTINA, entre otros.

Las ediciones anteriores del CLICAP reflejaron el valor y beneficios de investigar en la Universidad, tratando de promover e impulsar el enriquecimiento entre los miembros de la comunidad científica y procurando que los resultados contribuyan positivamente a la sociedad, sostén de nuestro sistema científico, tecnológico y educativo.

La Institución se encuentra movilizada esperando una gran concurrencia de investigadores, alumnos y profesionales sumando conocimiento, desarrollo e innovación a los desafíos por venir.

Deseamos que el evento supere ampliamente las expectativas y que disfruten de la cordialidad de nuestra casa de estudios.

Comisión Organizadora

CLICAP 2012

ÍNDICE

ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS.....	1
RESÚMENES	1
01RA. EL POTENCIAL DEL TOPINAMBUR EN LA SALUD Y LA NUTRICIÓN	2
02RA. PROPIEDADES DE MANDARINAS DEL GRUPO SATSUMA.....	3
03RA. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EXTRACTIVA DE ACEITE DE OLIVA DE DISTINTA PROCEDENCIA BOTÁNICA Y GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA.	4
04RA. COMPORTAMIENTO DE <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> FRENTE A PELÍCULAS COMESTIBLES.	5
05RA. FORMULACIÓN DE UNA SALSA CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA Y REDUCIDO EN GRASA	6
06RA. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CUATRO VARIEDADES DE LINAZA (<i>Linum usitatissimum L.</i>).....	7
07RA. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TECNOLÓGICAS DE HARINAS ENTERAS Y DESGRASADAS DE LINAZA (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	8
08RA. INVESTIGACION DE LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS	9
09RA. EVALUACIÓN DE TINCIÓN CON COLORANTES NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE CEREZAS EN CONSERVA	10
10RA. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE DIOXIDO DE CARBONO Y OXIGENO EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO HERMÉTICO DE GRANOS.....	11
11RA. CINÉTICA DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE CON HEXANO A PARTIR DE SÓLIDOS DE SOJA HIDROLIZADOS.	12
12RA. APORTES A LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE NUEVAS VARIEDADES DE NUEZ (<i>Juglans Regia L.</i>) CULTIVADAS EN EL OESTE DE CATAMARCA.....	13
13RA. ESTUDIO DE LA REACCIÓN DE ESTERIFICACIÓN DE ACEITE DE CALAMAR PARA LA OBTENCIÓN DE OMEGA-3	14
14RA. TRATAMIENTO DE OLEÍNAS DE SOJA CON POTENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EMPLEANDO DESTILACIÓN MOLECULAR.....	15
15RA. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN MODELO SIMPLIFICADO DE DESTILACIÓN MOLECULAR DE MULTICOMPONENTES A UN SOFTWARE COMERCIAL	16
16RA. ANÁLISIS DE CALIDAD QUÍMICA Y sensorial DE MANTECA ANHIDRA OBTENIDA EN DISTINTAS CONDICIONES OPERATIVAS	17
17RA. FRACCIONAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO POR DESTILACIÓN MOLECULAR	18
18RA. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VARIABLES OPERATIVAS EN LA OBTENCIÓN DE FRACCIONES DE ACEITE ESENCIAL DE OREGANO MEDIANTE DESTILACIÓN MOLECULAR	19
19RA. <i>cis</i> -C ₁₇ H ₃₃ COOH / Ni (111) : ESTUDIO COMPUTACIONAL	20

20RA. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIHIPERTENSIVA DE LOS HIDROLIZADOS DE PLASMA DE BOVINO	21
21RA. ESTUDIO DE LAS EMULSIONES OBTENIDAS DE HIDROLIZADOS DE CONCENTRADO DE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO CON PROTEASA COMERCIAL DE CALIDAD ALIMENTARIA	22
22RA. ESTABILIDAD DE EMULSIONES PREPARADAS A PARTIR DE HIDROLIZADOS DE BETA-LACTOGLOBULINA OBTENIDOS MEDIANTE EL USO DE TRIPSINA INMOVILIZADA SOBRE PERLAS DE QUITOSANO.....	23
23RA. DESARROLLO DE UN REACTOR EN LOTE CON BIOMASA MODIFICADA, INMOVILIZADA SOBRE SOPORTE INERTE. PARA PURIFICAR AGUAS CONTAMINADAS CON COBRE	24
24RA. “DISEÑO DE UN MEDALLON DE CARNE FUNCIONAL, REDUCIDO EN SODIO CON APORTE DE β -GLUCANOS”	25
25RA. ESTUDIO DE LA INACTIVACIÓN DE BIOAEROSOLES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADIACIÓN UV	26
26RA. MOLIENDA HÚMEDA DE ARROZ	27
27RA. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CUATRO VARIEDADES DE LINAZA	28
28RA. OPTIMIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE FACTORES COMBINADOS PARA LA PRESERVACIÓN DE ASPECTOS NUTRICIONALES Y MICROBIOLÓGICOS DE BROCOLI MINIMAMENTE PROCESADO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	29
29RA. ACEITE ESENCIAL DE CUATRO VARIEDADES OREGANO COMO ANTIOXIDANTE NATURAL PARA ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN.....	30
30RA. SCREENING DE ACTIVIDAD AMINOÁCIDO DECARBOXILASA EN BACTERIAS LÁCTICAS CON POTENCIAL APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA	31
31RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE <i>Lactobacillus Curvatus</i> 409 Y <i>Lactobacillus Sakei</i> 268 A TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO	32
32RA. QUESOS ARTESANALES DE LECHE DE CABRA DEL NOROESTE CHAQUEÑO: AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE FLORA ÁCIDO LÁCTICA BACTERIOCINOGÉNICA.....	33
33RA. PRODUCCION DE FRUCTANOS UTILIZANDO EXTRACTOS ENZIMATICOS DE GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS.	34
34RA. SINTESIS DE LEVANSACARASA Y LEVANOS POR GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS EN CULTIVOS CONTINUOS.....	35
35RA. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO AQUOSO DOS FRUTOS DE AROEIRA A PARTIR DA CAPTURA DE NO	36
36RA. IMPORTANCIA DE LA PRESENCIA DE OCRATOXINA (A) EN VINO Y MOSTO	37
37RA. MODELO PREDICTIVO DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE PULPAS DE DAMASCO	38
38RA. AVALIAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA C E DE AÇÚCARES EM <i>Annona Muricata</i> L.....	39
39RA. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA POLPA DA FRUTA-PÃO (<i>Artocarpus Altilis</i>) ATRAVÉS DOS MÉTODOS DO DPPH E FRAP.	40

40RA. POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DOS FRUTOS DE AROEIRA AVALIADOS POR DIFERENTES MÉTODOS.....	41
41RA. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E DO PERFIL QUIMICO DO EXTRATO METANÓLICO DOS FRUTOS DE MANACARU (<i>Cereus fernambucensis</i>)	42
42RA. MICROENCAPSULACIÓN DE BACTERIAS LÁCTICAS CON PECTINA DE <i>Opuntia ficus indica</i> (TUNA). .	43
43RA. CAPACIDAD ACIDIFICANTE DE CEPAS AUTÓCTONAS DE BACTERIAS LÁCTICAS DE ORIGEN CAPRINO: VALORACIÓN EN LA MATRIZ QUESERA	44
44RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE MÉIS DE ABELHA COMERCIALIZADOS EM TERESINA-PI.....	45
45RA. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE MÉIS NÃO INSPECIONADOS COMERCIALIZADOS NO CENTRO DE TERESINA – PI	46
46RA. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE COMPOSTOS DE MEL DE ABELHA NÃO INSPECIONADO COMERCIALIZADO EM TERESINA – PI	47
47RA. SECADO A PRESIÓN REDUCIDA DE NARANJAS (<i>Cv. Valencia Late</i>)	48
PRE-TRATADAS OSMOTICAMENTE.....	48
48RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PITOMBAS (<i>Talisia esculenta Radlk.</i>) NATIVAS DO CERRADO PIAUIENSE.....	49
49RA. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LICHIAS (<i>Litchi chinensis Sonn.</i>) COMERCIALIZADAS EM TERESINA-PIAUI	50
50RA. PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DE FRUTOS DE LICHIAS.....	51
51RA. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL DESHIDRADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS ...	52
52RA. APLICACIÓN DE UNA PREPARACIÓN PECTINOLÍTICA DE ORIGEN BACTERIANO EN MICROVINIFICACIONES EN TINTO A BAJA TEMPERATURA	53
53RA. EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DE FRITURA SOBRE EL COLOR Y HUMEDAD DEL MANÍ FRITO-SALADO	54
54RA. POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA POLPA DE ABÓBORA AVALIADOS PELO MÉTODO DO DPPH E FRAP.....	55
55RA. RELACIÓN ENTRE CARACTERES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICOS EN TOMATES CRIOLLOS PARA CONSUMO EN FRESCO, INDUSTRIA Y TIPO CHERRY	56
56RA. MODIFICACION DE SORCION DE AGUA, GRADO DE DENSIFICACION Y MOVILIDAD MOLECULAR DE PELICULAS DE GELATINA DE BOVINO EN ESTADO VITREO POR ADICION DE GLICEROL Y SORBITOL.	57
57RA. HIDROLIZADOS PROTÉICOS OBTENIDOS A PARTIR DE CEBADA AGOTADA POR BACILLUS CEREUS CON PROPIEDADES FUNCIONALES Y ANTIMICROBIANAS MEJORADAS	58
58RA. CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PEPTIDASAS EXTRACELULARES DE BACILLUS CEREUS	59
59RA. SOLUBILIZACIÓN, RECUPERACIÓN Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS DE CALAMAR (<i>Illex argentinus</i>). EFECTO DEL ESTADIO DE MADURACION SEXUAL.....	60

60RA. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE UNA MEZCLA DE PARTES IGUALES DE HARINA HIPERPROTEICA Y SÉMOLA DE AMARANTO.....	61
61RA. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS DE PLASMA ENTERO DE BOVINO: OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS EMPLEANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	62
62RA. PERFORMANCE EXPORTADORA DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS ARGENTINOS EN LOS MERCADOS DE LA UNIÓN EUROPEA Y DEL MERCOSUR.....	63
63RA. MODELADO DE LA CINÉTICA DE TRANSFERENCIA DE MASA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PULPA DE MEMBRILLO	64
64RA. POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIALES COMO FONTE DE CARBONO PARA PRODUÇÃO DE PROTEASE E α -AMILASE POR <i>Bacillus sp.</i>	65
65RA. EFEITO DE VÁRIAS CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DE PROTEASES EXTRA-CELULARES DE <i>Bacillus sp</i> SMIA-2 CULTIVADO EM SORO DE QUEIJO E FARINHA DA CASCA DE MARACUJÁ	66
66RA. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN LIPÍDICA EN DIFERENTES ESPECIES DE MICROALGAS Y SUS POSIBLES APLICACIONES.....	67
67RA. CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES CONTENIENDO AROMA DE NARANJA ENCAPSULADO.....	68
68RACARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CARAMBOLAS (<i>Averrhoa carambola</i> L.) PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR-PI	69
69RA. PERFIL DE AÇÚCARES E CONTEÚDO DE VITAMINA C DE FRUTOS DO CERRADO BRASILEIRO	70
70RA. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LA OLEORRESINA DEL AGUARUBAY SOBRE MEDALLONES DE CARNE	71
71RA. CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN PRODUCTOS DE TOMATE POR HPLC Y ESPECTROFOTOMETRIA VISIBLE.....	72
72RA. EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL DE <i>Origanum x applii</i> EN HAMBURGUESAS DE CARNE VACUNA ALMACENADAS A 7 °C.	73
73RA. VINO CABERNET SAUVIGNON EN HAMBURGUESAS DE CARNE VACUNA	74
74RA. “ACEITE ESENCIAL DE ACANTHOLIPPIA SERIPHIOIDES: SU EFECTO EN MEDALLONES DE CARNE VACUNA COCIDOS EN HORNO DE MICROONDAS”	75
75RA. INCORPORACIÓN DE BACTERIAS PROBIÓTICAS A QUESOS DE OVEJA: ESTUDIO DE SU INFLUENCIA EN LA MADURACIÓN	76
76RA. SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN DE CANGREJOS <i>Ovalipes trimaculatus</i> y <i>Platyxanthus patagonicus</i>	77
77RA. INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA: ANÁLISIS DEL PROGRESO DE LA REACCIÓN	78
78RA. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE MIELES DE <i>Tetragonisca Angustula</i> DE LA PROVINCIA DEL CHACO	79
79RA. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR MEZCLAS DE HARINAS FUNCIONALES EN LA ELABORACIÓN DE PANES	80

80RA. ACIDÓLISIS ENZIMÁTICA EN REACTOR DE LECHO EMPACADO CON BIOCATALIZADORES NO COMERCIALES	81
81RA. APROXIMANTES DE PADÉ EN EL MODELADO DE DENSIDADES DE JUGOS CONCENTRADOS	82
82RA. MODELADO DE LA DESTERPENACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SALVIA (<i>Salvia Officinalis</i>) POR DESTILACIÓN A PRESIÓN REDUCIDA	83
83RA. PELÍCULAS BIODEGRADABLES DE ALMIDÓN OBTENIDAS POR TERMOCOMPRESIÓN	84
84RA. OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SOLUBLES A BASE DE QUERATINA A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA	85
85RA. CARACTERIZACIÓN DEL HIDROLIZADO PROTEICO Y EL ACEITE OBTENIDO DEL RESIDUO DE LAS INDUSTRIAS TRANSFORMADORAS PESQUERAS	86
86RA. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA APLICABILIDAD DE EXTRACTOS DE PROPÓLEO A TRAVÉS DEL EMPLEO DE POLISACÁRIDOS	87
87RA. EVALUACIÓN DEL PODER ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS VEGETALES POR EL MÉTODO DE QUELACIÓN DE HIERRO	88
88RA. CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE HUMANA PASTEURIZADA POR DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS	89
89RA. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE NUEVAS CULTIVARES DE TOMATE	90
90RA. LA MOZZARELLA Y SUS POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN EN LA ZONA DE SANTA FE	91
91RA. HIDROXIAPATITA SINTÉTICA PARA ABATIMIENTO DE FLÚOR EN AGUAS DE CONSUMO EN POBLACIONES RURALES DISPERSAS	92
92EFECTO DE LA DESHIDRATACION OSMÓTICA SOBRE LA INTENSIDAD RESPIRATORIA Y LA ACTIVIDAD DE AGUA DE CUBOS DE ANCO (<i>Cucurbita moschata</i>)	93
93RA. COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTAS DO CERRADO BRASILEIRO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS	94
94RA. ESTUDIOS PRELIMINARES DE FERMENTACIÓN DE JUGO TURBIO DE FRAMBUESA CON <i>Lactobacillus plantarum</i>	95
95RA. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS Y DE SORCIÓN DE AGUA DE LA GOMA EXUDADA DEL ALGARROBO BLANCO (<i>Prosopis alba</i>) PARA SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	96
96RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PEDÚNCULO DO CAJU (<i>Anacardium occidentale</i> L.) ORIUNDO DE TERESINA-PIAUÍ.	97
97RA. TRIAGEM FITOQUÍMICA DO PEDÚNCULO DO CAJU (<i>Anacardium occidentale</i> l.)	98
98RA. ACTIVIDAD PROTEOLITICA DE CEPAS DE COCOS GRAM POSITIVOS Y COAGULASA NEGATIVOS AISLADOS DE SALAMINES ELABORADOS CON CARNE CAPRINA DE SANTIAGO DEL ESTERO	99
99RA. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DEL SECADO EN LA OBTENCIÓN DE INULINA A PARTIR DE <i>Helianthus tuberosus</i> L.	100

100RA. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE FRACCIONES PURIFICADAS DE POLIFENOLES DE TEGUMENTOS DE MANI	101
101RA. POSTRE TIPO FLAN, CON AGREGADO DE ZANAHORIA Y ACEITE DE OLIVA VIRGEN	102
102RA. APLICACIÓN DE TECNOLOGIA DE MEMBRANAS EN LA ELABORACION DE QUESOS UNTABLES DE CABRA	103
103RA. PERFIL DE ACIDIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA A PARTIR DE LACTOSUERO CAPRINO.	104
104RA. EXOPOLISACÁRIDOS PRODUCIDOS POR BACTERIAS LÁCTICAS: EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y REOLOGIA DE QUESOS UNTABLES DE CABRA.....	105
105RA. INFLUENCIA DE DIFERENTES CONDICIONES ECOFISIOLÓGICAS EN LA POBLACION DE LEVADURAS Y HONGOS FILAMENTOSOS EN VIÑEDOS DE UVAS MALBEC.	106
106RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTI QUÓRUM SENSING DE EXTRACTOS VEGETALES NATURALES: ESTUDIOS “ <i>IN VITRO</i> ” PARA EL CONTROL DE PATOGENOS INOCULADOS Y MICROFLORA NATIVA DE BROCOLI.	107
107RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES BIOACTIVOS, APLICADOS SOBRE UNA MEZCLA PARA SOPA DE VEGETALES MINIMAMENTE PROCESADOS.....	108
108RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTAGONISMO ENTRE CEPAS CON DIFERENTES CAPACIDADES HIDROLÍTICAS, AISLADAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES.	109
109RA. DISEÑO DE FORMULACIONES BASADAS EN PULPAS DE <i>BERRIES</i> CON AGREGADO DE MALTODEXTRINA Y EDULCORANTES PARA EL DESARROLLO DE ALIMENTOS FUNCIONALES.	110
110RA. CONSERVACION POR DESHIDRATACION DE HONGOS.....	111
111RA. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE ZAPALLO DE LA PROVINCIA DEL CHACO	112
112RA. COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA PARA LA EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN ALIMENTOS COCIDOS MEDIANTE FI-HG-AAS: ESTUDIO PRELIMINAR	113
113RA. EVALUACIÓN DEL COLAPSO ESTRUCTURAL EN FRUTILLAS DESHIDRATADAS MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES	114
114RA. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE LACTOSUERO CON EXTRACTOS DE <i>SALPICHROA ORIGANIFOLIA</i> PARA SU EMPLEO COMO ADITIVO ALIMENTARIO.....	115
115RA. CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE FITOPROTEASAS AUTÓCTONAS SOBRE CEPAS BACTERIANAS PATÓGENAS DE IMPORTANCIA CLÍNICA Y ALIMENTARIA.....	116
116RA. PÉPTIDOS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA OBTENIDOS POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS LÁCTEAS CON EXTRACTOS DE FRUTOS DE <i>SALPICHROA ORIGANIFOLIA</i>	117
117RA. TEXTURA DE RELLENOS DE GALLETITAS: EFECTO DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES	118
118RA. MERMELADA MIXTA DE DURAZNO, CON EL AGREGADO DE “OKARA”	119
119RA. DETERMINACIÓN DEL COLOR DE SALMUERAS, DE ACEITUNAS VERDES FERMENTADAS, EN FUNCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL ENVASE	120

120RA. VARIACIÓN DEL PERFIL LIPIDICO DE HAMBURGUESAS DE SURUBI (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>) ADICIONADAS CON HARINA ENTERA DE CHÍA (<i>Salvia hispánica L.</i>).....	121
121RA. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNA POLIGALACTURONASA (PGI) EN BATCH ALIMENTADO MEDIANTE DIFERENTES PERFILES DE ALIMENTACION	122
122RA. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL PH SOBRE LA EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE PECTINA DE CÁSCARA DE MARACUYA EMPLEANDO PROTOPECTINASA-SE.....	123
123RA. CURVA DE DEGRACION DE CLORPIRIFOS EN NARANJA VALENCIA.....	124
124RA. “INCIDENCIA DEL CONTENIDO INICIAL DE RESIDUOS EN FRUTAS SOBRE LOS ACEITES ESENCIALES CITRICOS”	125
125RA. CARACTERIZACIÓN FISCOQUIMICA DE MERMELADAS DE ARÁNDANOS (<i>VACCINIUM CORYMBOSUM</i>).....	126
126RA. INFLUENCIA DE LAS FUENTES DE CARBONO Y NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SÍNTESIS DE PECTINASAS DE <i>A. pullulans</i> GM-R-22.....	127
127RA. FERMENTACION ALCOHOLICA DE MUCILAGO DE CAFÉ	128
128RA. ESTUDIO DE LA PRODUCCION DE KERATINASAS POR <i>PAECILOMYCES LILACINUS</i> EN CULTIVOS SUMERGIDOS.....	129
129RA. UTILIZACIÓN DE YACON PARA LA PRODUCCION DE INULINASAS DE <i>Aspergillus kawachii</i> EN CULTIVOS LÍQUIDOS SUMERGIDOS.....	130
130RA. VALOR NUTRICIONAL DE SUBPRODUCTOS CITRÍCOLAS	131
131RA. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE VITAMINA C Y GRASAS DE PAPAS FRITAS COMERCIALES EN DOS BAÑO DE FRITURA	132
132RA. IDENTIFICAÇÃO DE METABOLITOS SECUNDARIOS E QUALIDADE FISCO-QUIMICA EM FRUTOS CROATÁ (<i>Bromelia karatas L.</i>) ORIUNDOS DO CERRADO PIAUIENSE	133
133RA. INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS SELECCIONADOS Y DEL TRATAMIENTO TERMICO SOBRE LOS PARAMETROS DE COLOR DE CONFORMADOS DE SABALO (<i>Prochilodus platensis</i>)	134
134RA. PROPIEDADES FISCOQUIMICAS Y CAPACIDAD DE FORMACIÓN DE GEL DE CONCENTRADO DE PROTEÍNAS DE PESCADO DE RIO (CPP) EN FUNCION DEL PH DEL PROCESO	135
135RA. OBTENCIÓN DE LACTULOSA A PARTIR DE LACTOSA DE SUERO DULCE DE QUESERÍA	136
136RA. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE CULTIVARES DE LINO (<i>Linum usitatissimum L.</i>) SEMBRADOS EN DOS FECHAS DE SIEMBRA	137
137RA. EFECTO DE LOS CULTIVARES Y LA ÉPOCA DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO, CONTENIDO Y COMPOSICIÓN DE ACEITE EN SIETE CULTIVARES DE LINO (<i>Linum usitatissimum L.</i>).....	138
138RA. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS DURANTE LA MADURACIÓN DE UVAS MALBEC Y BONARDA DE MENDOZA.....	139
139RA. LA MACERACIÓN PREFERMENTATIVA EN FRÍO COMO ESTRATEGIA DE VINIFICACIÓN EN UVAS DE VARIEDAD BONARDA.....	140

140RA. ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN DE ANTOCIANOS DURANTE LA VINIFICACIÓN DE UVAS MALBEC Y BONARDA DE MENDOZA	141
141RA. CONTENIDO DE CAROTENOIDES DE VARIEDADES NACIONALES DE MAÍZ Y SU ESTABILIDAD EN LAS PRIMERAS ETAPAS DE ELABORACION DE PRODUCTOS LAMINADOS.....	142
142RA. CALIDAD Y PERFIL DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE ACEITE DE GIRASOL ADICIONADO DE ACEITE ESENCIAL DE AJO SOMETIDO A FRITURA	143
143RA. UTILIZACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DERIVADOS DE AJO PARA EL CONTROL DE SCLEROTIUM CEPIVORUM BERK.....	144
144RA. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA DE VEGETALES	145
145RA. EXTRACTOS DE BROTES DE SOJA DESECADOS. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES	146
146RA. ESTUDIO DEL EMPLEO DE ENZIMAS COMERCIALES EN LA ELABORACIÓN DE JUGO DE FRAMBUESA <i>RUBUS IDEAUS</i>	147
147RA. CALIDAD DE MAÍZ COLORADO DURO INFLUENCIADA POR EL SECADO ARTIFICIAL: PROPIEDADES DIMENSIONALES Y GRAVIMÉTRICAS	148
148RA. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MICROFLORA DE EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS DE DIFERENTES REGIONES DEL PAIS.....	149
149RA. EFECTO DEL FRITADO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE PAPAS FRESCAS Y PREFRITAS SUPERCONGELADAS	150
150RA. INFLUENCIA DE LA EXPOSICIÓN A LA LUZ Y TEMPERATURA SOBRE EL COLOR DE VINOS ROSADOS EMBOTELLADOS	151
151RA. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ALFALFA EN LA DIETA SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA, EN POLVO Y QUESO REGGIANITO	152
152RA. VINIFICACIÓN A ESCALA PILOTO CON LEVADURAS AUTÓCTONAS SELECCIONADAS DEL OASIS SUR DE MENDOZA	154
153RA. EXTRACCIÓN DE POLISACÁRIDOS DEL FRUTO DE MEMBRILLO.....	155
154RA. ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE SECADO EN ORUJOS TINTOS (VARIEDAD MALBEC COSECHA 2011) Y SU INFLUENCIA EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	156
155RA. EMPLEO DE LA CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL (DSC) COMO HERRAMIENTA PARA ESTUDIAR LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE PUFAS PRODUCIDOS POR MICROALGAS.....	157
156RA. EVALUACION DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LECHE UNA PASTEURIZADORA ARTESANAL.....	158
157RA. ANÁLISIS DE ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO EN VINOS Y AGUAS MEDIANTE UNA METODOLOGÍA QUÍMICA AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE.....	159
158RA. VARIACIONES EN LA CINETICA DE BIOOXIDACIÓN DE FENOL, SUERO DE QUESO Y ACETATO EN BARROS ACTIVADOS INDUCIDAS POR CAMBIOS EN LA COMPOSICION DE LA ALIMENTACIÓN	160
159RA. AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MINIMILHO EM CONSERVAS CULTIVADOS NO BRASIL	161

160RA. ESTABILIDAD QUÍMICA DE COMPUESTOS ORGANOAZUFRADOS Y SUS MEZCLAS PRESENTES EN AJO	162
161RA. EFFECTS OF SIMULATED INTESTINAL FLUIDS AND BILE SALTS ON HYDROXYPROPYLMETHYLCELLULOSE INTERFACIAL PROPERTIES AND SUBMICRON O/W EMULSIONS ...	163
162RA. EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FRITURA SOBRE LA CALIDAD Y VALOR NUTRICIONAL DE ACEITES MACERADOS DE AJO.....	164
163RA. COCCIÓN AL VAPOR DE AJO: PERFIL DE COMPUESTOS ORGANOAZUFRADOS Y POSIBLES BIOTRANSFORMACIONES	165
164RA. DESGRASADO DE AMARANTO POR MOLIENDA ABRASIVA	166
165RA. CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES Y ESTUDIO DE SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO PATEGRÁS ARGENTINO	167
166RA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO DE LECHE DE OVEJA	168
167RA. ESTUDIO DEL EFECTO DE a_w , pH Y TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE CEPAS AUTÓCTONAS DE <i>SALMONELLA</i> AISLADAS DE POLLO	169
168RA. ALOE SAPONARIA COMO RECUBRIMIENTO EN POSCOSECHA.....	170
169RA. ESTUDIO DEL PROCESO DE ENCALADO DURANTE LA ELABORACIÓN DE CEREZAS EN CONSERVA	171
170RA. POSCOSECHA DE 8 CULTIVARES DE ZAPALLO <i>Cucurbita moschata</i> (ANCO) UTILIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	172
ÁREA INGENIERÍA QUÍMICA, PETROQUÍMICA Y MINERALURGÍA.	173
RESÚMENES	173
01RQ. INFLUENCIA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA EFICIENCIA FRACCIONAL DE UN CICLÓN.....	174
02RQ. DESARROLLO DE GELES ESTABLES DE SEPIOLITAS NACIONALES PARA LIBERACIÓN CONTROLADA DE DROGAS.....	175
03RQ. PLASTIFICACIÓN DE METALES USANDO SILANOS COMO COMPATIBILIZANTES. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE REACCIÓN	176
04RQ. ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL TUBO DE RANQUE HILSCH	177
05RQ. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE PROCESO SHREDDER Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO COMO AGREGADOS EN MATERIALES CERÁMICOS	178
06RQ. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES REFRACTARIOS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA.....	179
07RQ. CERÁMICA ROJA A PARTIR DE ARCILLA COMERCIAL CON INCORPORACIÓN DE LODOS DE ALTO HORNO	180
08RQ. DEPOSICIÓN ELECTROLÍTICA DE ALEACIONES DE NI-CU-W SOBRE SUSTRATOS METÁLICOS	181

09RQ. EFECTO DE LA FUNCIONALIDAD DEL ENTRECruzANTE EN GOMAS MODELO DE SILICONAS.....	182
10RQ. DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE YODO POR OXIDACIÓN DE N, N-DIMETIL-p-FENILENDIAMINA	183
11RQ. MEJORA EN LAS PROPIEDADES DE BARRERA DE PELÍCULAS DE POLIETILENO USANDO SPRAY DE NANOPARTÍCULAS MINERALES.....	184
12RQ. OBTENCIÓN DE PARTÍCULAS CON ACTIVIDAD ESPECÍFICA A PARTIR DE MINERALES DE BAJO COSTO	185
13RQ. MODIFICACION DE POLIESTIRENO COMERCIAL EMPLEANDO COPOLÍMEROS BLOQUE DE PS- <i>b</i> -PDMS	186
14RQ. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD AMBIENTE SOBRE EL COMPORTAMIENTO DIELECTRICO DE COMPUESTOS DE BaTiO ₃ /EPOXI	187
15RQ. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ZnO	188
16RQ. INFLUENCIA DE LA FUNCIONALIDAD DEL ENTRECruzANTE EN LAS PROPIEDADES FINALES DE REDES MODELO DE POLIDIMETILSILOXANO CON CADENAS PENDIENTES	189
17RQ. SÍNTESIS Y CARACTERIZACION DE CÓPOLIMEROS TERMOSENSIBLES PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS	190
18RQ. BIOSÍNTESIS DE poli (β-hydroxialcanoato)s POR <i>Bacillus Megaterium</i> BBST4 EMPLEANDO MELAZA DE CAÑA DE AZUCAR COMO FUENTE DE CARBONO.....	191
19RQ. EFECTO DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE TIMOL ENCAPSULADO POR LIOFILIZACIÓN EN UNA MATRIZ POLIMÉRICA.	192
20RQ. CORROSION: ASPECTOS TERMODINAMICOS Y CINÉTICOS INTEGRADOS	193
21RQ. NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC SOPORTADAS SOBRE HEXAFERRITA DE ESTRONCIO: ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA	194
22RQ. ESTUDIO DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE CARBÓN EN UN LECHO FLUIDIZADO BURBUJEANTE MEDIANTE EL USO DE FLUIDODINÁMICA COMPUTACIONAL (CFD)	195
23RQ. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE PARAMETROS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS DE INTERES REGIONAL	196
24RQ. INTEGRACIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR DE DESODORIZACIÓN DE UNA REFINERÍA DE ACEITES COMESTIBLES.....	197
25RQ. DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TERMICA DE UN LECHO DE SEMILLAS DE COLZA SOMETIDAS A EXTRACCIÓN MECÁNICA.....	198
26RQ. ESTUDO DA CINÉTICA DE LIBERAÇÃO CONTROLADA <i>IN VITRO</i> DE PENICILINA G A PARTIR DE MICROESFERAS DE ALGINATO E CAPSUL.....	199
27RQ. <i>Lobesia Botrana</i> : UN DESAFÍO	200
28RQ. cis-C17H33COOH / Ni (111): ESTUDIO COMPUTACIONAL	201
29RQ. ABSORCION QUIMICA CON SOLUCIONES DE AMINAS PARA PURIFICAR BIOGÁS	202

30RQ. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE MEDICIONES DE VARIABLES RELACIONADAS CON EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	203
31RQ. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO Y LA DETECCIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE FALLAS DE RECIPIENTES A PRESIÓN.....	204
32RQ. DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN MATERIALES CERÁMICOS CON APLICACIÓN EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE ALIMENTOS	205
33RQ. DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE ALGAS DE AGUA DULCE PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS	206
34RQ. CRECIMIENTO DE AGREGADOS DE PARTÍCULAS CON NÚMERO DE COORDINACIÓN VARIABLE	207
35RQ. AUTOENSAMBLE QUÍMICO DE ESPECIES MONOATÓMICAS	208
36RQ. SOPORTE PARA FEROMONAS - ENSAYOS PRELIMINARES	209
37RQ. PERCOLACIÓN EN MEZCLA DE MONÓMEROS	210
38RQ. OBTENCIÓN DE UNA ARCILLA PILARIZADA COM ALUMINIO A PARTIR DE UNA MATRIZ NATURAL	211
ÁREA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES	212
RESÚMENES	212
01RTAm. INFLUENCIA DE LA AISLACION DE UN RELLENO SANITARIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE NAPAS FREATICAS.....	213
02RTAm. ESTUDIO DE LA INACTIVACIÓN DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> EN AGUAS UTILIZANDO ACIDO PERACÉTICO Y SU COMBINACIÓN CON RADIACIÓN UV	214
03RTAm. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE CICLONES CONVENCIONALES	215
04RTAm. VARIABILIDAD DE ALGUNOS INDICADORES DE MAYOR RIESGO EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO DIAMANTE: TRAMO AGUA DEL TORO-LA LLAVE.....	216
05RTAm. ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO PERSONAL.....	217
06RTAm. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE UN EMBALSE DE LA CIUDAD CAPITAL DE LA RIOJA, ARGENTINA	218
07RTAm. RECUPERACIÓN DE FENOL CON MLE: VARIABILIDAD DE LA ABSORTIVIDAD EN UV EN FUNCIÓN DEL pH	219
08RTAm. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL CARBON ACTIVADO EN POLVO EN LA REMOCION DE PLAGUICIDAS EN AGUA.	220
09RTAm. EL USO DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA EN EL MODELADO DINÁMICO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	221
10RATm. APLICACIÓN DE INDICES E INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ESTUDIO DE AREAS HOMOGENEAS EN SAN RAFAEL.	222
11RTAm. IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL DE ZONAS CONTAMINADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO SANTA LUCÍA - SAN JUAN.....	223

12RTAm. APLICACIÓN DE ARCILLAS MODIFICADAS QUÍMICAMENTE COMO POTENCIAL TRATAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DE LA D.B.O Y D.Q.O. DE ENFLUENTES INDUSTRIALES	224
13RTAm. POLIMERIZACIONES IN SITU SOBRE UNA MONTMORILLONITA PARA SU APLICACIÓN EN MATERIALES NANOCOMPUESTOS DE INTERÉS INDUSTRIAL.....	225
14RTAm. GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA MINERA	226
15RTAm. RECUPERACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE STRIPPING EN PROCESOS DE MEMBRANAS LÍQUIDAS EMULSIONADAS (MLE)	227
16RTAm. UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA REGIONAL COMO ENERGIAS ALTERNATIVAS	228
17RTAm. PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA DEGRADACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS DE FENOL	229
18RTAm. APLICACIÓN TECNOLÓGICA DE ARCILLAS REGIONALES MODIFICADAS QUÍMICAMENTE PARA LA REMOCIÓN DE PLATA DE SOLUCIONES ACUOSAS	230
19RTAm. BÚSQUEDA DE MICROORGANISMOS EXTREMÓFILOS EN LA ZONA DEL VOLCÁN PETEROA.....	231
20RTAm. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS ORIUNDAS DE POÇOS TUBULARES DE TERESINA - PIAUÍ	232
21RTAm. AVALIAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA C EM ACEROLA (<i>Malpighia glabra L.</i>) E PITANGA-VERMELHA (<i>Eugenia uniflora l.</i>) ORIUNDAS DE TERESINA-PIAUÍ	233
22RTAm. BIOGÁS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESIDUOS DE UN MATADERO EN LA PLANTA EXPERIMENTAL DE BIOGÁS DE LA FCA.....	234
23RTAm. SELECCIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ABSORCIÓN ATÓMICA CON GENERACIÓN DE HIDRUROS.....	235
24RTAm. SIMULACIÓN POR CFD DE LA COMBUSTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LECHOS FLUIDIZADOS	236
25RTAm. EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA, ARGENTINA – SEGUNDA FASE	237
26RTAm. APORTES AL DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, MENDOZA, ARGENTINA	238
EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA	239
RESÚMENES	239
01RE. ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA E INVESTIGACIÓN APLICADOS A LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS.....	240
02RE. CRECIMIENTO DE CLUSTERS DE DEFECTORES EN UN PROBLEMA DE COOPERACIÓN EN EL DP SOBRE UNA RED LIBRE DE ESCALA	241
03RE. FORMAR INGENIEROS SOCIALMENTE RESPONSABLES	242
04RE. UN CURRÍCULUM INTEGRADOR PARA UNA ASIGNATURA DE 4 ^{to} . NIVEL DEL ÁREA SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	243

05RE. VÍNCULO ENTRE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y OTROS NIVELES EDUCATIVOS. UN CASO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA.....	244
06RE. PROPUESTA DIDÁCTICA: ABP EN INGENIERÍA QUÍMICA	245
07RE. ANÁLISIS DE UNA RED DE DIFRACCIÓN MEDIANTE SOFTWARE PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ INCIDENTE	246
08RE. EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS EN EL CAMPO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA.....	247
09RE. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA PROPUESTA CURRICULAR PARA FORMAR TÉCNICOS MEDIOS EN EL ÁREA INDUSTRIAL MENCIÓN ENERGÍA, EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS ROBINSONIANAS VENEZOLANAS ..	248
10RE. RESULTADOS DE LA RED ISEKI_MUNDUS	249
11RE. ARTICULACIÓN HORIZONTAL DE CONTENIDOS PARA ASIGNATURAS DE 1° NIVEL DEL DPTO. INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA U.T.N.	250
12RE. TICs EN INGENIERÍA EN MATERIALES: IMPLEMENTACIÓN PROGRESIVA POR NIVELES	251
13RE. TERMODINÁMICA Y NARRATIVA EN LA CLASE DE QUÍMICA GENERAL I	252
14RE. PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS INNOVADORA EN LA CLASE DE FÍSICA 1	253
15RE. LA CREATIVIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO	254
16RE. PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN INGENIERÍA	255
17RE. PROPUESTAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE (VIRTUAL-PRESENCIAL) PARA ASIGNATURAS DEL CICLO BÁSICO EN CARRERAS DE LA FCAI	256
18RE. “QUÍMICA AL RESCATE DEL MEDIO AMBIENTE”: ALGUNAS ESTRATEGIAS PARA LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA	257
19RE. LA FORMACIÓN DOCENTE EN CIENCIAS EXPERIMENTALES: UNA MIRADA REFLEXIVA	258
20RE. HACIA UN ENFOQUE MULTIMEDIA de enseñanza DE Algoritmos y Estructuras de Datos EN CURSOS básicos DE INGENIERIA	259
21RE. DESARROLLO DE TÉCNICAS PARA LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES INICIALES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE RUTEO; UTILIZANDO COMBINACIÓN DE MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EXACTA Y METAHEURÍSTICAS	260
22RE. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN ENTORNOS VIRTUALES: RESPUESTA DE ALUMNOS A LA PROPUESTA DE QUÍMICA INORGÁNICA EN APOYO A LA PRESENCIALIDAD.....	261
23RE. CORRELACIÓN ENTRE LAS NOTAS DE LAS ASIGNATURAS DEL CURSO DE NIVELACIÓN Y LAS OBTENIDAS EN ESPACIOS CURRICULARES SIMILARES DE LOS PRIMEROS SEMESTRES EN DISTINTAS CARRERAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA	262
24RE. INTERPRETACIÓN DE DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE POR ALUMNOS DE INGENIERÍA	263
25RE. RENDIMIENTO DE LOS POSTULANTES EN EL CURSO DE INGRESO A LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA. PARTE I: QUÍMICA.....	264

26RE. RENDIMIENTO DE LOS POSTULANTES EN EL CURSO DE INGRESO A LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA. PARTE II: FÍSICA Y MATEMÁTICA	265
27RE. EL USO DE SIMULADORES EN LA PRÁCTICA DOCENTE: UNA APROXIMACIÓN DESDE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	266
28RE. ACERCA DE LAS CONCEPCIONES CTS DE ALUMNOS QUE INGRESAN A CARRERAS DE INGENIERÍA	267

ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

RESÚMENES

01RA. EL POTENCIAL DEL TOPINAMBUR EN LA SALUD Y LA NUTRICIÓN

SCOLLO D.; UGARTE M.; VICENTE F.; GIRAUDO M.; SANCHEZ H.E.; MORA V.

Departamento de Desarrollo Productivo y Tecnológico - Carrera de Ciencia y Tecnología de los Alimentos - Laboratorio de Fermentaciones Industriales - Universidad Nacional de Lanús - 29 de septiembre 3901, Lanús, Provincia de Buenos Aires.

E-mail: laboratoriofi@unla.edu.ar

RESUMEN

La inulina es un carbohidrato soluble no digerible, que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales siendo usada, incluso en Argentina, como ingrediente en alimentos funcionales (estos son aquellos que contienen un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional).

Una de las principales fuentes de inulina en la naturaleza es el tubérculo de topinambur (*Heliantus tuberosus*) que pertenece a la familia de las *Asteraceae* ó *Compuestas* y que contiene hasta un 76% de inulina, 12% de fibra dietaria total, 500 mg de potasio por 100 gramos de ms.

Los objetivos de este trabajo fueron: A) sembrar y recolectar en un campo de la depresión del Salado (Prov. Bs. As.) tubérculos comprados en la Prov. Río Negro para poder fijar las condiciones de siembra, recolección y conservación; B) obtener los parámetros de extracción y conservación del biopolímero; C) determinar el contenido del biopolímero en distintos materiales; D) preparar a partir de la harina diferentes alimentos (pan integral y comun y barritas de cereal).

Los resultados fueron: A) la parcela con tratamiento previo con urea y fosfatos fue la de mayor rinde (140 ton/ha); B) el mejor método de extracción fue el tratamiento con agua caliente, su filtrado y posterior prensado; C) el método de elección fue HPLC con fase estacionaria iónica: el porcentaje de inulina en materia húmeda en el producto comercial fue de $97 \pm 5\%$, en tubérculos frescos de $11,8 \pm 5\%$ y en tubérculos secados a 45°C del $34 \pm 1,5\%$; D) 62 de 80 jueces prefirieron la harina integral con sustituto del 50% de harina de topinambur y 76 de 80 jueces prefirieron las barritas de cereal suplementadas con 70% de harina de topinambur.

En conclusión la tierra elegida resultó ser aptas para el cultivo de este vegetal y los diversos productos alimenticios conteniendo este biopolímero presentaron una excelente aceptación, determinada por el test de significancia para pruebas de dos muestras usando columna de “prueba de 2 colas” y significación del 5%.

02RA. PROPIEDADES DE MANDARINAS DEL GRUPO SATSUMA

ALSINA, D.A.¹; NESCIER, I.M.¹; SANTINI, Z.G.²; JORIS, Z.E.¹; GARIGLIO, N.F.¹; CIVES, H.³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. P. Kreder 2805. 3080 Esperanza. Santa Fe. E. mail: dalsina@fca.unl.edu.ar

² Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.

³ Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450. Concordia, Entre Ríos. Argentina

RESUMEN

Las frutas cítricas son una fuente de sustancias saludables por su contenido en ácido ascórbico, polifenoles y carotenoides. Las mandarinas del grupo Satsuma (*C. unshiu* Marcovitch) cv. 'Okitsu' son frutos cuyo jugo es de buen sabor, azucarado y aromático, lo que los hace apetecibles al consumidor.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades del fruto y jugo de mandarinas del grupo Satsuma (*C. unshiu* Marcovitch) cv. 'Okitsu' cultivadas en la Provincia de Santa Fe. Se evaluaron la masa (M), altura (D₁) y ancho (D₂) de la fruta. En el jugo se determinaron: el volumen (V); el pH; la conductividad (C); la concentración de los sólidos solubles (Brix); la acidez titulable (AT) y el índice de madurez o ratio (IM). Todas las propiedades fueron analizadas por triplicado.

A los resultados se aplicaron dos técnicas de Análisis Multivariante: el análisis de Componentes Principales, que permite reducir la dimensión de los datos y cuya representación revela en qué medida cada variable contribuye a la conformación de los primeros componentes y cómo son las dependencias entre variables y componentes.

La segunda técnica aplicada fue un Análisis de Conglomerados o Análisis Cluster que agrupa un conjunto de variables o unidades de análisis en grupos de acuerdo a su similitud y un criterio de distancia fijado, la distancia más cercana en nuestro trabajo. Para realizar los diferentes procedimientos estadísticos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI (Shareware).

El resultado del análisis de Componentes Principales (CP) reveló la existencia de tres componentes que en conjunto explican el 81,57 % de la variabilidad de los datos. El primero (CP₁) está relacionado positivamente con la masa, ancho y volumen y negativamente con el pH e índice de madurez; en tanto el CP₂ está relacionado en forma positiva con la conductividad e índice de madurez y negativamente con los sólidos solubles y la acidez titulable.

El análisis de conglomerados reveló la existencia de tres Cluster, uno que agrupa las variables M, D₁, D₂ y V; el segundo está formado por la AT y Brix; el tercero reúne a C, IM y el pH.

Se concluye que con respecto a otras variedades estudiadas, las mandarinas Satsuma presentan mayor tamaño, contienen más cantidad de jugo y presentan concentración de sólidos solubles e índice de madurez mayor, lo que resulta de interés tanto para la industria como para el consumidor.

03RA. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EXTRACTIVA DE ACEITE DE OLIVA DE DISTINTA PROCEDENCIA BOTÁNICA Y GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA.

GARCÍA LUCERO, C.¹; MASIELO, L.¹; GONZALEZ, A.¹; CANTARELLI, M.²; CAMIÑA, J.^{2,3}

1. Facultad de Ciencias de la Alimentación, Bioquímicas y Farmacéuticas - Universidad Católica de Cuyo. Av. José I. de la Roza 3500 - (8000) San Juan - Argentina

2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa. Av. Uruguay 151- (6300) Santa Rosa, La Pampa – Argentina.

3. Instituto de las Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP). Av. Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa, La Pampa – Argentina.

E-mail: jcaminia@gmail.com

RESUMEN

Introducción. No siempre es conocido el rendimiento industrial de la extracción de aceite de oliva, ya que depende esencialmente del procedimiento empleado. Sin embargo, existen otros factores que pudieran afectar dicho rendimiento, tales como la variedad botánica de la materia prima utilizada y así como del origen geográfico de cada una de ellas.

Objetivos. El objetivo del presente trabajo es obtener la eficiencia en la extracción industrial de aceite de oliva, según la variedad de olivo y de la procedencia geográfica, así como de los contenidos de humedad de la materia prima.

Metodología. La cuantificación del rendimiento fue realizada determinando el contenido de materia grasa, a fin de obtener los coeficientes de extracción correspondientes, según normas ISO. El contenido de humedad se realizó siguiendo la normativa del CAA. Se muestrearon cinco variedades de aceitunas (arbequina, picual, barnea, frantoio y mezcla) así como siete procedencias geográficas de la provincia de San Juan.

Resultados. Las determinaciones analíticas del contenido de humedad y materia grasa, se realizaron controlando las variables propias de la extracción (mismo método de extracción, misma prensa y operador) a fin de que los resultados obtenidos puedan evaluarse según las variables bajo estudio. Los rendimientos medios hallados se encontraron entre el 70-75 %

Conclusiones. Se puede concluir que desde el punto de vista botánico y de los rendimientos hallados, la extracción no depende de la variedad de aceituna, pero sí de la procedencia geográfica, lo cual se ha manifestado en ciertos cultivares procedentes de algunas localidades de San Juan.

04RA. COMPORTAMIENTO DE *LISTERIA MONOCYTOGENES* FRENTE A PELÍCULAS COMESTIBLES.

CELIS, D.; ENRIONE, J.; MATIACEVICH, S.

**Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad Tecnológica,
Universidad de Santiago de Chile, Av. Libertador Bernardo O'Higgins N° 3363,
Estación Central, +56 2 7184517, Santiago, Chile. E-mail:
silvia.matiacevich@usach.cl**

RESUMEN

Las coberturas comestibles que permiten el aumento de la vida útil de alimentos frescos podrían actuar como fuente de energía para el crecimiento microbiano, con lo cual podría ser necesario agregar un agente antimicrobiano para asegurar la inocuidad del alimento recubierto. Actualmente los aceites esenciales ricos en compuestos fenólicos (tomillo) han demostrado tener un amplio espectro de actividad antimicrobiana. El objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento de *L. monocytogenes* en suspensiones filmogénicas y películas a base de gelatina y alginato adicionado con agentes antimicrobianos (quitosano y aceite esencial de tomillo, respectivamente). Se prepararon suspensiones filmogénicas a pH 5,5 a base de gelatina de bovino comercial (7; 6,75; 6,5 y 1% p/p) con quitosano de bajo peso molecular (0; 0,25; 0,5 y 1% p/p) a una concentración final de 7% p/p de sólidos totales (12-14% de agua en base seca) y suspensiones filmogénicas a base de alginato de baja densidad (2; 1,94; 1,88 y 1,75% p/p) con aceite esencial de tomillo (0; 0,06; 0,12; y 0,25% p/p) a una concentración final de 2% p/p de sólidos totales (9-11% de agua en base seca). Luego, se obtuvieron películas a partir de estas suspensiones mediante el método de *casting* a 40°C por 20h. Los resultados indicaron que *L. monocytogenes* en presencia de gelatina y alginato puro (0% p/p de antimicrobiano) obtuvo mayor desarrollo en estas suspensiones en comparación con su medio nutritivo, indicando su uso como fuente de energía. Sin embargo, a medida que aumentó la concentración de ambos antimicrobianos mayor fue su efecto bacteriostático. Ambos agentes antimicrobianos no difundieron a través de la película que los contenían (gelatina y alginato). Por lo tanto, es muy importante conocer previamente el comportamiento de las bacterias presentes en los alimentos frente a los polímeros utilizados en las películas comestibles, ya que podría transformarse en un serio problema para la industria alimentaria. Este inconveniente podría ser solucionado adicionando algún agente antimicrobiano natural que impida o retarde el desarrollo de dichos microorganismos como el quitosano y el aceite de tomillo. Por lo tanto, trabajos futuros deberían estar enfocados a estudiar el comportamiento de otras bacterias alimenticias en la aplicación de películas o recubrimientos a base de hidrocoloide-antimicrobiano en productos alimenticios.

05RA. FORMULACIÓN DE UNA SALSA CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA Y REDUCIDO EN GRASA

BORDA, M. de los A.; DELLA ROCCA, P.

Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
patriciadellarocca@hotmail.com

RESUMEN

El agregado de ciertas fibras a los productos alimenticios mejora la estabilidad del gel al retener el agua y la textura al impartir cremosidad a los productos reducidos en grasa.

En el presente trabajo se formuló una salsa para ensaladas con el agregado de inulina y aceite de canola. Para aumentar la estabilidad física de la salsa en el tiempo se adicionó 0,1 % de goma guar. La inulina es un carbohidrato de almacenamiento presente en numerosos vegetales, frutas y cereales. Posee efecto prebiótico ya que no es digerida por las enzimas del tracto digestivo humano pero si constituye un sustrato selectivo para una o un número limitado de bacterias beneficiosas del colon, estimulando su crecimiento o metabolismo. La concentración de inulina utilizada se estableció teniendo en cuenta lo especificado por el Código Alimentario Argentino para obtener un producto de alto contenido en fibra alimentaria, 6 g de fibra cada 100 g de alimento.

El aceite de canola se caracteriza por poseer un alto contenido de ácido alfa-linolénico (ácido graso esencial de la familia de los omega 3) en su composición. Este aceite posee un balance adecuado en su perfil de ácidos grasos recomendado para la prevención de enfermedades cardiovasculares.

La salsa se sometió a estudios de estabilidad física y microbiológica, análisis sensorial y reológico. Para la caracterización reológica, se utilizó un viscosímetro Brookfield LVT 230 v 50 Hz y las muestras se termostataron a $20 \pm 0,5$ °C. También se determinó el perfil de ácidos grasos por cromatografía en fase gaseosa. Asimismo, se estudió el efecto del aderezo sobre el crecimiento de una cepa probiótica.

Conclusiones:

En cuanto a las características tecnológicas, la inulina mejora notablemente la cremosidad y la suavidad del producto tal como se pudo comprobar por el análisis sensorial, presentándose como un buen sustituto de grasas en alimentos reducidos en las mismas. La estabilidad microbiológica del producto está dada por su valor de pH y el agregado de sorbato de potasio como antifúngico.

El análisis reológico determinó un comportamiento no newtoniano de carácter pseudoplástico que se pudo describir con la ecuación de la ley de la potencia (Ostwald-de-Waele). La salsa resulta adecuada debido a sus características nutricionales para su recomendación en planes de alimentación reducidos en valor energético.

06RA. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CUATRO VARIETADES DE LINAZA
(Linum usitatissimum L.)

FIGUEROLA, F¹., ESTÉVEZ, A.M²., ESCOBAR, B²., MUÑOZ, O¹.

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Valdivia. Valdivia, Chile ffiguero@uach.cl

²Departamento de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago - Chile.

RESUMEN

La composición química y el contenido de compuestos bioactivos de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum* L.) depende de la variedad, localidad de cultivo y condiciones de crecimiento. Dado el interés existente por su consumo, el objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características físicas y químicas de cuatro variedades de linaza de distinto origen. Se trabajó con las variedades Celestina y Carmine, de origen chileno; y Sorrel y Bethune, de origen canadiense. En las semillas se determinaron sus dimensiones (largo, ancho y espesor), peso y parámetros de color. Las semillas se molieron en un molino de cuchillas rotatorias y en las harinas obtenidas se determinó su composición proximal (proteínas, lípidos, fibra cruda y cenizas); su contenido de: fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI); lisina disponible (LD); ácido fítico (AF); fenoles totales (FT); y su capacidad antioxidante (CA). Las semillas de Bethune presentaron el mayor largo (4,95 mm) y ancho (2,57 mm), aunque fue la variedad de menor espesor (0,97 mm); sin embargo, Sorrel tuvo el mayor peso de 1000 granos (6,87g). Las variedades chilenas fueron de color marrón más oscuro y con una mayor participación del rojo (a*: 12,8 y 11,3). El contenido de proteínas fue semejante en todas las variedades (entre 17,0 y 18,4 g/100g); sin embargo, el contenido de lípidos fue muy superior en Bethune y Sorrel (38,7 y 36,6 g/100g, respectivamente) y el de fibra cruda fue muy superior en Celestina y Carmine (18,5 y 17,9 g/100g, respectivamente). Asimismo, estas variedades presentaron mayor contenido de FDT (32,07 y 32,96 g/100g, respectivamente), pero no hubo diferencia entre las variedades en FDS. El contenido de LD fue superior en las variedades Bethune y Sorrel (1,44 y 1,5 g/100, respectivamente); y no hubo diferencias entre variedades en AF (entre 9,04 y 10,72 g/kg). El contenido de FT (2,60 y 2,59 mg ácido gálico/g) y la CA fue mayor en las variedades Celestina y Carmine. Se puede concluir que hay una importante diferencia en la composición química y el contenido de compuestos bioactivos entre las variedades estudiadas. Esta diferencia debe cruzarse con el comportamiento agronómico y aprovechar de la mejor manera posible las propiedades particulares de cada variedad.

07RA. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TECNOLÓGICAS DE HARINAS ENTERAS Y DESGRASADAS DE LINAZA (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

ESTÉVEZ, A.M¹., FIGUEROLA, F²., BLAVI, C¹., MUÑOZ, O².

¹Departamento de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago – Chile. aestevez@uchile.cl

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ciencias Agrarias, Facultad de Universidad Austral de Valdivia. Valdivia - Chile

RESUMEN

La industria de alimentos muestra una alta demanda por harinas de semilla linaza (*Linum usitatissimum* L.) entera y desgrasada para la formulación de diferentes alimentos, como cereales para desayuno, panes y productos de repostería. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar la composición química y las propiedades tecnológicas de harinas entera y desgrasada de semilla de linaza. Se trabajó con linaza de la variedad Celestina la que se molió en un molino de cuchillas rotatorias. Una parte de la harina se desgrasó con hexano (HD) y otra parte se mantuvo entera (HE). En ambas harinas se determinó su composición proximal (proteínas, lípidos, fibra cruda y cenizas); el contenido de almidón; de fenoles totales; y de fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI). También se evaluó su granulometría y sus propiedades tecnológicas, índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAAc), capacidad de hinchamiento (CH) y densidad aparente (DA). El desgrasado de las harinas, como ocurre en el proceso de obtención de aceite de linaza, produjo una concentración significativa en el contenido de proteínas (de 14,28 a 26,62 g/10g), de fibra cruda (de 10,98 a 15,38 g/100g) de fibra dietética (FDT de 40,5 a 52,4, FDS de 5,4 a 7,8 y FDI de 35,1 a 44,7 g/100g) y de fenoles totales (de 3,12 a 4,68 mg ácido gálico/g). En ambas harinas hubo una fracción gruesa (> 710 µm), que fue superior en HD (31,3 %) y una fracción fina (entre 250 y 425 µm), que fue mayor en HE (59%). La harina desgrasada presentó mayores valores en las propiedades tecnológicas, IAA (10,50 g/g), ISA (12,97%), CRA (7,26 g/g), CAAc (,21 g/g) probablemente por el mayor contenido de proteínas y fibra encontrados en ellas. La harina desgrasada tuvo mayor capacidad de hinchamiento (7,92 mL7G) y densidad aparente (0,466 g/mL). Se puede concluir que la harina resultante del desgrasado de la harina de linaza tiene composición química y propiedades tecnológicas muy diferentes a las de la harina entera las que permitirían su uso diferencial como ingrediente en la formulación de productos alimenticios con propiedades especiales.

08RA. INVESTIGACION DE LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS

CANEL,R.;MOAVRO, A.;PILATTI L.;CHAMPREDONDE M.; LUDEMANN V.

**Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)
Roque Saenz Peña 352 Bernal (B1876XD). rcanel@unq.edu.ar**

RESUMEN

Los salames son embutidos secos elaborados sobre la base de carne de cerdo y/o carne vacuna, con el agregado de tocino, sal, salitre, azúcar, especias y vino. En este tipo de producto el método de conservación utilizado se trata de tecnologías de múltiples barreras o factores de combinación, pH, a_w , conservantes autorizados, que utilizadas adecuadamente previenen el desarrollo de microorganismos de deterioro así como también de microorganismos patógenos.

Contemplando que al día de la fecha el Código Alimentario Argentino no establece límites microbiológicos para este tipo de productos y que los productos cárnicos están comúnmente implicados en enfermedades transmitidas por los alimentos, el objetivo del presente trabajo fue investigar sobre salames producidos en una región productora muy importante de Argentina la presencia de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella sp.* y *E. coli* O157:H7; en este último caso, también se determinó la presencia del serotipo productor de toxina Shiga (STEC).

Para la investigación de los microorganismos patógenos mencionados se trabajó con técnicas de inmunoensayo rápidas, seguidas de las correspondientes confirmaciones según metodologías oficiales (FDA, ICMSF, USDA, ISO, etc.). Para la detección STEC se utilizó la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Entre julio y septiembre de 2011 se muestrearon 56 salames a partir de 16 establecimientos elaboradores. Dichos establecimientos, en su mayoría sólo poseen Habilitación Municipal o Provincial con transito federal y sólo el 20 % cuentan con habilitación SENASA.

Los salames analizados presentaban una importante variabilidad en los tiempos de maduración (13-35 días).

La incidencia para cada uno de los microorganismos patógenos evaluados fue de 2/56 muestras, involucrando en total a 4 salames (correspondientes a 3 establecimientos diferentes). Si bien es un porcentaje bajo, la implicancia del riesgo es muy importante. En ninguna muestra se detectó la presencia de *E. coli* O157:H7 productor de toxina Shiga.

No se encontró una correlación directa entre tiempos de maduración y presencia de patógenos.

La sumatoria de barreras en el proceso de producción es muy importante y la misma debe complementarse con estrictas buenas prácticas de manufactura considerando principalmente la implementación de programas de higiene y sanitización.

El hallazgo de patógenos entéricos de la gravedad de *E. coli* O157:H7 pone de manifiesto la necesidad de asesorar a pequeños y medianos productores en estas prácticas para disminuir al mínimo el riesgo sanitario al consumidor.

09RA. EVALUACIÓN DE TINCIÓN CON COLORANTES NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE CEREZAS EN CONSERVA

SANCHEZ, M¹; ZURITZ, C²

1Becaria FONCYT, Facultad Ciencias Agrarias, UNCuyo, Argentina.

2CONICET, Facultad Ciencias Agrarias, UNCuyo, Argentina.

E-mail: mariajose.sanchezsaez@gmail.com

RESUMEN

Existe una tendencia a sustituir colorantes sintéticos por de origen natural, sin perder las cualidades tecnológicas de los primeros, esto implica lograr una estabilización de estos pigmentos durante el proceso y posterior almacenamiento de los productos teñidos. Según algunos autores, el colorante usado para teñir cerezas en conserva (eritrosina), es tóxico. A pesar de ello, es usada en la industria de cerezas en conserva y permitida por el CAA. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es estudiar colorantes vegetales rojo de rabanito, rojo de beterraba y rojo gardenia, en la elaboración de cerezas en conserva, en reemplazo de la eritrosina y cuantificar la cinética de difusión de dichos colorantes empleando distintas temperaturas, concentraciones y pH, para identificar las condiciones más apropiadas que permitan optimizar proceso de coloración. Al presente se han realizado ensayos a escala laboratorio con el colorante rojo de rabanito, en cerezas variedad Renier, enteras y descaroizadas. Los ensayos consistieron en colocar lotes de cerezas previamente desulfatadas en diferentes soluciones usando 3 concentraciones de colorante (1g, 2,5g y 5 g/l) en agua acidulada con ácido cítrico a pH 2,5 y 3,5; con agregado de 30 g/l (3° Brix) de azúcar. Los experimentos se realizaron a 60° C, con agitación constante. Se realizaron muestreos cada 2 horas. En ensayos previos se observó que, independientemente de la concentración y tiempo de tratamiento, el colorante en medio acuoso ácido penetra solamente hasta ¼ del espesor de la pulpa; en tanto que el agregado inicial de 30 g/l (3° Brix) de azúcar acelera la penetración del colorante hasta el carozo y en forma más uniforme. Para cada ensayo se determinó el Índice de Color obtenido por técnica de medición por captación de imagen digital calculado con la siguiente fórmula: $IC=(a*1000)/(L* b)$.

El agregado inicial de azúcar en tenor de 30 g/l (3° Brix) facilita y acelera la penetración del colorante, particularmente en las muestras de cereza con carozo. Concentraciones de 2,5 g/l de colorante son suficientes para teñir adecuadamente las cerezas, con y sin carozo. A pH 2,5 se obtienen mejores resultados que a pH 3,5 en cuanto a intensidad y tono más similar a las cerezas naturales.

10RA. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE DIOXIDO DE CARBONO Y OXIGENO EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO HERMÉTICO DE GRANOS

BARRETO, A.; ABALONE, R.; GASTÓN, A.

Laboratorio de Energías Alternativas - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura- Universidad Nacional de Rosario - abarreto@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

El almacenamiento en silos bolsas se ha convertido en una de las principales alternativas de solución a la falta de capacidad de almacenamiento fijo y el crecimiento de la producción de granos en los últimos años en Argentina.

Los granos son almacenados en bolsas plásticas herméticas, donde debido a la respiración de los seres vivos del granel (ecosistema formado por granos, hongos, insectos, etc.) se genera una atmósfera rica en CO₂ y pobre en O₂ que facilita su conservación.

El balance de gases en el silo bolsa dependerá del ingreso de O₂ y la pérdida de CO₂ al medio ambiente debido a la permeabilidad de la cubierta plástica y la relación que se establece con la respiración del ecosistema, la cual es fuertemente dependiente de las condiciones de temperatura y humedad del grano al ser embolsado.

Se describe un modelo acoplado de transporte de energía y materia, (contenido de humedad, O₂ y CO₂) para determinar la temperatura y humedad de los granos almacenados silos-bolsa así como la difusión y concentración de los gases de la atmósfera intergranaria. El sistema de ecuaciones resultantes fue implementado en COMSOL Multiphysics 4.2 y resuelto con el método de elementos finitos.

El silo bolsa es llenado con tolvas de granos, con distribuciones de humedad que pueden variar considerablemente, por tanto este trabajo fue enfocado en analizar la influencia de estas distribuciones no uniformes en la evolución de los gases en el sistema.

Para distribuciones iniciales no uniforme del contenido de humedad de los granos, debido a la difusión en dirección longitudinal, se producen zonas de transición en donde el nivel de concentración aumenta significativamente respecto al de referencia. Sin embargo, este aumento no es el resultado de un proceso de deterioro de la región en cuestión.

Este análisis genera la información básica necesaria para definir un protocolo de monitoreo de las condiciones de almacenamiento en los silos bolsas basados en la medición del nivel de concentración de O₂ y CO₂ del aire intergranario.

11RA. CINÉTICA DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE CON HEXANO A PARTIR DE SÓLIDOS DE SOJA HIDROLIZADOS.

GRASSO, F.¹; MONTOYA, P.¹ y MAROTO, B.^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1200 – (5000) Córdoba, Argentina.

2. F.C.A. – U.N.C. Av. Valparaíso s/n – (5000) Cba, Argentina.

Introducción

La extracción con solvente es el principal proceso industrial para extraer aceites: los sólidos se contactan con hexano para transferir el aceite desde la matriz sólida. La velocidad de esta extracción en una sección de un lecho fijo tiene un componente debido al transporte de masa difusivo en el sólido y otro componente debido al transporte de masa convectivo en el líquido. Como la difusión es el fenómeno determinante de la velocidad, para facilitar la extracción se emplea soja hidrolizada enzimáticamente como material de partida. El tratamiento enzimático provoca cambios en la estructura celular de la matriz sólida que contiene el aceite.

Objetivos

Determinar la influencia del cambio estructural que ocurre en los sólidos sobre la cinética de la extracción.

Construir un modelo matemático que represente el sistema de extracción en estudio.

Metodología

Se emplearon laminado y expandido de soja con y sin incubación enzimática. La extracción con hexano se llevó a cabo en columna de lecho fijo. La cinética se determinó tomando alícuotas de la mezcla de salida y el contenido de aceite se determinó espectrofotométricamente.

El balance de masa desarrollado asumió que: los sólidos son partículas porosas e isotrópicas y su contenido de aceite es uniforme; el aceite se comporta como un solo componente; se establece un equilibrio entre el contenido de aceite en la mezcla en los poros y el contenido de aceite en el sólido; se desprecia la transferencia de masa radial; las porosidades de lecho y de partícula son uniformes y constantes; la temperatura y el flujo volumétrico son constantes. Se estimaron los coeficientes de difusividad efectiva en el sólido y en el solvente y los coeficientes de transferencia de masa respectivos. La solución al sistema de ecuaciones fue determinada numéricamente empleando MatLab R2008a[®].

Resultados y Conclusiones

Se obtuvo una buena correspondencia entre los datos experimentales y el modelo. Para el caso de expandido hidrolizado a 240 s se obtienen 0,73 g de aceite/mL y para laminado hidrolizado 0,7 g/mL. Cuando se emplean sólidos hidrolizados se obtiene mayor cantidad de aceite que cuando se emplean sólidos sin hidrolizar. La diferencia podría deberse a la aceleración de la difusión en el sólido por modificación de las estructuras celulares. En conclusión, la incubación enzimática acelera la velocidad de extracción y permite obtener rendimientos mayores; el modelo propuesto resultó apropiado para describir el sistema.

12RA. APORTES A LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE NUEVAS VARIETADES DE NUEZ (*Juglans Regia L.*) CULTIVADAS EN EL OESTE DE CATAMARCA

PILATTI, L. M.; MOLINA, M. S.; MONTALVAN, D. ; COLICA, J.J.

Estacion Experimental INTA Catamarca

lpilatti@correo.inta.gov.ar

RESUMEN

La nuez (*juglans regia L*) es uno de los principales frutos cultivados en la región Oeste de la provincia de Catamarca, siendo esta provincia la principal productora de Argentina.

Este alimento adquirió un creciente interés por los beneficios que trae para la salud; posee una composición rica en ácidos grasos esenciales para el organismo tales como ácidos linoleico y linolenico, aportando a disminuir los riesgos de enfermedades coronarias, la reducción de colesterol en sangre y a la relación de la concentración sérica de lipoproteína de baja densidad.

La materia grasa contenida en las nueces puede variar desde 50 a 70 % dependiendo de factores como el cultivar, la zona agro ecológica y el manejo del cultivo, entre otros.

El objetivo de este estudio fue contribuir a la caracterización de nuevas variedades de nuez obtenidas por INTA Catamarca a través de la determinación del contenido de materia grasa y perfil de ácidos grasos.

En marzo del 2010 fueron cosechadas tres muestras (1 kg. cada una) de las cuatro nuevas variedades (Yaco tula, Chichi Jais, Argentina y California 101) a partir de una colección activa de germoplasma ubicada en el departamento Belén provincia de Catamarca. En las muestras se determinó el contenido de materia grasa según método soxhlet (AOAC 948.22) y el aceite extraído por prensado se le realizó el perfil de ácido graso por cromatografía gaseosa a partir de los ésteres metílicos (ISO 5508).

Los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa entre las cuatro variedades para el contenido de materia grasa y el perfil de ácidos grasos.

La materia grasa mostró valores de entre 69 al 73 %, siendo la variedad California 101 la de mayor porcentaje. En cuanto al perfil ácido el principal ácido graso encontrado fue el linoleico variando entre 54% (Argentina) a 59 % (Chichi Jais), seguidos por el Oleico con valores de entre 15 % (Yaco Tula a 17% (Chicha Jais) y por el linolenico que varió desde 13% (Argentina) a 18 % (Yaco Tula).

Los resultados obtenidos sumados a la caracterización morfológica y fisiológica de las nuevas variedades, constituyen información de base para que el sector productivo pueda elegir una variedad no solo por sus características de rendimiento y adaptación a la zona sino también por las características de la composición química del fruto.

13RA. ESTUDIO DE LA REACCIÓN DE ESTERIFICACIÓN DE ACEITE DE CALAMAR PARA LA OBTENCIÓN DE OMEGA-3

ROSSI¹ P.C.; BARCHIESI¹ M.E.; GAYOL¹ M.F.; GROSSO² N.R.; PRAMPARO¹ M. DEL C.; NEPOTE² V.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 Km 601, 5800-Río Cuarto, Córdoba – Argentina.

²IMBIV-CONICET, Córdoba, Argentina.

prossi@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

El aceite de calamar es una fuente rica en omega-3, los cuales son ácidos grasos poli-insaturados. Éstos ácidos grasos tienen un rol esencial en la dieta humana por su capacidad para prevenir enfermedades. Especialmente dos ácidos grasos ambos del tipo omega-3, el ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5w3) y el ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6w3) son importantes constituyentes funcionales en el cuerpo humano.

La reacción de trans-esterificación es entre los triglicéridos del aceite y un alcohol monohidroxialifático de bajo peso molecular se denomina alcoholólisis etanólica. De esta manera obtengo una mezcla de ésteres de ácidos grasos en los cuales se encuentran los ésteres de omega-3. Para obtener la máxima conversión en la reacción de esterificación, y de esta manera lograr buenos rendimientos de ésteres, es necesario llevar a cabo una optimización de los parámetros de mayor influencia en la operación. La técnica de cromatografía en capa fina (TLC) resulta de gran importancia para seguir las reacciones correspondientes de esterificación y medir la eficiencia de producción.

El objetivo principal fue estudiar la influencia de la concentración de catalizador KOH a un tiempo dado de reacción de esterificación, uno de los parámetros de mayor importancia en la operación de esterificación, en la obtención de los ésteres etílicos de ácidos grasos de aceite de calamar (*Illex argentinus*).

Para poder procesar el aceite de calamar se debió convertir los triglicéridos en ésteres por medio de una reacción de esterificación. Se trabajó a una temperatura de 78 °C a reflujo total, y el catalizador fue KOH alcohólico variando la concentración entre 0,1 y 0,4 N durante 2 horas de reacción. Como reactivo se utilizó alcohol anhidro. Las mediciones de composición se realizaron con TLC, utilizando Silica 60G y una relación de solventes de hexano-ácido acético-éter de petróleo de 80:20:1,5. Se obtuvo que a la concentración de 0,25 N de KOH se alcanza una concentración másica de ésteres etílicos del 89% p/p, y que a concentraciones superiores el crecimiento de la concentración de ésteres se hace demasiado lenta.

Se determinaron las diferentes concentraciones de los compuestos involucrados para diferentes concentraciones de catalizador, esto permite minimizar los costos y tiempos operativos de los equipos en un proceso industrial, y además, reducir el tiempo de exposición de los compuestos a condiciones que pueden resultar deteriorantes.

14RA. TRATAMIENTO DE OLEÍNAS DE SOJA CON POTENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EMPLEANDO DESTILACIÓN MOLECULAR

ROSSI P.C.; SANGRONI M.; RENAUDO C.A.; PRAMPARO M. DEL C.; GAYOL M.F.

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 Km 601,
5800-Río Cuarto, Córdoba-Argentina.**

prossi@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

Las oleínas se obtienen a partir de las borras de neutralización, y son uno de los principales subproductos del refinado de aceite vegetal. Estos subproductos tienen poco valor comercial, sin embargo tienen un alto contenido de ácidos grasos, lo cual lo constituye como una importante materia prima para la producción de biodiesel. Por este motivo, su recuperación a bajo costo puede resultar relevante para la producción de biodiesel y así obtener un producto de importante valor para exportación y para consumo interno. Una tecnología que puede hacer factible esta recuperación es la destilación molecular, la cual permite purificar los ácidos grasos, lo cual facilita la posterior reacción de esterificación en la producción de biodiesel.

La destilación molecular es un tipo especial de destilación a muy alto vacío que tiene lugar en un equipo construido de tal manera que la distancia que las moléculas deben recorrer entre la evaporación y la condensación es más pequeña que su camino libre medio. Esta tecnología es adecuada para la separación, purificación y concentración de sustancias termolábiles con baja presión de vapor.

El objetivo de este trabajo es analizar la factibilidad de purificación de ácidos grasos, a partir de oleína de soja, utilizando la tecnología de destilación molecular. Se utilizó un equipo de destilación molecular de laboratorio, que consta de un evaporador de película descendente con una superficie de 4 dm², condensador interno de 2 dm² de superficie, sistema de alimentación y recolección de destilado y residuo. Se siguió la operación de destilación molecular a través de la determinación de porcentaje de ácidos grasos libres. Se ensayaron diferentes condiciones operativas, encontrándose que las más influyentes fueron la temperatura de evaporación y el flujo de alimentación.

La materia prima estudiada contiene un porcentaje de ácidos grasos libres del 69%. Se varió la temperatura de evaporación en el rango de 120 a 180 °C. Se realizó una optimización ponderada entre recuperación másica y pureza de ácidos grasos por medio de un sistema de regresión paramétrica y modelado con redes neuronales artificiales, encontrándose las condiciones operativas a las cuales se debe realizar la destilación molecular. Se halló que la temperatura de evaporación debe ser de 145 °C; en estas condiciones se logró una concentración de ácidos grasos en el destilado de 91% y un rendimiento (cantidad de ácidos grasos obtenidos en el destilado respecto de los alimentados) del 83%.

15RA. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN MODELO SIMPLIFICADO DE DESTILACIÓN MOLECULAR DE MULTICOMPONENTES A UN SOFTWARE COMERCIAL

ROSSI¹ P.C.; GAYOL¹ M.F.; GROSSO² N.R.; PRAMPARO¹ M. DEL C.; NEPOTE² V.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto (Ruta 36 Km 601, 5800-Río Cuarto, Córdoba – Argentina)

²IMBIV-CONICET, Universidad Nacional de Córdoba.

prossi@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

Actualmente, el proceso de destilación molecular no se encuentra disponible en software comerciales de simulación de procesos. La determinación de las variables del proceso de destilación molecular y la optimización de las mismas solo se puede realizar por ensayos experimentalmente o por simulación numérica. Si se desea desarrollar un diseño de destilación molecular a escala industrial los procedimientos anteriores son complicados y engorrosos. Es por esto, que la disponibilidad y el uso de software comerciales es de sumo interés en el diseño a escala de producción industrial.

Los objetivos del presente trabajo fueron: Desarrollar e implementar un modelo simplificado que represente el comportamiento del proceso de destilación molecular para mezclas de multicomponentes a un simulador de uso comercial. Para corroborar el correcto funcionamiento del software se procedió a verificar su desempeño con datos experimentales en destilación molecular de omega-3.

Los omega-3 son ácidos grasos poli-insaturados, que tienen un rol esencial en la dieta humana por su capacidad para prevenir enfermedades. Especialmente dos ácidos grasos, ambos del tipo omega-3, el 5,8,11,14,17-ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5w3) y el 4,7,10,13,16,19-ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6w3) son importantes constituyentes funcionales del cuerpo humano.

Para desarrollar el paquete de simulación de destilación molecular, se eligió como simulador el ChemCAD 6.4 Versión Trial por su facilidad de manejo e interacción con el usuario. El software se desarrolló en un entorno de programación Visual Basic. Como resultado, el modelo entrega las variables másicas de las corrientes de salida.

La materia prima utilizada en las experiencias fue aceite de calamar (*Illex argentinus*) esterificado con etanol e hidróxido de potasio. Para las experiencias, se utilizó un equipo de destilación molecular de laboratorio que consta de un evaporador de película descendente con una superficie de 4 dm². Las mediciones de los compuestos se realizaron por cromatografía gaseosa.

El modelo simplificado se adaptó muy bien al simulador comercial, pudiendo hacer uso de las diferentes herramientas que el software incorpora, como es el uso del análisis de sensibilidad y reporte de resultados.

El modelo implementado describe satisfactoriamente el comportamiento del proceso de destilación molecular. Este resultado es de gran interés para poder simular y optimizar un proceso de destilación molecular a diferentes escalas de producción.

16RA. ANÁLISIS DE CALIDAD QUÍMICA Y SENSORIAL DE MANTECA ANHIDRA OBTENIDA EN DISTINTAS CONDICIONES OPERATIVAS

BERTI, Julia* ; PRAMPARO, M. del Carmen; GAYOL, M. Fernanda

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km 601 - (5800) Río Cuarto, Córdoba – Argentina.

*E-mail: jberti@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

La grasa de los lácteos es una parte esencial de su calidad nutricional, pero en la forma de leche, crema o manteca tiene una vida útil corta debido al deterioro provocado por microorganismos, lipólisis y autooxidación. Estos procesos tienen lugar en la fase acuosa, de modo que productos anhidros tienen una vida útil más larga. Entre los productos anhidros de grasa de leche, se encuentra la manteca clarificada (*ghee*), que se define como producto graso obtenido de leche y/o productos derivados de leche por procesos que resultan en la remoción casi total de agua y sólidos no grasos. El *ghee* es un producto con sabor y estructura física característicos debido al proceso de elaboración, de color amarillo intenso y de textura suave y granulosa. El objetivo del presente trabajo fue analizar la calidad química (índice de peróxido, índice de acidez y humedad) y sensorial (prueba de aceptabilidad) del *ghee* obtenido bajo distintas condiciones operativas. La materia prima utilizada fue manteca comercial. Se obtuvieron distintas muestras de *ghee*. La elaboración a escala piloto consistió en un método tradicional y en un nuevo método de elaboración. El proceso tradicional consiste en un calentamiento a $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ en un recipiente abierto a la atmósfera hasta observar la agregación de las proteínas y la evaporación completa de la humedad (humedad inicial 16%, aproximadamente). El proceso alternativo consistió en una disminución de la temperatura de calentamiento en el rango entre $20\text{-}80^{\circ}\text{C}$ a presiones <200 mbar. Las proteínas agregadas fueron separadas por centrifugación. Este nuevo método disminuye las temperaturas de operación, a fines de prevenir el deterioro térmico. Los diferentes métodos de elaboración influyeron sobre algunas propiedades químicas, obteniéndose en todos los casos productos aptos para consumo humano. En cuanto a la calidad organoléptica, se obtuvieron diferentes grados de aceptación por parte de los consumidores, siendo la más aceptada la obtenida por el método tradicional a 125°C , debido a que desarrolla sabores y aromas particulares. Las muestras se sirvieron a los panelistas en orden aleatorio. Los consumidores fueron capaces de distinguir los producidos por el método tradicional y por el alternativo debido a las diferencias en el color, olor y sabor.

17RA. FRACCIONAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO POR DESTILACIÓN MOLECULAR

MEZZA, G. N.^{1*}; BORGARELLO, A. V.¹; GAYOL, M.F.¹; PRAMPARO, M.C.¹

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 km
601 – 5800, Río Cuarto, Córdoba – Argentina.

* E-mail: gmezza@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

El romero (*rosmarinus officinalis*) tiene diversos usos como aceite u oleoresina. Su aceite esencial es una importante fuente de nutraceuticos de origen vegetal, que le confieren propiedades antimicrobiológicas, antiespasmódicas, carminativas, hepatoprotectoras, antivirales y anticancerígenas. Por hidrodestilación, es posible obtener un aceite esencial de esta hierba que contiene los componentes más volátiles factibles de ser extraídos por esta tecnología. La destilación molecular permite separar y purificar productos orgánicos termosensibles, como los aceites esenciales, sin que se descompongan o afecten por las altas temperaturas a las que estarían expuestos en el proceso de destilación convencional. Esto se debe a la baja presión de operación y a las características geométricas del equipo. El objetivo de este trabajo fue obtener distintas fracciones de aceite esencial de romero altamente concentrado en nutraceuticos.

Las muestras de aceite esencial fueron donadas por la empresa Platario S.A., provenientes de plantaciones de la provincia de San Juan.

La destilación molecular se realizó en un equipo de película descendente, con una superficie de evaporación de 4 dm² y una superficie de condensación de 2 dm². Se realizaron etapas de destilación obteniendo destilados con distinta concentración de los compuestos principales y residuos que fueron introducidos a la siguiente etapa de destilación. La cantidad de destilado obtenida en cada una de las etapas se incrementó gradualmente. Para ello, la destilación se realizó a temperatura ambiente; el flujo de alimentación fue constante de 1 ml/min; la temperatura del condensador se fijó en -4 °C y la presión de operación se varió en las diferentes etapas de destilación de modo de obtener distintas cantidades de destilado, el rango de variación fue de 2 a 50 torr, disminuyéndose entre un 20 y 30% etapa a etapa. Las diferentes fracciones de destilado y residuo obtenidas se pesaron y analizaron por cromatografía gaseosa. Los compuestos de mayor interés nutraceutico identificados en la materia prima utilizada fueron: α -pineno 12%, mirceno 4%, 1,8-cineol 21% y alcanfor 15%. Del conjunto de experiencias se obtuvieron 6 fracciones. Las concentraciones y rendimientos de los componentes mayoritarios (α -pineno, alcanfor, mirceno y 1,8-cineol) presentes en cada una de estas fracciones, mostraron ser dependientes de las cantidades relativas de residuo y destilado obtenidas en cada etapa.

18RA. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VARIABLES OPERATIVAS EN LA OBTENCIÓN DE FRACCIONES DE ACEITE ESENCIAL DE OREGANO MEDIANTE DESTILACIÓN MOLECULAR

BORGARELLO A.*¹; MEZZA G.¹ SOLTERMANN A.²; PRAMPARO M.C.¹

¹Departamento de Tecnología Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 6 km. 301, (5800) Río Cuarto, Argentina.

*E-mail: aborgarello@ing.unrc.edu.ar

²Departamento de Química y Física, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.

RESUMEN

En los últimos años se han estudiado diversas fuentes de antioxidantes naturales de origen vegetal, encontrándose plantas aromáticas y especias cuyos aceites esenciales y extractos exhiben propiedades antioxidantes y resultan efectivos en el retardo del proceso de la oxidación de los lípidos, conservando, por lo tanto, la calidad y valor nutricional de los mismos. El aceite esencial de orégano ha demostrado tener buen potencial antioxidante debido, principalmente, a su alto contenido en los monoterpenos aromáticos timol y carvacrol.

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia de dos variables operativas, flujo de alimentación y temperatura de evaporación, en la obtención de fracciones de aceite esencial de orégano concentradas en propiedades antioxidantes mediante destilación molecular. Esta operación permite separar y purificar compuestos termolábiles sin riesgo de descomposición térmica, debido a las bajas temperaturas de operación y cortos tiempos de residencia. Para realizar las experiencias se utilizó un destilador molecular de película descendente, con una superficie de evaporación de 4 dm² y una superficie de condensación de 2 dm².

De las variables intervinientes en la operación, se seleccionaron la temperatura de evaporación y el flujo de alimentación para realizar un diseño experimental factorial, por ser estas las que mayor influencia mostraron en ensayos preliminares. La temperatura de evaporación se varió entre 25 y 35 °C, en tanto que el flujo de alimentación entre 0,5 y 1,5 ml/min. La presión de operación se fijó en 2 Torr y la temperatura de condensación en -4 °C.

La actividad antioxidante del aceite esencial y sus fracciones más relevantes, se analizó mediante el método de captación de radicales libres con DPPH* (2,2-difenil-1-picryl hidrazil), utilizando para la comparación el parámetro EC₅₀. La determinación de los componentes mayoritarios presentes en las muestras fue realizada mediante cromatografía gaseosa.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la capacidad captadora de radicales libres aumentó en las fracciones de residuo obtenidas mediante destilación molecular, presentando valores de EC₅₀ entre 0,8 y 1,5 mg/ml. El grado de aumento fue dependiente de las condiciones operativas empleadas en la destilación molecular. El componente que evidenció potenciar las características antioxidantes de los concentrados fue el timol, presente en el aceite esencial con una concentración del 15% y concentrado al doble en algunos de los residuos obtenidos. Los resultados indican que fracciones de aceite de orégano concentradas mediante destilación molecular podrían ser utilizadas en reemplazo de antioxidantes sintéticos.

19RA. CIS-C₁₇H₃₃COOH / NI (111) : ESTUDIO COMPUTACIONAL

SIMONETTI S.^{1,2}; ULACCO S.¹

1. Universidad Tecnológica Nacional - 11 de abril 461-Bahía Blanca-Argentina.
ssimonet@uns.edu.ar

2. Universidad Nacional del Sur - CONICET - Av. Alem 1253-Bahía Blanca-Argentina.

RESUMEN

En la actualidad, el desarrollo empírico de materiales catalíticos para la industria alimenticia implica un extensivo y costoso esfuerzo experimental de prueba y error, y por otro lado, el sistema resultante es muy difícil de caracterizar a nivel microscópico. En consecuencia, los mecanismos de la adsorción y de la reacción química subyacente permanecen poco claros y no son comprendidos a un nivel fundamental. En este contexto, el modelado computacional aparece como una herramienta sumamente útil para explicar las bases físicas y químicas de las reacciones catalíticas a nivel microscópico en planos cristalinos definidos y predecir alternativas viables económicamente, un aspecto importante de la producción de los alimentos.

El catalizador metálico más utilizado para la hidrogenación de aceites vegetales es el níquel, debido a su alta actividad, selectividad, bajo costo y fácil extracción después de la reacción (Jang, y et. al., 2005; Liang y et. al., 2011). Estudios han mostrado que los ácidos grasos *trans* tendrían implicaciones adversas para la salud. Desde el 1 de enero de 2006, the Food and Drug Administration (FDA) determinó que las etiquetas de nutrición para todos los alimentos convencionales y suplementos deben indicar el contenido de ácidos grasos *trans* (FDA, 2006). Desde entonces, más estudios son necesarios para satisfacer las nuevas especificaciones de una menor concentración del isómero *trans* en favor de la del isómero *cis*.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la adsorción del ácido *cis*-oleico sobre la superficie Ni(111) del catalizador. Para ello modelamos el sistema y realizamos cálculos computacionales utilizando el método de Superposición Atómica y Deslocalización Electrónica (Landrum, 2004).

Los resultados muestran una fuerte interacción entre ácido *cis*-oleico y la superficie metálica. El doble enlace carbono-carbono localizado encima de la posición tri-coordinada con simetría octaédrica (3CO), a 1.1 Å de la superficie Ni(111), se ha identificado como la posición energéticamente más favorable para la molécula. Los enlaces Ni-Ni, C=C y C-C que participan en la interacción molécula-superficie, se debilitan luego de la adsorción. Encontramos que los orbitales Ni 5d_{z²} y Ni 5d_{yz} juegan un papel importante en la interacción con los orbitales C 2p_x y C 2p_z; al igual que los orbitales Ni 6p_x y Ni 6p_z. Se observa, además, una interacción Ni-H (H enlazados a C=C) de pequeña magnitud, que facilita la posterior hidrogenación del doble enlace.

Bibliografía

- Food, Drug Administration, FDA, (2006). <http://www.fda.gov/oc/initiatives/transfat/>.
Jang, E. S.; Jung, M. Y.; Min, D. B. (2005). Hydrogenation for low Trans and high conjugated fatty acids. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 1: 22-30.
Landrum, G. A. (2004). <http://overlap.chem.cornell.edu:8080/yaehmop.html>.
Liang, S. H.; Yu, T.; Liu, D. P.; Wang, W. X.; Wang, Y. P.; Han, X. F. (2011). Characterization of stearic acid adsorption on Ni(111) surface by experimental and first-principles study approach, Journal of Applied Physics, 109: 07C115.

20RA. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIHIPERTENSIVA DE LOS HIDROLIZADOS DE PLASMA DE BOVINO

GÓMEZ, L.; ZAPATA, J.

**FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA - UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.
joha965@yahoo.es**

RESUMEN

La sangre animal posee un gran valor biológico gracias a su riqueza en proteínas, sin embargo está representada el subproducto más problemático de la industria cárnica debido a los altos volúmenes generados y su potencial como contaminante del ambiente. En Colombia según reportes del FEDEGAN, al año se genera alrededor de 48.000 toneladas de sangre de bovino, mientras que se cuenta solo con 7 plantas procesadoras de subproductos legalmente reconocidas. De esta manera, la alta producción de la sangre de bovino en relación con la escasa demanda, señala una subutilización de este producto, por lo que se hace importante buscar alternativas que potencien su comercialización.

En el presente trabajo se buscaba evaluar la actividad antioxidante y antihipertensiva de hidrolizados enzimáticos del plasma de bovino.

La hidrólisis enzimática se realizó con la enzima comercial Alcalasa 2,4L, durante 2 h, operando a pH 8,0 y temperatura de 55 °C. El grado de hidrólisis fue monitoreado por la adición de hidróxido de sodio 1N utilizando el método del pH-estato. La actividad antihipertensiva se evaluó a través de la actividad inhibidora de enzima convertidora de la angiotensina (ACE), mediante el método espectrofotométrico de Cushman y Cheung, modificado por Kim y col. La actividad antioxidante fue evaluada mediante el método ABTS. Los hidrolizados que mostraron mayor actividad fueron filtrados usando membrana ultracel YM-3 y YM-10, para separar los péptidos en función de su peso molecular.

Los resultados indican que la actividad inhibidora de ACE (IACE) depende del Grado de Hidrólisis (GH). La mayor actividad IACE se obtuvo con GH de 6,7%, siendo las fracciones con peso menor a 3Kda las que presentan la mayor actividad, con un 79,7% de inhibición en una concentración de 0,49mg/ml.

La actividad antioxidante aumenta con el incremento del GH, de modo que la mejor actividad se evidenció para un 20,3% de GH, con una capacidad antioxidante equivalente a trolox de 1199 μ mol Trolox/g proteína.

A partir de estos resultados se puede concluir que la hidrólisis enzimática bajo condiciones controladas, puede producir péptidos con actividad antioxidante y antihipertensiva, los cuales son potencialmente aplicables para productos alimenticios funcionales.

21RA. ESTUDIO DE LAS EMULSIONES OBTENIDAS DE HIDROLIZADOS DE CONCENTRADO DE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO CON PROTEASA COMERCIAL DE CALIDAD ALIMENTARIA

BALLERINI, G.^{1,2}; GIORDANENGO, V.¹; ORTEGA, M.¹

1- CIDTA . UTN Facultad Regional Rosario. Zeballos 1341. Rosario. Sta. Fe.

2- Cátedra de Fisicoquímica. Dpto. Química-Física. Fac. Cs. Bioquímicas. UNR.

Suipacha 570. Rosario. Sta. Fe.

griballerini@yahoo.com.ar

RESUMEN

La creciente preferencia de los consumidores por alimentos más sabrosos y saludables presenta una buena oportunidad para utilizar residuos de quesería (lactosuero) en el desarrollo de ingredientes proteicos que mejoren las propiedades nutritivas y funcionales de los alimentos.

Se estudiaron, por triplicado, las emulsiones obtenidas a partir de hidrólisis enzimática controlada (HEC) de concentrado de proteínas del lactosuero (WPC) con una proteasa comercial.

Soluciones de WPC al 5% (P/V) en buffer fosfato 50 mM, pH 8,0 se hidrolizaron usando una endoproteasa bacteriana neutra: Enzeco[®] 160k, obtenida de *Bacillus subtilis*. La HEC se detuvo a los 10, 20, 40, 60, 90, 120 y 240 min por calentamiento a 90 °C durante 7 min y posterior enfriamiento. Se efectuó electroforesis en geles de poliacrilamida en medio no reductor. Los geles resultantes fueron escaneados y se analizaron con software específico. El grado de hidrólisis (GH) se determinó por el método del ácido trinitrobenzenosulfónico (TNBS).

La capacidad emulsificante fue estimada mediante la determinación del punto de inversión de fase mediante medidas eléctricas, para ello, a soluciones proteicas 1% (P/V) en buffer fosfato 50 mM pH 7,0 en homogeneización mecánica a alta velocidad se les adicionó aceite de maíz a una velocidad de flujo constante de 10 µL/s.

La estabilidad de las emulsiones se evaluó mediante medidas turbidimétricas a 500 nm durante 24 h; aquella emulsión que presentase menor variación de absorbancia durante el tiempo de análisis, será considerada la más estable. Las emulsiones se prepararon por homogeneización mecánica de alta velocidad de 3 mL de solución proteica 0,1 % (P/V) en buffer fosfato 50 mM pH 7,0 con 1 mL de aceite de maíz a 20.000 rpm durante 60 s.

El análisis electroforético mostró la rápida desaparición de α -lactoalbúmina y la disminución de la concentración de β -lactoglobulina y sero albúmina bovina. La capacidad emulsificante se incrementó el 50% respecto de la muestra sin tratar a los 90 min de HEC. Se mejoró la estabilidad de las emulsiones respecto de la muestra sin tratar y las más estables se obtuvieron con 120 min de HEC (GH del 20 %). Los resultados muestran que la presencia de estructuras de bajo peso molecular producto de la HEC, mejora la capacidad emulsificante y fundamentalmente la estabilidad de las emulsiones, debido posiblemente a que estas especies presentan buena hidrofobicidad superficial e interactúan en la interfase formando una membrana lo suficientemente viscoelástica, resistente y cohesiva como para estabilizar las emulsiones obtenidas.

**22RA. ESTABILIDAD DE EMULSIONES PREPARADAS A PARTIR DE
HIDROLIZADOS DE BETA-LACTOGLOBULINA OBTENIDOS MEDIANTE EL
USO DE TRIPSINA INMOVILIZADA SOBRE PERLAS DE QUITOSANO**

BALLERINI, G.; BÁEZ, G.; MORO, A.; BUSTI, P.; DELORENZI, N.

**Área Físicoquímica, Departamento de Química-Física, Facultad de Ciencias
Bioquímicas y Farmacéuticas, U.N.R. Suipacha 531, (2000) Rosario. E-mail:
ndeloren@fbioyf.unr.edu.ar, pbusti@fbioyf.unr.edu.ar.**

RESUMEN

Mediante la hidrólisis enzimática de proteínas alimentarias se obtienen aditivos que además del aporte nutricional, poseen propiedades emulsionantes incrementadas. Las enzimas proteolíticas inmovilizadas permiten lograr un mejor control de la hidrólisis y pueden ser reutilizadas durante varios ciclos. El objetivo del presente trabajo fue la construcción de un biorreactor (escala de laboratorio) con tripsina inmovilizada a esferas de quitosano para la hidrólisis parcial de la beta-lactoglobulina, principal componente, del lactosuero bovino. Se construyó un biorreactor en lote ("batch") conteniendo 200 mg de tripsina inmovilizada sobre 10 g de perlas de quitosano (2,5 %) activadas con glutaraldehído (diámetro aproximado de cada perla: 2 mm). Como sustrato se utilizaron 10 ml de solución de β -LG al 2,5 % en buffer fosfato 50 mM, pH 8,0. Se incubó a 37°C en baño termostático agitado mecánicamente mediante brazo excéntrico a una velocidad de 80 r.p.m. A distintos tiempos se tomaron alícuotas del hidrolizado para efectuar los siguientes ensayos: grado de hidrólisis (GH%) por el método del ácido trinitrobenenosulfónico (TNBS), análisis de la composición por electroforesis en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE), y estabilidad de emulsiones por lectura de turbidez (absorbancia a 500 nm) en función del tiempo. Las emulsiones se prepararon de la siguiente manera: 3 mL de muestra del sustrato proteico de concentración igual a 0,1 % (P/V) fueron homogeneizadas con 1 mL de aceite de maíz comercial, a 20.000 rpm durante 60 segundos. El máximo de estabilidad de las emulsiones (20 % de disminución de la absorbancia a las 24 horas de formada la emulsión) se obtuvo a las 6 horas de hidrólisis (GH% ~ 6). El correspondiente hidrolizado presentó la siguiente composición: 50 % de monómero, 15 % de péptidos de ~ 11 kDa, 21 % de péptidos de 8 kDa y 14 % de péptidos menores a 8 kDa. La actividad proteolítica fue mantenida por re-utilización de las perlas durante doce ciclos de 6 horas cada uno.

23RA. DESARROLLO DE UN REACTOR EN LOTE CON BIOMASA MODIFICADA, INMOVILIZADA SOBRE SOPORTE INERTE. PARA PURIFICAR AGUAS CONTAMINADAS CON COBRE

DEL PASO, F.; SAURA, C.; BÁEZ, G.; BALLERINI, G.; MORO, A.; DELORENZI, N.; BUSTI, P.

Área Físicoquímica – Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. UNR. Suipacha 531 (2000) Rosario.
pbusti@fbioyf.unr.edu.ar

RESUMEN

El uso de microorganismos como adsorbentes de metales pesados (cobre) se ofrece como una alternativa económica a métodos ya existentes. Se propone la utilización de biomasa agotada (*Saccharomices cerevisiae*), efluente de una empresa cervecera local, tratada, con un oxidante (KMnO_4). La modificación consiste en la oxidación de sitios de la membrana y pared celular provee nuevos grupos carboxilos que permiten incrementar hasta en cinco veces la capacidad de fijación de cobre respecto a la biomasa no tratada. Las adsorciones y desorciones son seguidas por estudios termodinámicos (equilibrio químico) y cinéticos. En este trabajo, se escaló un reactor de 0,1 L -previamente estudiado como modelo- a 10 L, manteniendo la similaridad geométrica y las condiciones de reacción. Muestras de 30 L de biomasa tratadas con KMnO_4 , previamente lavadas con agua, fueron secadas al sol y posteriormente molidas mecánicamente hasta un tamaño medio de 590 μm , luego fueron adheridas con cloroformo a sendas caras de placas plásticas de poliestireno de 20 cm x 25 cm de lado y 0,1 cm de espesor (25g de biomasa por placa). El reactor consistió en un recipiente, de material plástico de 27 cm de largo, 25 cm de ancho y 25 cm de alto, donde se acomodaron 50 placas colgando verticalmente y engarzadas en dos barrales paralelos de metal; en él que se cargaron 10 L de solución 100 ppm de cobre. Las experiencias se realizaron en lote, con agitación magnética a 60 rpm, temperatura de 25°C, pH 5,0 y baja fuerza iónica. Las determinaciones de cobre se realizaron a las 2 horas por colorimetría a 603 nm, con la bisciclohexanona oxalildihidrazona (cuprizona), cuyo límite de detección es de 1 ppm (1 mg L^{-1}). La desorción se realizó introduciendo las placas en otro recipiente con 10 L de solución de HCl 0,1 M, este volumen se cambió cada 20 ciclos de trabajo. Los estudios de equilibrio ajustaron al modelo de Langmuir y los cinéticos, al de pseudo orden 2, indicando que el paso limitante es la fijación del cobre a los sitios de la biomasa, esto demuestra que no es crítica la agitación del sistema. La repetición de las experiencias mostró que la capacidad media de fijación ($10 \text{ mgCu}^{2+}/\text{g}$ biomasa) no declinó durante 15 ciclos adsorción-desorción. La inmovilización de la biomasa, permite la reutilización del sistema sin mayores pérdidas en el rendimiento. A su vez, este sistema es fácilmente escalable y capaz de funcionar en continuo.

24RA. “DISEÑO DE UN MEDALLON DE CARNE FUNCIONAL, REDUCIDO EN SODIO CON APORTE DE B-GLUCANOS”

GÓMEZ, M. B., ABALOS, R. A., BROSSARD, M., CORREA, S.

Facultad de Bromatología, Universidad Nacional de Entre Ríos.

bgomez@fb.uner.edu.ar

RESUMEN

El creciente interés por la alimentación saludable, ha dado lugar a la aparición en el mercado de una nueva gama de alimentos que, además de nutrir, mejoran la salud incrementando el bienestar y disminuyen el riesgo de contraer enfermedades, denominándose “alimentos funcionales”.

Una de las características que deben cumplir para ser así denominados, es modificar la formulación tradicional adicionando compuestos de características saludables contrastadas. Por ello, se diseñó un medallón de carne funcional aplicando el tratamiento de cocción “sous vide”, el cual consiste en utilizar combinaciones de temperaturas de cocción moderadas, en largos tiempos y un posterior almacenamiento del producto a 0 °C. Esto permite reducir la pérdida de agua durante la cocción, preservar la calidad sensorial (textura, sabor, olor), nutricional y extender la vida útil del producto, garantizando la eliminación de posibles microorganismos patógenos.

Los objetivos principales de esta investigación fueron formular la composición de un medallón de carne de pollo funcional (con fibra soluble, reducida en grasa y sodio) y evaluar su aceptabilidad sensorial.

Como materia prima se utilizó carne de pollos parrilleros del mercado regional, salvado de avena como fuente de fibra soluble la cual aporta, 5,3 % β - glucanos, y condimentos aromáticos. Para realizar la cocción, cada medallón fue empaquetado y sellado en una envasadora a vacío (VACUUM PACKING 80060 / 80080), en bolsas de poliamida-poliétileno (permeabilidad al O₂ de 25 a 30 cm³/m²; permeabilidad del vapor de agua de 5 g/m²). El tratamiento térmico se llevó a cabo en un baño con regulación de temperatura y tiempo de circulación constante de agua (RONER COMPACT 80060/80080), con una combinación temperatura/ tiempo de 80°C y 10 minutos. Luego los productos fueron inmediatamente refrigerados a 0°C.

Para el estudio de las diferentes formulaciones y obtención de la composición definitiva del medallón de carne se evaluó sensorialmente su aceptabilidad mediante dos pruebas afectivas: por un lado la de preferencia que permitió la comparación de dos formulaciones con diferentes proporciones de condimentos y sodio y por otro, la prueba de grado de satisfacción, en la cual se utilizó una escala hedónica verbal de 5 puntos. El panel sensorial estuvo constituido por consumidores seleccionados en el ámbito de la Facultad de Bromatología.

Como resultado se obtuvo un medallón de carne de pollo bajo en grasa y sodio que aporta 1g de β – glucano y cuyas características organolépticas fueron aceptadas por el panel según las pruebas sensoriales realizadas.

25RA. ESTUDIO DE LA INACTIVACIÓN DE BIOAEROSOLLES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADIACIÓN UV

MARTÍNEZ RETAMAR, M. E.; LABAS, M. D.; BRANDI, R. J.

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Universidad Nacional de Litoral – CONICET, Güemes 3450, Santa Fe, Argentina.

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional de Litoral, Ciudad Universitaria, Paraje “El Pozo”, S3000, Santa Fe, Argentina.

mmartinez@intec.unl.edu.ar

RESUMEN

En los últimos años, microorganismos potencialmente dañinos han captado la atención pública, debido a su vínculo con problemas de contaminación en ambientes interiores y por resultar un factor clave en la transmisión de enfermedades por vía aérea. Así, los bioaerosoles (pequeñas partículas suspendidas en el aire, cargadas con microorganismos o material de origen biológico), responsables en gran medida de la carga mundial de enfermedades, resultan de gran interés en la ingeniería de control de la calidad del aire en ambientes interiores.

Por ser la utilización de radiación UV germicida uno de los métodos de control de estos microorganismos aerotransportados, el presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la inactivación de microorganismos aerotransportados, mediante la utilización de un fotorreactor UV, diseñado y construido para tal fin.

El dispositivo experimental está conformado por un fotorreactor UV de forma anular, con un volumen de 2,8 litros, y en cuyo centro se encuentra instalada una lámpara UV que emite a 253,7 nm. La corriente de alimentación al reactor es obtenida a partir de la mezcla de aire limpio y de humedad conocida, con una corriente de bioaerosol cargada con una cepa de *Escherichia coli*, microorganismo de testeo seleccionado para los ensayos preliminares. Una vez que la corriente de entrada homogeneizada atraviesa el reactor, es dirigida al sistema de muestreo, compuesto por un impinger que contiene la solución de captura. Esta solución es posteriormente utilizada para el recuento en placa de bacterias viables. Las corridas experimentales consisten en la toma de muestras antes, durante y después del período de irradiación. Con los datos obtenidos en las corridas es posible determinar el nivel de inactivación entre la entrada y la salida del reactor.

Los valores hallados muestran una inactivación de hasta el 99,7% durante un tiempo de residencia en el reactor de 5 segundos. El decaimiento en el recuento de *E. coli* indica que la viabilidad del microorganismo se ve afectada debido a la irradiación UV a 253,7 nm, bajo las condiciones experimentales estudiadas.

En base a estos resultados, es posible concluir que el uso de radiación UV germicida resulta ser eficiente en la inactivación de *E. coli*, bajo las condiciones de laboratorio estudiadas. Los datos hallados servirán para hallar los parámetros de la cinética intrínseca del proceso en estudio, y el posterior modelado de reactores de configuraciones más complejas para ser aplicados como dispositivo de control de la carga microbiana en ambientes interiores.

26RA. MOLIENDA HÚMEDA DE ARROZ

CAFFA, M. V.; FALCONE, E.; TOLABA, M. P.

Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires - 1428 - Buenos Aires - Argentina - mtolaba@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

La molienda húmeda de una variedad local de arroz tipo largo fino (23,7% amilosa) se usó para separar los componentes del grano: almidón, fibra y proteína. Debido a su carácter microgranular e hipoalergénico, el almidón de arroz es apreciado como ingrediente en la formulación de productos. En el presente trabajo se investigó el efecto del uso de soluciones alcalinas (NaOH) en presencia de tensioactivo (SDS) sobre: a) el rendimiento (RA) y la pureza del almidón; b) las propiedades térmicas, el índice de absorción de agua (IAA) y la solubilidad del almidón (SA). La molienda se realizó a 25°C adoptándose dos controles: la molienda en medio alcalino (0,1% NaOH) y la molienda con una solución de tensioactivo (1,5% SDS). Los ensayos experimentales se realizaron de acuerdo al diseño en red de Doehlert. Se establecieron cinco niveles de concentración para el álcali (0-0,08% NaOH, p/v) y tres niveles para SDS (0,3-1,5% SDS, p/v). Los valores de RA estuvieron comprendidos entre 21 y 58% con un contenido proteico promedio de 1,2%. Las temperaturas de pico de gelatinización (Tp), determinadas mediante calorimetría DSC, resultaron dentro del rango 70,4-73,3°C y los valores promedio de entalpía, IAA y SA fueron 7,3 J/g, 1,9 g/g y 0,4% respectivamente. Se aplicó el método RSM con el objeto de encontrar una combinación de factores que permita maximizar RA y minimizar el contenido proteico del almidón. Al incrementar la concentración de álcali aumentaron RA y la pureza de la fracción amilácea mientras que disminuyó el valor del IAA. La concentración de SDS tuvo un efecto cuadrático sobre el contenido proteico y Tp mientras que afectó linealmente a RA, entalpía y SA. Al aumentar la concentración de SDS se observó aumento de RA y SA y una disminución de la entalpía de gelatinización e IAA. Aplicando la optimización simultánea se encontró un rendimiento máximo de 57% con un contenido mínimo de proteína (0,5%) al utilizar 0,9% SDS y 0,079 % NaOH. En estas condiciones la gelatinización ocurre a 71,2 °C con una entalpía de 7,8 J/g, el bajo valor de WAI (< 2g/g) indicó ausencia de almidón dañado. En conclusión la calidad del almidón de arroz obtenido por maceración en soluciones combinadas de álcali y tensioactivo ha resultado muy satisfactoria siendo el índice IAA comparable al del control alcalino mientras que el valor de SA refleja el poder de remoción del SDS que se potencia en combinación con el álcali.

Palabras clave: almidón, maceración, molienda alcalina, tensioactivo

27RA. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CUATRO VARIEDADES DE LINAZA (*Linum usitatissimum* L.)

FIGUEROLA, F¹., ESTÉVEZ, A.M²., ESCOBAR, B²., MUÑOZ, O¹.

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Valdivia. Valdivia, Chile ffiguero@uach.cl

²Departamento de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago - Chile.

RESUMEN

La composición química y el contenido de compuestos bioactivos de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum* L.) depende de la variedad, localidad de cultivo y condiciones de crecimiento. Dado el interés existente por su consumo, el objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características físicas y químicas de cuatro variedades de linaza de distinto origen. Se trabajó con las variedades Celestina y Carmine, de origen chileno; y Sorrel y Bethune, de origen canadiense. En las semillas se determinaron sus dimensiones (largo, ancho y espesor), peso y parámetros de color. Las semillas se molieron en un molino de cuchillas rotatorias y en las harinas obtenidas se determinó su composición proximal (proteínas, lípidos, fibra cruda y cenizas); su contenido de: fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI); lisina disponible (LD); ácido fítico (AF); fenoles totales (FT); y su capacidad antioxidante (CA). Las semillas de Bethune presentaron el mayor largo (4,95 mm) y ancho (2,57 mm), aunque fue la variedad de menor espesor (0,97 mm); sin embargo, Sorrel tuvo el mayor peso de 1000 granos (6,87g). Las variedades chilenas fueron de color marrón más oscuro y con una mayor participación del rojo (a*: 12,8 y 11,3). El contenido de proteínas fue semejante en todas las variedades (entre 17,0 y 18,4 g/100g); sin embargo, el contenido de lípidos fue muy superior en Bethune y Sorrel (38,7 y 36,6 g/100g, respectivamente) y el de fibra cruda fue muy superior en Celestina y Carmine (18,5 y 17,9 g/100g, respectivamente). Asimismo, estas variedades presentaron mayor contenido de FDT (32,07 y 32,96 g/100g, respectivamente), pero no hubo diferencia entre las variedades en FDS. El contenido de LD fue superior en las variedades Bethune y Sorrel (1,44 y 1,5 g/100, respectivamente); y no hubo diferencias entre variedades en AF (entre 9,04 y 10,72 g/kg). El contenido de FT (2,60 y 2,59 mg ácido gálico/g) y la CA fue mayor en las variedades Celestina y Carmine. Se puede concluir que hay una importante diferencia en la composición química y el contenido de compuestos bioactivos entre las variedades estudiadas. Esta diferencia debe cruzarse con el comportamiento agronómico y aprovechar de la mejor manera posible las propiedades particulares de cada variedad.

28RA. OPTIMIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE FACTORES COMBINADOS PARA LA PRESERVACIÓN DE ASPECTOS NUTRICIONALES Y MICROBIOLÓGICOS DE BROCOLI MÍNIMAMENTE PROCESADO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

ANSORENA, M.R.¹², ROURA, S.I.¹²

¹GIIA – Facultad de Ingeniería (UNMDP). J.B. Justo 4302, (7600). Mar del Plata, Argentina.

² CONICET, Argentina.

E-mail: ransorena@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En los últimos años, la demanda de brócoli se ha incrementado en gran medida, ya sea como producto fresco o en ensaladas listas para el consumo. Sin embargo, el brócoli es un producto altamente perecedero con una vida útil reducida después de la cosecha. En los últimos años, se ha prestado mucha atención a la aplicación de tecnologías de preservación basadas en el efecto hurdle. Estos tratamientos combinados evitan la aplicación severa de solo un factor de preservación logrando, por lo tanto, una mejora en la calidad del producto. En el presente trabajo se estudió la aplicación de múltiples barreras de preservación sobre aspectos nutricionales, microbiológicos y sensoriales de brócoli refrigerado al cabo de nueve días de almacenamiento.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) y el diseño de experimentos de Box-Behnken fueron utilizados para estudiar el efecto combinado del tiempo de aplicación del choque térmico suave (1-5 min), tiempo de aplicación de ultrasonido (0-10 min) y concentración de ácido cítrico (0-2%) sobre el contenido de ácido ascórbico, recuento de mesófilas totales y sobre la calidad sensorial de brócoli mínimamente procesado.

Los modelos de ajuste resultaron ser altamente significativos ($p < 0.01$), obteniéndose elevados coeficientes de regresión (85-97%). De los gráficos de superficie de respuesta obtenidos para el recuento de mesófilas y para la calidad sensorial, las tres variables independientes resultaron ser significativas ya sea en forma aislada o de forma combinada mientras que para el contenido de ácido ascórbico solo el tiempo de tratamiento térmico y la concentración de ácido cítrico resultó ser significativa ($p < 0.01$). El análisis canónico indicó un mínimo en la superficie de respuesta para el recuento de mesófilas, un máximo para la calidad sensorial y un punto de ensilladura para el contenido de ácido ascórbico.

La utilización del enfoque de la función deseabilidad, permitió encontrar que las condiciones óptimas de procesamiento al considerar la calidad nutricional y microbiológica fueron la aplicación de 3 minutos de choque térmico, 7.5 minutos de ultrasonido y una concentración de ácido cítrico del 1.5%. Estos resultados coinciden con el máximo encontrado en la superficie de respuesta al considerar la calidad sensorial.

MSR utilizando el diseño experimental de Box-Behnken junto con el enfoque de la función deseabilidad resultaron ser una herramienta eficaz para investigar los cambios en los atributos de calidad de brócoli en función de la aplicación de múltiples barreras. Altos coeficientes de regresión indicaron que los modelos polinómicos de segundo orden pueden ser utilizados para predecir la calidad del brócoli mínimamente procesado durante el almacenamiento.

Palabras clave: modelado, optimización, brócoli, postcosecha.

29RA. ACEITE ESENCIAL DE CUATRO VARIEDADES OREGANO COMO ANTIOXIDANTE NATURAL PARA ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN

ASENSIO, C.; NEPOTE, V.; GROSSO N.R.

Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) y ICTE, FCEFyN, IMBIV-CONICET - cmasensio@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

La producción y consumo de aceite de oliva se ha incrementado en los últimos años no solo debido a sus propiedades nutricionales sino por su aroma y sabor. Los antioxidantes naturales, como los aceites esenciales de plantas aromáticas, pueden ser incorporados a los alimentos para sustituir a los sintéticos. Por otra parte, el aceite de oliva extra virgen es un producto susceptible al deterioro oxidativo durante su almacenaje, lo cual produce el desarrollo de sabores rancios y la pérdida de calidad sensorial y nutricional. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto perseverante de los aceites esenciales de orégano sobre la calidad química del aceite de oliva virgen extra.

Se utilizaron aceites esenciales de cuatro especies de orégano conocidas como: Mendocino (Men), Compacto (Com), Cordobés (Cor), y Criollo (Crio). Aceite de oliva extra virgen fue adicionado con 0.05% (p/p) de aceite esencial. La composición química de los aceites esenciales fue determinada por CG-MS. Tratamientos: aceite de oliva sin aceite esencial (Control - C) y con aceites esenciales (Men, Com, Cor y Crio) expuestos a luz (L) o almacenados en oscuridad (O). Almacenamiento: a temperatura ambiente durante 126 días. Análisis: índice de peróxidos, acidez libre, dienos y trienos conjugados, p-anisidina, contenido de carotenos y clorofilas. Análisis estadístico: análisis de varianza, test LSD-Fisher y componentes principales.

Después de 126 días de almacenajes los parámetros químicos evidenciaron una disminución de la calidad del aceite de oliva. El valor de peróxidos del Control-Luz (C-L) se incrementó a 54 meqO₂/kg, mientras que todos los tratamientos en oscuridad con aceite esencial mostraron valores inferiores a 28 meqO₂/kg siendo el tratamiento Cor-O el que presentó el menor valor (18,71 meqO₂/kg). La mayor disminución en los contenidos de carotenos y clorofilas se produjo en los tratamientos expuestos a la luz (0,83 mg/kg carotenos y 1,47 mg/kg clorofilas en C-L), mientras que los tratamientos en oscuridad y con aceite esencial se preservaron mucho mejor (1,31 mg/kg carotenos y 2,91 mg/kg clorofilas en Cor-O). El análisis de componentes principales mostró que los tratamientos con orégano en oscuridad están alejados de los indicadores de oxidación y relacionados con la presencia de carotenos y clorofilas.

De esta manera se evidencia que el agregado de orégano protege al aceite de oliva extra virgen de fotooxidación y de procesos oxidativos. Por lo tanto el agregado de aceite esencial de orégano prolonga la vida útil del aceite de oliva durante su almacenaje.

30RA. SCREENING DE ACTIVIDAD AMINOÁCIDO DECARBOXILASA EN BACTERIAS LÁCTICAS CON POTENCIAL APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA

TRIAY L.^a; PALAVECINO N.^{ab}; CASTRO M.^{ab}

^a Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Universidad Nacional del Chaco Austral, (3700) P.R. Sáenz Peña, Chaco.

^b CONICET, Buenos Aires, Argentina.

mcastro@uncaus.edu.ar

RESUMEN

Durante la maduración de productos cárnicos fermentados se pueden acumular aminas biógenas (AB), bases orgánicas que representan un riesgo para la salud de los consumidores, producidas principalmente por decarboxilación microbiana de aminoácidos originados en la proteólisis cárnica.

Las bacterias lácticas (BL) son importantes microorganismos utilizados como cultivos iniciadores en fermentaciones cárnicas y si bien no son el principal grupo microbiano formador de aminas, muchas de estas bacterias, en carnes y productos cárnicos, pueden decarboxilar aminoácidos por lo que un requerimiento clave en la selección de BL a ser utilizadas como cultivo iniciador es que no posean actividad decarboxilasa. Los productos cárnicos fermentados de la provincia del Chaco se obtienen por fermentación espontánea, es decir sin la adición de cultivos iniciadores. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad aminoácido decarboxilasa en BL aisladas de productos cárnicos regionales para su potencial aplicación como cultivos iniciadores. A partir de productos cárnicos fermentados elaborados por 4 establecimientos habilitados de la provincia, se aislaron 63 BL sobre las que se realizó el screening de actividad aminoácido decarboxilasa. Las cepas se activaron mediante tres repiques sucesivos en MRS caldo suplementado con el aminoácido precursor y luego se sembraron en placa sobre medio agarizado igualmente suplementado. Los aminoácidos precursores utilizados fueron tirosina, histidina, ornitina y lisina. Las placas se incubaron 72 h a 30°C. El cambio de color, de amarillo a púrpura, indicó la formación de la AB correspondiente. Del total de cepas evaluadas sólo una presentó actividad decarboxilasa produciendo tres aminas: tiramina, putrescina y cadaverina.

Estos resultados, además de otras pruebas tecnológicas realizadas sobre los aislados, permitirán seleccionar cepas con potencial uso en la industria cárnica local. El uso de cultivos iniciadores decarboxilasa negativos, altamente competitivos y de rápida acidificación previene el crecimiento de microorganismos salvajes productores de AB y conduce a productos finales prácticamente libres de estas sustancias, además de mejorar la calidad de los mismos.

31RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE *Lactobacillus Curvatus* 409 Y *Lactobacillus Sakei* 268 A TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO

ALVAREZ, O^a; HERMAN, C^{a,b}; CAYRÉ, M.^a; CASTRO M.^{a,b}; GARRO O.^{a,b}

^aLaboratorio de Microbiología de Alimentos, Universidad Nacional del Chaco
Austral, Comandante Fernández 755 (3700) P.R. Sáenz Peña, Chaco

^bConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
mcastro@uncaus.edu.ar

RESUMEN

El biocontrol usando especies de *Lactobacillus* productoras de bacteriocinas como cultivos protectores constituye una alternativa para la preservación de la carne y los productos cárnicos. La producción continua de bacteriocina por parte del cultivo viable resolvería el problema de la pérdida de actividad por interacción con los constituyentes del alimento que se presenta cuando la bacteriocina es aplicada en forma de aditivo. Dado que la temperatura es uno de los principales factores que afecta el crecimiento de los microorganismos en los alimentos, la evaluación de este factor sobre el comportamiento de potenciales cultivos protectores resulta de gran interés para determinar la factibilidad de aplicación de los mismos. El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar la cinética de crecimiento y actividad antimicrobiana de dos cepas bacteriocinogénicas, *Lactobacillus sakei* 268 y *Lactobacillus curvatus* 409, a temperaturas de almacenamiento, como criterio de selección para su uso en bioconservación.

La selección de un cultivo protector contempla: corta fase de latencia, alta densidad poblacional, elevada velocidad de crecimiento y producción de bacteriocina. Se monitoreó el crecimiento de los microorganismos a 0°C, 7°C y 15°C sobre caldo MRS mediante densidad óptica (DO) a 600 nm durante 15 días. A partir de los datos experimentales se estimaron los parámetros cinéticos de crecimiento. La actividad antimicrobiana frente a *Listeria innocua* 7 y *Staphylococcus aureus* FBUNT se evaluó con la técnica de difusión en agar.

Las distintas temperaturas afectaron significativamente al crecimiento microbiano y la producción de bacteriocina de ambos microorganismos. Comparando ambos microorganismos surge que la velocidad de crecimiento solo mostró diferencias significativas a 15°C. Los tiempos de latencia fueron significativamente mayores en *L. sakei* 268, tanto para 7°C como para 15°C. *L. sakei* 268 mostró una mayor disminución de la actividad antimicrobiana y un mayor tiempo en alcanzar la máxima actividad.

De lo expuesto se concluye que *L. curvatus* 409 presenta mejores propiedades cinéticas y actividad antimicrobiana en condiciones de almacenamiento y de abuso de temperatura (15°C) para su uso como cultivo protector. La presencia de actividad antimicrobiana de *L. sakei* 268 bajo estas condiciones también lo posiciona como potencial cultivo protector de productos cárnicos cocidos.

32RA. QUESOS ARTESANALES DE LECHE DE CABRA DEL NOROESTE CHAQUEÑO: AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE FLORA ÁCIDO LÁCTICA BACTERIOCINOGÉNICA

RIVAS, F. ^(1,3); CASTRO, M. ^(1,3); CAMPOS, C. ^(2,3)

(1)Universidad Nacional del Chaco Austral, P.R. Sáenz Peña, Chaco, Argentina. (2)
Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

(3) CONICET, Buenos Aires, Argentina.

carmen@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

Dado que la seguridad alimentaria se ha convertido en una preocupación cada vez mayor a nivel internacional, la aplicación de péptidos antimicrobianos naturales producidos por bacterias lácticas (BL) ha recibido una gran atención para la biopreservación de alimentos. El objetivo de este trabajo fue el aislamiento de BL a partir de quesos artesanales de leche de cabra, la determinación de las propiedades antimicrobianas de las mismas y su caracterización tecnológica preliminar a fin de determinar su potencial aplicación en la conservación de alimentos.

A partir de muestras de quesos se realizaron diluciones seriadas, sembrándose alícuotas en agar MRS, conteniendo sorbato de potasio. Se seleccionaron las colonias cuyas morfologías se diferenciaron entre sí. Se realizó la tinción de Gram, la prueba de catalasa y la determinación morfológica de los aislados. Aquellas colonias cuyas características correspondieron a BL se almacenaron para su posterior análisis. Se determinaron las propiedades antimicrobianas a través del método de la dilución crítica por difusión en agar frente a microorganismos patógenos y alterantes de alimentos. Se caracterizaron los sobrenadantes libres de células obtenidos por centrifugación mediante pruebas de neutralización, catalasa y enzimas proteolíticas. Se calcularon los títulos de las sustancias del tipo bacteriocina (STB) frente a los indicadores que mostraron sensibilidad. Se evaluó la estabilidad de las STB frente a distintos valores de pH (2-10).

Se realizaron 25 aislamientos, de los cuales 19 resultaron Gram positivos y catalasa negativos, correspondiéndose con BL. De éstos, 16 presentaron morfología bacilar y 3 cocácea. Estos 19 aislados inhibieron a *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *S. aureus* FBUNT, *S. aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli*, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Enterococcus faecium* TW20, *Pseudomonas aeruginosa* FBUNT y *Brochothrix thermosphacta* 405, *Lactobacillus sakei* 268, *L. curvatus* 304 y *L. sakei/curvatus* ACU-1. Mediante la caracterización de las sustancias antimicrobianas se determinó que la inhibición producida por 17 aislamientos se debía a la producción de una sustancia de naturaleza proteica activa contra *S. aureus* ATCC 6538 y *S. aureus* FBUNT. Los títulos observados estuvieron comprendidos en el rango de 50 y 200 Unidades Arbitrarias/ml (UA/ml). La actividad antimicrobiana de las STB fue mayor a pH ácido, disminuyendo a valores de pH cercanos a la neutralidad y básicos, perdiéndose completamente en tres de los 19 casos a partir de pH 8.

Los resultados obtenidos dan cuenta de la potencialidad de estos aislados para la biopreservación de alimentos. Se continuará su caracterización tecnológica y su aplicación en sistemas que simulen alimentos.

33RA. PRODUCCION DE FRUCTANOS UTILIZANDO EXTRACTOS ENZIMATICOS DE *GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS*.

VALENZANO M.A., MOLINARI M.L. Y BOIARDI J.L.

CINDEFI (UNLP; CCT-La Plata, CONICET), Facultad de Ciencias. Exactas - Calles
47 y 115, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina.

E-mail: mmolinari@biotec.org.ar.

RESUMEN

Los fructanos poseen un particular interés industrial por sus excelentes propiedades biológicas. Son considerados compuestos prebióticos reconocidos por la FDA (Food and Drug Administration – U.S), son utilizados como componentes de alimentos funcionales. Dentro de sus propiedades biológicas se puede destacar que son edulcorantes de bajas calorías, estimulan el crecimiento de bifidobacterias, también contribuyen a la prevención del cáncer de colon y a la reducción de los niveles séricos de colesterol, fosfolípidos y triglicéridos. La producción comercial de fructanos a partir de sacarosa involucra enzimas de origen bacteriano o fungico. El requerimiento de enzimas más eficientes con una alta actividad y estabilidad enzimática, ha atrapado el interés de los biotecnólogos y microbiólogos. *Gluconacetobacter diazotrophicus* secreta, constitutivamente una levansacarasa (LsdA) que hidroliza la sacarosa produciendo glucosa libre y fructanos de bajo peso molecular (FOS) y alto peso molecular (levanos). En este trabajo hemos discutido la capacidad de diferentes sobrenadantes derivados del crecimiento de *G. diazotrophicus* de producir fructanos por medio de incubaciones, estudiando diferentes condiciones de incubación.

G. diazotrophicus PAL 5 fue crecido a 30 °C, en medio LGI suplementado con 1,5 g/l de extracto de levadura y 1,5 g/l de triptona utilizando sacarosa o glicerol como fuente de carbono. Luego de 10 días de crecimiento, los cultivos fueron centrifugados a 16000g durante 30 minutos. Los sobrenadantes obtenidos fueron incubados con una solución de sacarosa en buffer acético/acetato 0,1 M, pH 5,2. Las condiciones estudiadas fueron: 1- relación enzima/sustrato; 2- temperatura de incubación (30, 40 y 50 °C); 3- concentración de sacarosa en la mezcla de incubación (100, 300 y 700 g/l). La producción de fructanos fue seguida durante 7 días. Los levanos fueron cuantificados por la precipitación de estos polisacáridos adicionando 2 volúmenes de etanol obteniendo peso seco del precipitado. Por su parte los FOS fueron testeados por cromatografía en capa delgada (TLC). La glucosa remanente fue cuantificada por un kit enzimático comercial.

Los sobrenadantes derivados de medios con sacarosa muestran una actividad enzimática LsdA menor que los sobrenadantes derivados de medios con glicerol, sin embargo la producción de levanos con sobrenadantes de medios con sacarosa es mayor que los sobrenadantes de medios con glicerol. La producción de levanos fue observada en todas las condiciones testeadas incrementándose con el tiempo de incubación y con la temperatura.

La producción de FOS fue detectada en todas las condiciones, después de las 24 horas de incubación, produciéndose principalmente 1-kestosa.

Bajas concentraciones de sacarosa en la mezcla de incubación favorecen la hidrólisis de sacarosa. La alta concentración de sacarosa en la mezcla de incubación favorece la producción de fructanos de bajo peso molecular.

34RA. SINTESIS DE LEVANSACARASA Y LEVANOS POR GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS EN CULTIVOS CONTINUOS.

MOLINARI M.L Y BOIARDI J.L.

CINDEFI (UNLP; CCT-La Plata, CONICET), Buenos Aires, Argentina.

E-mail: mmolinari@biotec.org.ar.

RESUMEN

Por su característica de prebióticos los fructanos han generado un reciente interés para la industria de los alimentos. Su carácter edulcorante los hace propicios para ser utilizados como edulcorantes naturales de bajas calorías. Por su parte, la producción comercial de fructanos a partir de sacarosa involucra enzimas de origen bacteriano o fúngico. El requerimiento de enzimas más eficientes con una alta actividad y estabilidad enzimática, ha atrapado el interés de los biotecnólogos y microbiólogos. *Gluconacetobacter diazotrophicus* secreta, constitutivamente una levansacarasa (LsdA) que hidroliza la sacarosa produciendo glucosa libre y fructanos de bajo peso molecular (FOS) y alto peso molecular (levanos). *G. diazotrophicus* es una bacteria endófito fijadora de nitrógeno aislada originalmente de caña de azúcar. También se ha podido aislar *G. diazotrophicus* de otros cultivos en los cuales contribuye a cumplir con los requerimientos de nitrógeno del vegetal. Esta bacteria es capaz de crecer con altas concentraciones de sacarosa (10%) pero no posee un transporte de este disacárido. *G. diazotrophicus* secreta una enzima, LsdA, de carácter constitutivo responsable de la hidrólisis de la sacarosa en glucosa libre y fructosa. La glucosa es metabolizada por el microorganismo mientras que la fructosa es polimerizada a fructanos de diferentes pesos moleculares por la misma LsdA. En este trabajo hemos estudiado la influencia de diferentes condiciones nutricionales sobre la síntesis de LsdA y la producción de fructanos en cultivos continuos de *G. diazotrophicus*.

G. diazotrophicus PAL 5 fue crecido en cultivo continuo en fermentador de 1 L volumen de trabajo, usando LGIM modificado con sacarosa, a 30° C. El factor de dilución fue ajustado a 0,05 h⁻¹, el pH fue automáticamente ajustado a 6,0 por el agregado de NaOH o H₂SO₄. El O₂ disuelto fue continuamente medido y mantenido en concentraciones de saturación (NoFNB) o en condiciones de microaerofilia, según corresponda. Las condiciones nutricionales testeadas fueron: limitación de sacarosa (20 g/l) y exceso (100 g/l); FBN (fijación biológica de nitrógeno) bajo condiciones de microaerofilia (O₂ disuelto por debajo del 2%) y condición de NoFNB con el agregado de nitrógeno fijado (3 g/l (NH₂)₂SO₄). En estas condiciones se ha medido la biomasa producida, la CO₂ liberado, el O₂ consumido, actividad LsdA y producción de levanos.

La actividad enzimática LsdA y la producción de fructanos fue detectada en todas las condiciones nutricionales estudiadas siendo la condición de exceso de sacarosa y FBN la demostró la mayor actividad enzimática. En el caso de los cultivos con exceso de sacarosa se acumulo principalmente 1-kestosa. La condición de FBN fue la de mayor producción de FOS generando, de manera concomitante una alta cantidad de fructosa libre, mientras que en la condición de NoFNB se favorece la producción de levanos. Es necesario señalar que en estos cultivos no se metabolizó completamente la sacarosa, ya que se pudo detectar este disacárido en los sobrenadantes (sin superar los 10 g/l). Esta condición de exceso de sacarosa implicó la producción de FOS y levanos, sin importar la fuente de nitrógeno utilizada.

35RA. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO AQUOSO DOS FRUTOS DE AROEIRA A PARTIR DA CAPTURA DE NO

PINHEIRO, L. Z.;**BERNARDES, N. R.;** ***GLÓRIA, L. L.;** ***BORGES, I. F. J. C.;**
REIS, C. N.;** *MUZITANO, M. F.;** ***OLIVEIRA, D. B.**

***Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil; ** Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé – RJ, Brasil.**
larissazambe@gmail.com

RESUMO

As frutas e hortaliças assim como suas sementes são utilizadas no cotidiano da população e por apresentarem em sua composição substâncias ativas, que em uma dieta usual podem reduzir o risco de doenças. A espécie vegetal alvo deste trabalho é, *Schinus terebenthifolius* Raddi nativa da região sudeste do Brasil, popularmente é conhecida como aroeira vermelha, é pertencente à família Anacardiaceae é abundantemente utilizada como especiaria na culinária. A atividade antioxidante está diretamente relacionada com a concentração de alguns compostos presentes nesses alimentos, como compostos fenólicos, para tanto um antioxidante possui a capacidade de evitar ou retardar os danos que os radicais livres causam no organismo. O radical livre óxido nítrico (NO) durante processos infecciosos, através de células ativadas como macrófagos, é secretado simultaneamente, esta liberação leva a uma ação citotóxica indireta do NO, levando à morte celular, contudo tem-se um interesse por produtos com ações antioxidantes. Neste trabalho objetivou-se avaliar o perfil químico dos frutos da aroeira por CLAE e a capacidade de captura do radical livre NO pelo extrato aquoso e frações dos frutos de aroeira, a fim de determinar a sua ação antioxidante através do Método de Nitroprussiato de Sódio (SNP). Para a obtenção do extrato aquoso os frutos da aroeira foram submetidos a trituração em meio aquoso, e em seguida com este extrato realizou-se a extração líquido-líquido com solventes de diferentes polaridades, obtendo as frações. O extrato e as frações foram submetidos à avaliação pelo método do SNP (500, 100 e 20 µg/mL), a leitura à 540 nm (n=3). O perfil químico foi avaliado por CLAE (5 mg/mL), com comprimento de onda de 254 e 350 nm. A partir do perfil químico do extrato e frações, foi possível detectar em todas as amostras picos nos tempos de retenção entre 3 a 5 minutos, o que sugere a presença de ácidos fenólicos, caracterizados pelo Ultra Violeta (UV) e um dos responsáveis pela atividade antioxidante de muitos alimentos funcionais. Com relação a técnica do SNP o potencial antioxidante também é observado ($\pm 3,5$ uM de NO no extrato) quando comparado ao padrão (26,5 uM de NO). A partir desses resultados pode-se sugerir a alta capacidade desses extratos dos frutos da aroeira na captura do radical livre NO, sendo estes frutos então considerados antioxidantes. A busca por novos compostos antioxidantes naturais tem tido maior importância atualmente, logo a análise da atividade antioxidante desses frutos torna-se de extrema importância.

36RA. IMPORTANCIA DE LA PRESENCIA DE OCRATOXINA (A) EN VINO Y MOSTO

MARTINEZ, N. D.¹; RODRIGUEZ, A. M.¹; GUTIÉRREZ, A.¹; E. STRAZZA E.¹

LAPRIQ (Laboratorio de Análisis de productos agroalimentarios del Instituto de Ingeniería Química), Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín, 1109, (Oeste), 5400 San Juan, Argentina. noramart@unsj.edu.ar - arodri@unsj.edu.ar - gutierrez@unsj.edu.ar

RESUMEN

Uno de los pilares económicos de la provincia de San Juan es la producción de mosto y vino. La legislación es muy severa en cuanto a los límites permitidos para la concentración de Ocratoxina A (OTA), compuesto carcinogénico generado por hongos presentes en la vid. En el LAPRIQ (Laboratorio de Análisis de Productos Regionales de Ingeniería Química) se realizan análisis para determinación de esta toxina. El LAPRIQ tiene como objetivo a corto plazo, la acreditación de Norma IRAM 301-ISO/IEC 17025 para laboratorios de ensayo. El método para determinar OTA se divide en dos etapas. La primera consiste en la extracción de la toxina de la matriz por *clean up* con columnas de inmunoafinidad OCHRAPREP®. La segunda es la cuantificación, utilizando la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Para esto se utiliza un equipo Perkin Elmer Serie 200. Se determinó el límite de detección y límite de cuantificación, utilizando la ecuación de Miller y Miller, resultando: LD = 0,01 µg/L, LC = 0,03 µg/L. La exactitud, se evaluó a través de un interlaboratorio a través del programa FAPAS de la Food and Environmental Research Agency de Reino Unido, de OTA en vino. Se midieron 58 laboratorios de todo el mundo. La media muestral del programa y el rango de aceptación/rechazo fue de $1,23 \pm 0,54$ µg/kg. El resultado enviado por LAPRIQ como válido fue de 1,08 µg/L considerando un porcentaje de recuperación de 100%. Además el laboratorio fija como uno de sus parámetros de calidad, la tolerancia del proceso, la cual se estableció en el 10 % del valor máximo o mínimo fijado para cada analito y matriz por la legislación vigente. Para la calibración del equipo se utilizan patrones líquidos. Se prepararon dos series de soluciones calibrantes por dos diferentes analistas. A fin de probar que existe coincidencia entre los resultados obtenidos por los dos analistas, se realiza una prueba de hipótesis, con el fin de detectar posibles errores. De las curvas de calibración obtenidas se deduce que el método es lineal dentro del rango de trabajo (de 0 a 10 µg/L).

El método seleccionado ha demostrado ser efectivo, exacto y lineal en el rango de trabajo. La comparación interlaboratorios sirvió para asegurar la confiabilidad en el resultado del método. Además, todo el trabajo se configuró dentro de las conductas establecidas en el Sistema de Gestión de la Calidad, con el hábito de trabajo dictado por la norma ISO/IEC 17025.

PALABRAS CLAVES. OTA, ocratoxina A, cromatografía líquida HPLC, vino, mosto.

37RA. MODELO PREDICTIVO DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE PULPAS DE DAMASCO

MUÑOZ PUNTES, E¹; RUBIO, L¹; CHERNIKOFF, R¹; POSSA, H¹; MORANT, M¹; SINI, S¹.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo,
Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael (Mza.), Argentina, Telefax: +54-2627-
421947/430673

emunoz@fcai.uncu.edu.ar

Palabras clave: pulpas de damasco, parámetros reológicos

RESUMEN

El conocimiento del comportamiento reológico de los alimentos fluidos es de aplicación en el diseño de procesos y equipos de ingeniería, así como para evaluación sensorial, determinación de la estructura del alimento y control de calidad.

El presente trabajo tuvo por objetivos la caracterización de las propiedades de flujo de pulpas de damasco concentradas, no despectinizadas ni clarificadas, de las variedades más importantes procedentes de distintas zonas de Mendoza, para conformar un banco de datos; determinación del comportamiento reológico (en flujo y análisis de tixotropía) en función de la temperatura y de la concentración; establecer un modelo predictivo del efecto combinado que la temperatura y el contenido de sólidos ejercen sobre la viscosidad.

Se trabajó con muestras de distintas concentraciones de pulpas de damasco (12,5; 16; 20; 24 y 28°Bx) obtenidas de un evaporador de uso industrial. Las mediciones se realizaron con viscosímetros rotacionales Brookfield, modelos LVDV – III y HBDV – III, con los accesorios “Small Sample Adapter”, a las temperaturas de 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 y 65°C. El rango de velocidades del rotor estuvo comprendido entre 0,1 – 250 r.p.m

Los resultados experimentales del gradiente de velocidad ($\dot{\gamma}$) con la tensión de corte (τ) han sido ajustados a la Ley de la Potencia, mediante el uso del software STATGRAPHICS Plus 5.0.

Modelo combinado propuesto:

$$\eta_{ap} = 2,5938 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left(\frac{13513,76}{8,32 \cdot T}\right)} \cdot C^{2,77956} \cdot \dot{\gamma}^{(\bar{n}-1)}$$

donde: $\bar{n} = 0,30661$

Los concentrados de damasco se comportan como un fluido pseudoplástico (para una concentración y temperatura determinadas su viscosidad aparente disminuye al aumentar la velocidad de deformación), siendo adecuado el uso de la ley de la Potencia para su descripción, mostrando buen ajuste.

La ecuación del efecto combinado propuesta ajusta bien con los valores experimentales para las condiciones estudiadas.

38RA. AVALIAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA C E DE AÇÚCARES EM *Annona Muricata L.*

REIS, C. N.; BERNARDES, N. R.; PEREIRA, S. M. F.; OLIVEIRA, D. B.

Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Tecnológicas e Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro / RJ / Brasil.

clara_biol@yahoo.com.br

RESUMEN

O ácido ascórbico (vitamina C) possui grande importância fisiológica, pois atua como antioxidante, na reciclagem de tocoferóis e na produção e manutenção de colágeno e na redução do ferro-férrico no trato intestinal. Essas características fazem com que a vitamina C seja recomendada como suplementação alimentar. Além disso, é bastante utilizada na estabilização da cor e sabor de uma ampla variedade de frutas processadas na forma de sucos, polpas e outras bebidas. Já os açúcares ou carboidratos são de grande abundância na natureza e atuam principalmente como fonte e reserva energética para o metabolismo, sendo necessários na alimentação. A classificação dos carboidratos reflete o fato de que todos se originam a partir da glicose, produzindo unidades mais simples e mais complexas. Os carboidratos simples mais encontrados nos alimentos são glicose, frutose, sacarose, lactose e, entre os complexos, o amido. Pelo destaque na economia brasileira e mundial no âmbito das frutas tropicais, a *Annona muricata L.* (graviola) foi escolhida neste trabalho, o qual teve por objetivo avaliar o teor de vitamina C e de açúcar em sua polpa, bem como identificar os açúcares presentes. Para a análise do teor de vitamina C foi empregado o método de CLAE. Um grama de amostra foi homogeneizada em solução de ácido oxálico 0,5% num volume final de 10mL e centrifugada por 10 minutos. O sobrenadante foi levado ao ultra-som por 10 minutos. A amostra foi filtrada e injetada no cromatógrafo, sendo a coluna usada a RP-18. O sistema de solvente foi fosfato de potássio monobásico e brometo de cetil trimetil amônio, com eluição isocrática usando fluxo de 1mL/min no comprimento de onda de 254nm. Uma solução padrão de ácido ascórbico foi utilizada para a determinação do tempo de retenção do mesmo. A análise do teor de açúcar foi feita com 1g de polpa fresca diluída em 10mL de água Milli-Q, a qual foi centrifugada por 10 minutos, filtrada e injetada em cromatógrafo gasoso com índice de refração usando coluna rezeq RCM-Monosaccharide Ca^{+2} com fluxo de 0,6 mL/min, sendo a fase móvel aquosa. Identificou-se como açúcares presentes na polpa do fruto a glicose (2,047 g/100g) e a frutose (2,892 g/100g) e o teor estimado de vitamina C com base na curva padrão é de 2,17mg/100g de amostra. Conclui-se que a graviola possui como açúcares presentes a glicose e a frutose e contém vitamina C em sua polpa, porém em valores abaixo dos observados na tabela Taco.

39RA. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA POLPA DA FRUTA-PÃO (*Artocarpus Altilis*) ATRAVÉS DOS MÉTODOS DO DPPH E FRAP.

**ARANTES, M. B. S*, REIS, C. N*, BERNARDES, N. R.*, GLÓRIA, L. L.*,
PINHEIRO, L. Z.*, OLIVEIRA D. B.***

*** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências Tecnológicas e Agropecuárias, Laboratório de Tecnologia de Alimentos. Av. Alberto Lamego, 2000. CEP: 28013-612 Campos dos Goytacazes, Brasil
mariana.arant@yahoo.com.br**

RESUMO

A fruta-pão pertence à família Moraceae e gênero *Artocarpus*, sendo a espécie *Artocarpus altilis* amplamente utilizada na alimentação. É conhecido que extratos metanólicos desse gênero apresentam significativa concentração de flavonóides e considerável atividade antioxidante. Nesta análise, utilizou-se o extrato aquoso e o sobrenadante com a intenção de avaliar a atividade antioxidante da polpa de *Artocarpus altilis*.

A partir da polpa foi preparado um extrato aquoso (20% p/v). Foi realizada uma precipitação etanólica (1:1), obtendo-se um sobrenadante e um precipitado. Avaliou-se a atividade antioxidante do extrato aquoso e do sobrenadante pelo método 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH – 0,1mM) nas concentrações de 1000 a 10 µg/mL em 515 nm e pelo método de Redução do Ferro (FRAP) expresso em mM Trolox/mg de amostra em 595 nm, sendo esses valores comparados com potenciais antioxidantes conhecidos, como a quercetina, rutina e a apigenina. Uma curva padrão foi feita com o Trolox entre 50µM e 1500µM.

Os resultados mostram um aumento expressivo da atividade antioxidante na concentração de 1000 µg/mL do sobrenadante (74,4%) em relação ao extrato aquoso (43%) quando utilizado o método do DPPH, onde seus valores foram comparados com o padrão BHT, o qual apresenta 100% de percentual de sequestro de radicais livres na concentração de 1000 µg/mL. Ao utilizarmos o método do FRAP substâncias antioxidantes (quercetina, rutina e a apigenina) foram usadas como padrão comparativo deste método. O extrato aquoso (2 mg/mL) apresentou um resultado de 9,0 µM Trolox/mg amostra e o sobrenadante (2 mg/mL) obteve-se 77,0 µM Trolox/mg na amostra. A atividade antioxidante para os padrões foram: 1108 µM Trolox/mg quercetina, 1046 µM Trolox/mg rutina e 304 µM Trolox/mg apigenina. Esses valores indicam que a apigenina é a menos antioxidante e a quercetina é a mais ativa. Comparando-se os padrões com as amostras, observa-se que estas apresentam um percentual de sequestro de radicais livres inferior aos padrões analisados.

Conclui-se que o sobrenadante possui melhor atividade sequestrante de radicais livres de acordo com o método do DPPH e que o processo de purificação tende a intensificar essa atividade, pois o extrato aquoso apresentou menor atividade. Em relação ao método de FRAP, o sobrenadante novamente apresentou um sequestro maior que o extrato aquoso. Porém, seu poder antioxidante não é tão alto se comparado com a apigenina, que possui menor atividade entre os padrões. Desta forma, é necessário continuar os processos de purificação da amostra para assim obter melhores índices de atividade antioxidante.

40RA. POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DOS FRUTOS DE AROEIRA AVALIADOS POR DIFERENTES MÉTODOS

*BERNARDES, N. R.; *GLÓRIA, L. L.; *PINHEIRO, L. Z.; *REIS, C. N.; *DINIZ, R. S.; *ARANTES, M. B. S.;**MUZITANO, M. F.; *OLIVEIRA, D. B.

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil; ** Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé – RJ, Brasil.
nrbernardes@uenf.br

RESUMO

Schinus terebinthifolius Raddi (aroeira) é uma espécie nativa da flora brasileira e suas folhas e frutos possuem propriedades medicinais como anti-inflamatória e antioxidante que estão associados à presença de polifenóis na planta. As substâncias antioxidantes podem inibir ou retardar a oxidação de lipídeos e outras moléculas, evitando o início ou a propagação das reações em cadeia de oxidação. Para tanto, é muito comum o uso de substâncias antioxidantes, que reduzem ou evitam a oxidação e têm a capacidade de neutralizar os efeitos nocivos dos radicais livres nos tecidos e, portanto, são capazes de proteger contra inúmeras doenças. Mas a possível toxicidade do antioxidante sintético tem sido objeto de estudo há muitos anos. Isso leva ao interesse de antioxidantes oriundos de fontes naturais. O objetivo deste trabalho é avaliar o perfil químico dos frutos de aroeira por CLAE, a atividade antioxidante pelo método do DPPH e pelo método de redução do ferro (FRAP), o que em tese pode justificar seu uso popular como um possível alimento funcional. A extração consistiu em maceração estática dos frutos de aroeira com metanol em temperatura ambiente. O extrato foi submetido à avaliação da atividade antioxidante pelo método do radical livre DPPH (1, 0.1 e 0.001 mg/mL) e leitura a 515 nm (n=3) e pelo método de redução do ferro (FRAP) (1mg/mL) com leitura a 593 nm (n=3). O perfil químico do extrato foi avaliado por CLAE (10 mg/mL), com comprimento de onda de 254 e 350 nm. A partir do perfil químico do extrato, foi possível detectar quatro flavonóides com picos nos tempos de retenção entre 25 a 30 minutos. Com relação a atividade antioxidante pode-se observar seqüestro dos radicais livres em ambas metodologias visto que de acordo com a técnica do DPPH é possível observar um potencial de 93.3% de seqüestro na concentração de 1 mg/mL e até na menor concentração, o potencial é de 67.8%. Com relação a técnica do FRAP tal potencial também é observado (543,4 µM de Trolox/mg de extrato). Quando comparados com a quercetina e rutina (1108.8 e 1046.4 µM de Trolox/mg de padrão, respectivamente), flavonóides com conhecido potencial antioxidante, este extrato apresenta um bom potencial antioxidante. A partir destes resultados pode-se sugerir o elevado potencial antioxidante dos frutos de aroeira, que pode ser explicada pela presença dos flavonóides nestes frutos. Estes resultados reinteram a importancia do estudo com os frutos de aroeira para sua possível utilização como alimento funcional.

**41RA. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E DO PERFIL
QUÍMICO DO EXTRATO METANÓLICO DOS FRUTOS DE MANACARU
(*Cereus fernambucensis*)**

**DINIZ, R. S.; REIS, C. N.; BERNARDES, N. R.; GLÓRIA, L. L.; ARANTES, M. B.
S.; PINHEIRO, L. Z.; OLIVEIRA, D. B.**

**Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Tecnológicas e
Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UNF) /
RJ / Brasil – rodrigounig@hotmail.com**

RESUMO

Cereus fernambucensis (Cactacea), conhecida como manacaru, é encontrada nas praias do complexo lagunar Grussaí-Iquiparí em Campos dos Goytacazes – RJ / Brasil. É utilizado na medicina popular contra o vitiligo e também na eliminação de cálculos renais. Assim, este trabalho é precursor e possui como objetivos a avaliação da atividade antioxidante e perfil químico do extrato metanólico. Os frutos do *Cereus fernambucensis* – Manacaru foram coletados em Grussaí, limpos e separadas as cascas das sementes. As cascas foram submetidas a extração exaustiva, por maceração estática com metanol. Esse extrato foi evaporado a 35 °C em banho-maria ao abrigo da luz. O perfil químico do extrato (10 mg/mL) foi avaliado por CLAE, coluna RP-18, $\lambda = 254$ e 350 nm, com fluxo de 1mg/mL. A análise antioxidante foi feita pelo método de Redução do Ferro (FRAP): pesou-se 2 mg de amostra, a qual foi solubilizada com 500 μ L de metanol a 50% e 500 μ L de acetona a 70%. O reagente FRAP foi obtido a partir da combinação de 25 mL de tampão acetato 0,3 M, 2,5 mL de uma solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20 mM. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 90 μ L das amostras diluídas para tubos de ensaio, acrescentou-se 270 μ L de água destilada com 2,7 mL do reagente FRAP e manteve-se em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. A leitura foi feita a 595 nm. Uma curva padrão foi feita com o Trolox entre 50 μ M e 1500 μ M. Pelo método de redução do ferro (FRAP) também se evidenciou a atividade antioxidante. Quando se compara o extrato metanólico com os padrões fenólicos observa-se que o percentual de sequestro de radicais livres do extrato (256,68 μ M Trolox/mg de amostra) é inferior aos valores encontrados para a quercetina (1108,89 μ M Trolox/mg de amostra) e rutina (1046,39 μ M Trolox/mg de amostra). Já em relação à apigenina (304,46 μ M Trolox/mg de amostra), o extrato apresentou um melhor potencial antioxidante. De acordo com o perfil químico foi observado um pico com tempo de retenção em 22.7 minutos em ambos os comprimentos de onda (254 e 350 nm), sugerindo a presença de flavonóide, caracterizados pelo ultravioleta. A partir destes resultados pode-se sugerir que este fruto possui alta capacidade antioxidante, principalmente o extrato metanólico, sendo esta atividade característica desta classe de compostos detectados por CLAE neste fruto.

42RA. MICROENCAPSULACIÓN DE BACTERIAS LÁCTICAS CON PECTINA DE *Opuntia ficus indica* (TUNA).

LIRIO¹, L.M.; SOSA¹, C.A.; LARROSA¹, N.; RIBOTTA^{1,2}, P.D.

1-Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería química

2-Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (CONICET-UNC).

RESUMEN

La microencapsulación es una tecnología usada en numerosas industrias. Una aplicación muy importante en alimentos, desarrollada en los últimos años, es la encapsulación de bacterias probióticas para protegerlas hasta llegar a su sitio de acción, el sistema gastrointestinal. Dichas bacterias aportan a los alimentos beneficios preventivos y/o terapéuticos. Existen varios agentes encapsulantes utilizados, entre los que se destacan gomas, carbohidratos, celulosas, lípidos, proteínas y materiales inorgánicos.

En Latinoamérica, el mercado del nopal (*Opuntia ficus indica*) está en creciente desarrollo y en nuestro país se produce actualmente el 8% anual de la producción mundial. Las provincias productoras como Tucumán, Santiago de Estero, Córdoba, Jujuy, La Rioja, San Juan y Catamarca, aprovechan de la planta tanto la penca como la fruta (tuna). Su cáscara se considera un residuo en la industria de la tuna y representa alrededor del 40 % de la fruta. Al no ser comestible y de difícil separación de la pulpa, hay un escaso interés en su procesamiento. Un componente útil de este residuo es la fracción péctica (pectina), su aprovechamiento brinda la posibilidad de incrementar el valor agregado de la tuna. Además, provee una alternativa de uso a través de la microencapsulación de aditivos alimentarios, donde la gama de materiales utilizados es limitada.

En el presente trabajo se desarrolló un proceso de extracción de la pectina presente en la cáscara de tuna y se estudió su posible funcionalidad como agente encapsulante de bacterias lácticas. La encapsulación se realizó mediante atomización de la suspensión de hidrocoloide (pectina de tuna y alginato de sodio como material de pared control) sobre solución de CaCl₂. Se encapsularon dos cepas de lactobacilos y se evaluaron las cápsulas mediante ensayos de morfología (microscopía electrónica de barrido y óptica), distribución de tamaño, carga microbiana, rendimiento de encapsulación y resistencia a refrigeración y a jugos gastrointestinales simulados. Se evaluaron diferentes procedimientos de extracción de la pectina. El mejor resultado se obtuvo mediante extracción con agua y EDTA 0,5% (p/V), precipitación con etanol, centrifugación y secado en estufa (50 °C); el rendimiento obtenido fue de ~8% p/p. La carga microbiana fue de ~10¹⁰ UFC/g cápsula de pectina. La viabilidad de las bacterias lácticas durante la refrigeración para las dos cepas encapsuladas con la pectina fue de 80 y 87% a los 6 días y, de 74 y 82% a los 14 días. Al ensayo de simulación de jugos gastrointestinales sólo sobrevivieron las bacterias encapsuladas con pectina.

43RA. CAPACIDAD ACIDIFICANTE DE CEPAS AUTÓCTONAS DE BACTERIAS LÁCTICAS DE ORIGEN CAPRINO: VALORACIÓN EN LA MATRIZ QUESERA

TABOADA, N.; ARANDA, D.; MOLINA, M.; LOPEZ ALZOGARAY, S.

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos - Facultad de Agronomía y Agroindustrias - Universidad Nacional de Santiago del Estero - Av. Belgrano 1912 (S), Santiago del Estero, Argentina.
s.lopezalzoagaray27@gmail.com

RESUMEN

En la elaboración de quesos de buena calidad, tecnológicamente es necesario que la velocidad de crecimiento de las bacterias lácticas (BL) que constituyen el cultivo iniciador asegure la producción de ácido láctico a la velocidad requerida, a fin de lograr el óptimo descenso del pH en la cuajada; esto permite obtener un coágulo firme con el adecuado drenaje del suero e impide el desarrollo de gérmenes patógenos e indeseables.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad acidificante de cepas de BL en condiciones similares a las que tienen lugar durante la elaboración de quesos caprinos artesanales. Para ello, se seleccionaron 22 cepas autóctonas aisladas de productos lácteos de origen caprino: 11 *L. plantarum*, 2 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, 2 *S. salivarius* subsp. *thermophilus* y 6 *Pediococcus* sp.

200 ml de leche caprina pasteurizada (63-65°C 30 minutos), con el añadido de Ca Cl₂ al 0,2 g/l, se inocularon (al 1 y 2%) con cada una de las cepas en estudio. Se esperó que la acidez se incrementara en 1 a 2 °D. Se añadió la mínima cantidad de cuajo comercial para obtener un coágulo firme en 40 a 45 minutos. Se midió el tiempo transcurrido hasta alcanzar un rango de pH entre 5,2 y 5,5 manteniendo constante la temperatura entre 38-40°C. Se consideró óptimo un lapso entre 4 a 5 h.

Los resultados mostraron que las cepas *S. salivarius* subsp. *thermophilus* UNSE314 y UNSE315 se comportaron como rápidas productoras de ácido láctico, alcanzando valores de pH 5,28 y 5,34, respectivamente, después de 5 h de incubación.

L. plantarum UNSE: 287, 316 y 317 evidenciaron significativos incrementos en la acidez, alcanzando valores de pH de 5,32; 5,29 y 5,43 respectivamente. De las 22 cepas estudiadas, *L. plantarum* UNSE316 exhibió la mayor capacidad acidificante. Las cepas de *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* disminuyeron el pH de la cuajada lentamente en relación a las cepas de *L. plantarum*. *Pediococcus* habitualmente no se incluye en los cultivos iniciadores ya que su velocidad de acidificación es lenta (ninguna de las cepas estudiadas alcanzó los niveles óptimos), pero es frecuente usarlos como cultivos adjuntos por su contribución al aroma y al sabor de los quesos.

Los resultados mostraron que el modelo empleado permite conocer el comportamiento individual de las cepas en estudio, cuantificando la capacidad de acidificación en las condiciones reales de elaboración.

**44RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO
MICROBIOLÓGICA DE MÊIS DE ABELHA COMERCIALIZADOS EM
TERESINA-PI**

**REIS, D. C. C.¹; SILVA, F. W. S.¹; SOUSA, P. S.¹; SILVA, E. F.¹; SILVA, M. J. M.¹;
NASCIMENTO, A. M. C. B.¹**

**¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.**

E-mail: reis.dilson@hotmail.com

RESUMO

As características físico-químicas do mel de abelha ainda são pouco conhecidas, principalmente nas regiões tropicais, onde a flora apícola é bastante diversificada. Embora seja um produto que, apresente elevado grau de resistência à proliferação de microrganismos, a ação de fatores externos, como ambientais, condições de manipulação e estocagem, pode influenciar negativamente em sua qualidade final. Sendo assim, esta pesquisa teve por objetivo a avaliação das características físico-químicas e microbiológicas do mel de abelha não inspecionado comercializado no centro da cidade de Teresina-PI. O método abordado nesta pesquisa utilizou as análises físico-químicas do IAL (2008) e seguiu as recomendações da APHA (1992) nas análises microbiológicas. Obtiveram-se os resultados de todas as amostras dentro do padrão para acidez. Os teores de vitamina C apresentaram-se em intervalo de 1,23 a 5,12 mg de ácido ascórbico por 100g de mel. Apenas duas amostras ultrapassaram o limite de umidade. Nenhuma amostra apresentou cinzas fora do exigido pela legislação brasileira. O pH de três amostras mostrou-se fora da faixa estabelecida na legislação. Todas as amostras de mel de abelha encontraram-se fora do padrão para açúcares redutores. Já para os açúcares não-redutores apenas duas amostras estavam em conformidade com a legislação. Os valores obtidos na análise de coliformes totais e termotolerantes encontraram-se abaixo de 3,0 NMP/g, essa contaminação pode ser resultante de prática de manipulação deficiente. Na verificação de bolores e leveduras somente uma amostra apresentou crescimento de $1,0 \times 10^2$ UFC/g, muito próximo ao encontrado em outros estudos. Alguns destes méis apresentaram-se fora dos padrões exigidos por lei em um ou outro parâmetro físico-químico. No entanto, os méis analisados não oferecem risco microbiológico à saúde do consumidor e não compromete a saúde pública.

45RA. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE MÉIS NÃO INSPECIONADOS COMERCIALIZADOS NO CENTRO DE TERESINA – PI

REIS, D. C. C.¹; SILVA, F. W. S.¹; SOUSA, P. S.¹; SILVA, E. F.¹; SILVA, M. J. M.¹;
NASCIMENTO, A. M. C. B.¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: reis.dilson@hotmail.com

RESUMO

O mel é o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas. Embora seja um produto que, por suas características físicas e químicas, apresente elevado grau de resistência à proliferação de microrganismos, a ação de fatores externos, como ambientais, condições de manipulação e estocagem, pode influenciar negativamente em sua qualidade final. Sabe-se que ainda há extração do produto de forma artesanal, possibilitando a contaminação microbiológica acima do admissível pela legislação brasileira, causando danos à saúde e desqualificando o produto para consumo, beneficiamento e/ou comercialização. Sendo assim, esta pesquisa teve por objetivo analisar a qualidade microbiológica do mel comercializado sem inspeção no centro da cidade de Teresina – PI. As amostras de mel foram adquiridas em compra direta nos diferentes estabelecimentos no comércio informal do centro da cidade de Teresina – PI. O método abordado nesta pesquisa seguiu as recomendações da APHA (1992), determinando assim coliformes totais e termotolerantes, bem como bolores e leveduras. A legislação brasileira prevê padrão microbiológico apenas para *Salmonella* sp. (ausência em 25g de mel). Os valores obtidos na análise de coliformes totais e termotolerantes encontraram-se abaixo de 3,0 NMP/g, tendo apenas uma amostra com valor 11,0 NMP/g, apresentando coliformes totais, embora seja baixo o índice, essa contaminação pode ser resultante de prática de manipulação deficiente. Na verificação de bolores e leveduras somente uma amostra apresentou crescimento de $1,0 \times 10^2$ UFC/g, muito próximo ao encontrado em outros estudos. Observa-se que a maioria dos méis não inspecionados comercializados no centro de Teresina – PI estão aptos para consumo, não oferecendo risco microbiológico à saúde do consumidor e não comprometendo a saúde pública, considerando a disseminação desse produto por apresentar preços populares e ser comercializado em local de grande circulação de pessoas.

**46RA. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE
COMPOSTOS DE MEL DE ABELHA NÃO INSPECIONADO
COMERCIALIZADO EM TERESINA – PI**

**REIS, D. C. C.¹; SILVA, F. W. S.¹; SOUSA, P. S.¹; SILVA, E. F.¹; SILVA, M. J. M.¹;
NASCIMENTO, A. M. C. B.¹**

**¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.**

E-mail: reis.dilson@hotmail.com

RESUMO

Mel é o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas a partir do néctar das flores, das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas das plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colméia. Atualmente, o mel vem sendo ofertado ao consumidor não somente como alimento. Encontra-se disponibilizado uma nova versão com propósito terapêutico, na qual ao mel foram adicionados extratos de vegetais (raízes, folhas, caule, flores) e também outras substâncias como própolis e vitaminas sendo denominado de composto de mel. Estudos estão sendo requeridos para que o composto de mel tenha suas características físicas, químicas e microbiológicas estabelecidas, visto que a sua comercialização tem encontrado obstáculos devido à falta de informações técnicas e científicas. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar físico-quimicamente compostos de mel comercializados sem fiscalização no centro de Teresina – PI. Para fins de comparação utilizaram-se padrões estabelecidos na Instrução Normativa nº 11/2000, que se refere a identidade e qualidade do mel. Todos os valores encontrados para acidez dos compostos de mel encontraram-se fora dos parâmetros para mel puro, contudo não desqualificando tal produto já que não existem padrões para tal. Referente ao teor de vitamina C presente nos compostos de mel, estes valores diferiram bastante entre as amostras, porém apesar de encontrado valores pequenos para o teor de vitamina C, este parâmetro é potencialmente a melhor ferramenta para a comercialização deste produto. Com relação ao valor de umidade, todas as amostras se mantiveram dentro do permitido pela legislação vigente no Brasil para o mel de abelha. Apenas uma amostra apresentou pH elevado, que ultrapassou o limite máximo para faixa de pH de 3,3 a 4,6 recomendado pela Portaria SIPA 006/85 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Todas as amostras apresentaram valores médios para cinzas dentro do padrão exigido por lei. Através da análise de características físico-químicas de compostos de mel comercializados sem inspeção no centro da cidade de Teresina – PI pode-se inferir que os compostos de mel são produtos diferentes do mel, necessitando de legislação específica as suas características. No entanto, recomenda-se uma maior fiscalização quanto à comercialização do mesmo em pontos informais.

47RA. SECADO A PRESIÓN REDUCIDA DE NARANJAS (Cv. Valencia Late) PRE-TRATADAS OSMOTICAMENTE

BOCCALATTE F.L.^{1,2}, MASCHERONI R.H.^{3,4}, PAGANO A.M.^{1,2}

¹CICPBA, UNICEN-UNLP

²TECSE, Facultad de Ingeniería - UNICEN, Olavarría, Buenos Aires, Argentina

³CIDCA-UNLP, ⁴CIDCA (CONICET La Plata y UNLP) y MODIAL

RESUMEN

Se ha estudiado la deshidratación de naranjas (cv. Valencia Late) empleando técnicas de osmosis (DO) y secado a presión reducida (SPR) –individuales y combinadas (DO seguida de SPR) – bajo diferentes condiciones: DO: tipo de agente osmótico (sacarosa, glucosa), concentración (20, 40, 60% p/p), temperatura del jarabe (20, 40, 60°C), tiempo (rango: 0-240 min), con relación fruta:jarabe constante de 1:10 sin agitación; SPR: temperatura (20, 40, 60°C), tiempo de SPR (0-240 min), vacío constante de 40 mmHg. En primer lugar se evaluó el proceso individual de DO mediante la metodología de superficie de respuesta a fin de establecer las mejores condiciones para obtener la máxima pérdida de agua (WL) con una moderada incorporación de sólidos solubles (SG). El análisis de optimización de respuestas múltiple permitió establecer que tanto en solución de sacarosa como en glucosa a una concentración de 60% p/p a 20°C es posible obtener una WL máxima de 40.2% y una SG de 17.3% en un tiempo de proceso de

221.7 minutos. En el mismo sentido, se determinaron las condiciones óptimas para el tratamiento individual de SPR que resultaron 60°C a un tiempo

En el estudio de los procesos combinados, se evaluó el efecto de un pre-tratamiento por DO en condiciones óptimas de proceso (sacarosa, 20% p/p, 20 °C) sobre el SPR. El proceso combinado (DO+SPR) redujo los tiempos de tratamiento del tratamiento individual por SPR para alcanzar un determinado contenido de humedad final.

Por otro lado, basándose en un modelo difusional fueron calculadas las difusividades efectivas de humedad para las diferentes temperaturas de SPR de las frutas frescas y pre-deshidratadas por ósmosis, observándose que los coeficientes de difusión del agua fueron mayores para las muestras DO+SPR: $1,0523 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ (20°C); $2,1553 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ (40°C) y $6,8613 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ (60°C) frente a los siguientes valores de difusividad para el SPR: $4,1330 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ (20°C); $3,5427 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ (40°C) y $1,3503 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ (60°C). Sobre la base de estos resultados, mediante una ecuación tipo Arrhenius se determinó la energía de activación para la deshidratación de las naranjas predeshidratadas por ósmosis.

Palabras claves: secado de frutas, procesos combinados de deshidratación, difusividad de humedad.

**48RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PITOMBAS (*Talisia esculenta*
Radlk.) NATIVAS DO CERRADO PIAUIENSE**

**SOUSA, P. B.^{1*}; SILVA, E. F.¹; SILVA, F. W. S.¹; REIS, D. C. C.¹; SILVA, M. J. M.¹;
TEIXEIRA, P. R. S.¹**

**1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.**

***E-mail: pollysousa100@hotmail.com**

RESUMO

A flora do cerrado possui diversas espécies frutíferas com grande potencial de utilização agrícola, que são tradicionalmente utilizadas pela população local. Dentre estas frutíferas nativas do cerrado encontra-se a pitomba. A pitombeira pertencente à família *Sapindaceae*, é uma frutífera cultivada em pomares domésticos, principalmente nas regiões tropicais do país e freqüentemente na natureza, em seu habitat natural na mata de terra firme da parte ocidental da região amazônica e na mata atlântica, desde o Nordeste até o Rio de Janeiro. Os frutos são bagas subglobosas, apiculadas, com 1-2 sementes grandes cobertas por arilo fino, suculento e translúcido, de sabor acidulado; maturação de janeiro a março. Vale salientar que no Brasil, os nomes populares mais comuns para esta espécie são pitomba e pitombeira. Há grande potencialidade para o seu cultivo tornar-se comercial em virtude do seu fruto ter grande apreciação no mercado consumidor nacional e internacional. Esta espécie possui propriedades medicinais, sendo o chá das sementes utilizado nos problemas de desidratação, enquanto o das folhas é recomendado para as dores nos rins e quadris, sendo o fruto utilizado para curtir aguardente-de-cana e fazer licores. As sementes da pitombeira quando cozidas são ainda utilizadas para tratamento contra diarreias. Devido à escassez de pesquisas relacionadas com espécies frutíferas nativas, e levando em consideração a importância econômica desta espécie, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as características físico-químicas de frutos de pitombeiras nativas do cerrado piauiense. Analisou-se pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), relação SST/ATT, Vitamina C, Umidade e Resíduos Minerais Fixos, todos estes conforme as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. A média dos resultados obtidos nas determinações foram pH 3,75, ATT 1,81%, SST 18,86°Brix, Relação SST/ATT 10,23%, Vitamina C 2,97mg/100g, Umidade 80,19% e Resíduos Minerais Fixos 0,98%. A partir das análises realizadas observou-se que a pitomba possui atributos físico-químicos desejáveis para a agroindústria de polpas uma vez que possui elevadores teores de acidez e sólidos solúveis, porém, deve-se atentar para o elevado teor de umidade que favorece a sua perecibilidade.

**49RA. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LICHIAS (*Litchi chinensis* Sonn.)
COMERCIALIZADAS EM TERESINA-PIAUI**

**SOUSA, P. B.^{1*}; SILVA, E. F.¹; SILVA, F. W. S.¹; REIS, D. C. C.¹; SILVA, M. J. M.¹;
NASCIMENTO, V. L. V.¹**

**2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.**

***E-mail: pollysousa100@hotmail.com**

RESUMO

A lichieira é uma frutífera subtropical originária do sul da china e introduzida no Brasil, sendo hoje amplamente cultivada no sudeste, tanto em pomares domésticos como comerciais. Os frutos são globosos ou ovalados, de casca quebradiça, com polpa translúcida e doce; maturação no início de verão, sendo consumidas principalmente no seu estado natural. Este fruto é utilizado fresco, enlatado, desidratado ou processado em sucos, vinhos, picles, compotas, sorvetes e iogurtes tendo sua comercialização lenta, devido ao pouco conhecimento do modo de cultivo, bem como o curto tempo de vida desses frutos. O mercado brasileiro ainda é inexplorado porque a lichia considerada a rainha das frutas, ainda é desconhecida do consumidor brasileiro e o mercado potencial é enorme devido a qualidade de frutos e da época de comercialização no fim do ano. A qualidade dos frutos é atribuída às suas características físicas externas e físico-químicas da polpa, responsáveis pelo sabor, aroma e valor nutritivo. Portanto, esta pesquisa visou analisar as características físico-químicas da polpa, casca e semente de frutos de lichias comercializadas em Teresina – Piauí. Para tanto, analisou-se pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), relação SST/ATT, Vitamina C, Umidade e Resíduos Minerais Fixos. Todas as análises foram realizadas em triplicata e conforme as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. Os valores observados nesta pesquisa para polpa, casca e semente foram respectivamente: pH (6,9; 6,18 e 6,54); ATT (0,18; 0,13 e 0,07%); SST (18,03; 2,0 e 2,03°Brix); Relação SST/ATT (100,36; 15,32 e 32,22%); Vitamina C (24,63; 0,92 e 0,84 mg/100g); Umidade (81,42; 69,39 e 45,74%) e Resíduos Minerais Fixos (0,95; 0,99 e ,99%). A partir das análises realizadas observou-se que o valor de pH desfavorece a sua vida útil de prateleira, estando acima da faixa considerada segura. A polpa apresentou alta relação SST / ATT, uma alta umidade o que torna este fruto perecível e quantidades apreciáveis de vitamina C, acidez e cinzas. Com relação à conservação, alternativas devem ser propostas para prolongar a vida útil deste fruto uma vez que é altamente perecível.

50RA. PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DE FRUTOS DE LICHIAS

SOUSA, P. B.^{1*}; SILVA, E. F.¹; SILVA, F. W. S.¹; REIS, D. C. C.¹; SILVA, M. J. M.¹; NASCIMENTO, V. L. V.¹

3. Curso de graduação em Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

*E-mail: pollysousa100@hotmail.com

RESUMO

A lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) pertence à família *Sapindaceae*, sendo uma frutífera subtropical originária do sul da china e introduzida no Brasil em 1810. Este fruto possui aceitação em todo o mundo e há interesses inclusive de países produtores, devido à oferta de frutos fora de época ou na entressafra. Essa fruta tem uma grande aceitação na Europa e nos Estados Unidos. No Brasil é considerada uma fruta exótica. Os alimentos à base de frutas e vegetais contém não apenas os principais nutrientes essenciais, tais como gordura, proteína, carboidrato, fibras e micronutrientes (vitaminas e sais minerais), mas também um grande número de compostos não nutrientes que são os fitoquímicos. Os fitoquímicos são substâncias biologicamente ativas, de ocorrência natural em vegetais, que atuam como sistemas de defesa natural em vegetais e mostram potencial de reduzir o risco de câncer e doença cardiovascular. Dentre eles, destacam-se os flavonóides, os carotenóides, antocianinas, polifenóis, taninos, alcalóides, fenóis. A lichia é caracterizada pela presença de substâncias fenólicas como as antocianinas, flavonóides e taninos condensados. Dentro deste contexto e, devido aos escassos dados sobre as frutas tropicais exóticas, objetivou-se com esta pesquisa realizar testes qualitativos na casca, polpa e na semente da lichia, verificando a presença de fitoquímicos através de técnicas possíveis com extratos hidroalcoólicos deste fruto. Os testes foram realizados seguindo a metodologia preconizada proposta no manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos de vegetais da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os resultados obtidos a partir das análises foi observado que tanto a casca, polpa e a semente apresentaram resultados positivos para alcalóides e saponinas. As antocianinas e as antocianidinas foram presentes apenas na casca. O teste de leucoantocianidina foi confirmativo para a polpa e negativa para a casca e a semente. No entanto, algumas substâncias como flavonóis, flavonas, flavanonas e xantonas foram positivos para a polpa e a semente e negativos para a casca. Verificou-se a ausência de taninos pirogálicos nos extratos analisados. Os testes para os taninos condensados foram positivos para a semente e negativo para a casca e a polpa. Apesar do trabalho em questão haver identificado diversas substâncias biologicamente ativas de comprovada atividade antioxidante, mais pesquisas deverão ser conduzidas para quantificar essas substâncias presentes no fruto, garantindo o consumo seguro e aproveitamento mais eficiente dessas substâncias e assimilação de seus efeitos benéficos à saúde humana.

51RA. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL DESHIDRADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

**J. RUBIO.¹, J. CERIONI.², F.LÓPEZ.³, H.FERRO.⁴, F. GENOVESE.⁵ P.
URFALINO.⁶ A. QUIROGA.⁷, A .QUILES⁸**

**1,2,3,4,5 y 8 Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael,
Urquiza 314, C.P. 5600, San Rafael, Mza., Argentina.**

**6 y 7 Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída. INTA. Argentina.
E-mail: ingcerioni@yahoo.com.ar Tel/Fax 02627- 421078**

RESUMEN

Las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar, se desarrollaron en gran medida durante la crisis del petróleo a mediados de la década de los 70', aunque los conceptos básicos se conocían desde mucho antes. El aprovechamiento térmico de la energía solar está relacionada con dos fenómenos físicos: el fenómeno del cuerpo negro y el efecto invernadero. El primero consiste en lo siguiente; si sobre un cuerpo pintado de negro, se hace incidir un haz luminoso, luego de que se corta la fuente de luz, el cuerpo negro en forma espontánea emite cierta energía (en forma de calor), el segundo consiste en que la energía liberada por el cuerpo negro quede retenida entre este y el material utilizado para generarlo. Los secadores solares más difundidos, consisten en una estructura de invernadero, donde el aire se renueva en forma constante, por un extremo ingresa aire fresco y por el otro sale el mismo aire pero con mayor temperatura. Este se puede aprovechar para deshidratar frutas y hortalizas. Se han desarrollado múltiples modelos de secador, aprovechando distintos materiales plásticos para producir el efecto invernadero. Sin embargo, la limitante mayor que tienen estos diseños, es que se necesita una gran superficie para calentar el aire, lo que se traduce en espacio e infraestructura cara inutilizada. La tecnología desarrollada en este proyecto se basa en los conceptos mencionados anteriormente, nuestro sistema consta de colectores solares con una superficie total de 400 metros cuadrado con el fin de elevar el estado térmico del aire a introducir en el horno de secado, para la extracción de humedad de la frutas y hortalizas. En el primer ensayo realizado a la fecha se determinó una elevación de la temperatura del aire promedio de 20°C con respecto a la temperatura atmosférica. En la experiencia se cargó el horno con 1000 kilos de damascos frescos obteniendo como producto alrededor de 200 kilos de fruta seca. Como conclusión general podemos determinar que es posible su aplicación en el secado de fruta y hortalizas en nuestra región.

52RA. APLICACIÓN DE UNA PREPARACIÓN PECTINOLÍTICA DE ORIGEN BACTERIANO EN MICROVINIFICACIONES EN TINTO A BAJA TEMPERATURA

MARTÍN, M.C.^{1,2}; MORATA, V.I.^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – UNCUYO. B. De Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, Argentina.

² CONICET.

vmorata@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

La adición de enzimas pectinolíticas (pectinasas) es una práctica común en la elaboración de vinos. Estas son utilizadas tanto para mejorar la extracción de color y aumentar el rendimiento en mosto, como para facilitar las etapas de clarificación y filtración. Por otra parte, el uso de bajas temperaturas resulta de gran interés enológico, ya que promueve una extracción selectiva del color y aumenta y preserva compuestos volátiles, mejorando el perfil aromático de los vinos. En trabajos previos se ha aislado y caracterizado a la cepa *Bacillus* sp. CH15 como fuente microbiana productora de pectinasas acídicas y activas a baja temperatura. A partir de esta se obtiene el preparado pectinolítico crudo CH15 (PPC CH15), consistente en el sobrenadante libre de células del cultivo bacteriano crecido en caldo conteniendo pectina como única fuente de carbono. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades biotecnológicas del PPC CH15 en procesos de vinificaciones en tinto (var. Malbec) conducidos a bajas temperaturas. Las microvinificaciones consistieron en dos etapas, una primera, de maceración pre-fermentativa en frío (MPF) realizada a 5°C–24 h, seguida de una fermentación a baja temperatura (FBT) llevada a cabo a 20°C durante 11 días con la inoculación de levaduras comerciales. El ensayo incluyó un tratamiento con el PPC CH15, uno con una pectinasa comercial y un tratamiento control (sin pectinasas). Paralelamente, una fermentación tradicional llevada a cabo a 28°C, sin pectinasas, fue realizada. Las fermentaciones se siguieron por medición diaria del grado Boumé. Concluidas las mismas, los vinos se descubaron, se trasvasaron dos veces y se conservaron en botellas a 15–20°C. La evolución del color fue seguida espectrofotométricamente y los compuestos volátiles se determinaron por microextracción en fase sólida del espacio de cabeza (HS-SPME) y cromatografía gaseosa-espectrometría de masas (GC-MS). Todos los vinos alcanzaron altos contenidos en etanol y mostraron parámetros físico-químicos normales. El vino obtenido con el uso del PPC CH15 mostró una cinética fermentativa más acelerada que la de los demás vinos, fue significativamente más coloreado que su respectivo control y mostró características cromáticas (Índice de Color, Intensidad Colorante y Matiz) comparables a las del vino obtenido con la pectinasa comercial. A los 6 meses de estiba en botella, el vino tratado mostró un mejor perfil aromático que el elaborado en forma tradicional. Por lo que se podría sugerir que el uso del PPC CH15 en vinificaciones en tinto conducidas a bajas temperaturas resultaría una conveniente alternativa para producir vinos finos de alta calidad.

53RA. EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DE FRITURA SOBRE EL COLOR Y HUMEDAD DEL MANÍ FRITO-SALADO

GROSSO, A.L.; NEPOTE, V.

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba y FCEfyN, UNC, IMBIV-CONICET - antogrosso@hotmail.com

RESUMEN

El maní frito-salado es uno de los principales productos derivados de maní consumido en el mundo. Este producto se comercializa con una humedad que varía entre el 1% - 2,5%. Variaciones en las condiciones de fritura afectan las propiedades sensoriales del producto tales como color, textura y sabor. La preferencia de los consumidores marca que el producto debe ser de un color tostado claro pero que a su vez la humedad sea baja para lograr un mayor desarrollo del sabor. Durante el proceso de freído de los granos de maní se pueden controlar dos variables, el tiempo de residencia de los granos en el aceite de fritura y la temperatura del aceite utilizado en el proceso. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto que tiene la temperatura del aceite usado en el proceso de freído sobre el color del maní frito-salado.

Se utilizaron granos de maní pelados, cosecha 2009. El maní fue preparado en un freidor continuo industrial utilizando aceite refinado de girasol como aceite de fritura. El proceso se realizó a distintas temperaturas: 150, 155, 160 y 165°C. Al producto final, se le determinó humedad y se le midió el color utilizando un colorímetro HunterLab expresando el mismo en unidades "L". Análisis estadístico: varianza, test LSD Fisher y regresión de variables dependientes (color) sobre la temperatura del proceso.

Se observó que a medida que se disminuyó la temperatura del aceite del freidor, si bien se aumentó el tiempo de residencia (TR), se logró obtener un producto con color de tostado más claro. La muestra preparada a 165°C (TR = 4' 20''), el producto tuvo un color mas oscuro con un L=40,67 con un porcentaje de humedad de 1,97%. Mientras que en la muestra preparada a 150°C (7' 30''), el color fue más claro con un valor de L=44,65 con un porcentaje de humedad de 1,98%. En función de estos resultados, se realizó la regresión de los diferentes grados de tostado del producto en función de la temperatura del freidor: $Y = - 0,2496X + 82,42$; donde **Y** = a color medido en "L" y **X** = a temperatura en °C.

Esta ecuación de regresión permite estimar la temperatura de freído para obtener un determinado color del producto final manteniendo constante el nivel de humedad.

El control de temperatura del proceso de fritura es fundamental para lograr un maní frito-salado con mejores cualidades sensoriales.

54RA. POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DA POLPA DE ABÓBORA AVALIADOS PELO MÉTODO DO DPPH E FRAP

*GLÓRIA, L. L.; *BERNARDES, N. R.; *PINHEIRO, L. Z.; *REIS, C. N.;
*SOUZA, R. D.; *ARANTES, M. B. S.; **CHAVES, D. S. A.; *OLIVEIRA, D. B.

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil.

**Departamento de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Seropédica – RJ, Brasil.

lorena_limagloria@hotmail.com

RESUMO

O gênero *Cucurbita* é natural das Américas e a abóbora (*C. moschata*) é utilizada como importante fonte nutritiva à população carente por ser rica em vitamina A, vitaminas do complexo B, cálcio, magnésio, ferro, potássio e sódio. Essa leguminosa também apresenta propriedades medicinais como ação antioxidante, anti-diabética, anti-cancerígena e anti-inflamatória devido a presença de substâncias ativas pertencentes às classes de alcalóides, flavonóides, ácidos oléico e linoléico. As substâncias antioxidantes podem inibir ou retardar a oxidação de lipídeos e outras moléculas, evitando o início ou a propagação das reações em cadeia de oxidação. Com isso essas substâncias podem neutralizar os efeitos nocivos dos radicais livres nos tecidos, protegendo nosso organismo contra inúmeras doenças. Recentemente, tem havido um grande aumento de interesse em recursos naturais fitoquímicos como antioxidantes de origem vegetal, uma vez que são vistos como promissores agentes terapêuticos para patologias provenientes de radicais livres além de serem menos tóxicos. O objetivo deste trabalho é avaliar o perfil químico do extrato metanólico da polpa de abóbora por CLAE, a atividade antioxidante pelo método do DPPH e pelo método de redução do ferro (FRAP), o que poderia justificar seu uso como um alimento funcional. O método de extração consistiu em maceração estática da polpa da abóbora com metanol 100% (10% p/v) em temperatura ambiente. O perfil químico do extrato metanólico foi verificado através da CLAE na concentração de 10 mg/mL, a coluna utilizada foi a RP-18, detecção nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm e volume de injeção de 20 µL. O extrato foi submetido à avaliação da atividade antioxidante pelo método do radical livre estável DPPH (1, 0.1, 0.001 mg/mL) e leitura no espectrofotômetro a 515 nm (n=3) e, em seguida pelo método de redução do ferro (FRAP) (1mg/mL) com leitura a 595nm (n=3). O perfil químico apresentou um cromatograma com tempo de retenção variando de 3 a 26 minutos sendo que 5 picos foram observados nos dois comprimentos de onda (254 e 350 nm) podendo indicar substâncias fenólicas de interesse. O valor da atividade antioxidante do extrato da abóbora pelo método do DPPH mostrou-se bastante expressivo na concentração de 0.001 mg/ml (83,6%). Pelo método do FRAP também se verificou atividade antioxidante com 74,4 µM de Trolox/mg de extrato. Os resultados obtidos mostraram que o extrato da polpa da abóbora atua como sequestrador de radicais livres e, estudos mais aprofundados irão possibilitar o uso dessa leguminosa como alimento funcional.

**55RA. RELACIÓN ENTRE CARACTERES SENSORIALES Y FÍSICO-
QUÍMICOS EN TOMATES CRIOLLOS PARA CONSUMO EN FRESCO,
INDUSTRIA Y TIPO CHERRY**

SANCE, M. M.^{1,3}; OCCHIUTO, P. N.¹; ASPRELLI, P.^{1,2} y PERALTA, I.E.^{1,4}
E-mail: msance@fca.uncu.edu.ar

**1 Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, Almirante Brown 500 CC7 M5528AHB.
Chacras de Coria, Mendoza, Argentina.**

2 EEA INTA La Consulta, Mendoza, Argentina.

3 Becaria posdoctoral CONICET

4 Investigador CONICET

RESUMEN

En los últimos años, se han reemplazado las variedades tradicionales de tomate por híbridos de mayor rendimiento y duración en góndola, sin embargo presentan características organolépticas deficientes. Los consumidores prefieren tomates con buen aroma, sabor y mayor conservación. El objetivo fue analizar sensorialmente variedades tradicionales de tomate y su relación con parámetros físico-químicos. Se evaluaron seis entradas de tomates criollos para consumo en fresco, cinco tipo perita con destino a industria, dos tipo cherry y una introducción silvestre. En cada grupo se utilizó un testigo comercial. La evaluación sensorial fue realizada por un panel semi-entrenado de 20 personas. En las pruebas descriptivas se usaron escalas semi-estructuradas para las determinaciones del aspecto interno y externo, y apreciaciones sensoriales de sabor, olor y textura. A partir de las frecuencias relativas de 13 caracteres cualitativos, se realizó un análisis de coordenadas principales (ACoP). Los parámetros físico-químicos tomados fueron: sólidos solubles, materia seca, pH y acidez titulable, los resultados fueron analizados por ANOVA. Las primeras tres dimensiones del ACoP abarcaron un 57% de la variabilidad. La dispersión de los materiales en las dos primeras coordenadas generó un grupo central con características asociadas a buen aspecto y sabor, a su vez distinguibles por la intensidad sensorial. Los testigos para consumo en fresco y para procesado, junto con el material silvestre, se apartaron del grupo central por aspectos de calidad visual y organoléptica. Los parámetros físico-químicos confirmaron el agrupamiento anterior, encontrándose diferencias significativas entre los grupos (fresco, perita y cherry). La entrada silvestre se diferenció del resto de los grupos en todos los aspectos estudiados. Todos los cherries se separaron del resto por su elevado contenido de sólidos totales y solubles. En cuanto al pH el testigo platense y el perita tuvieron altos valores (4,3 y 4,8 respectivamente). La diversidad encontrada en esta colección y el conocimiento de las preferencias de los consumidores, resultan cruciales para el desarrollo de planes de mejoramiento. El material silvestre presentó características promisorias para ser utilizado como potencial recurso genético.

56RA. MODIFICACION DE SORCION DE AGUA, GRADO DE DENSIFICACION Y MOVILIDAD MOLECULAR DE PELICULAS DE GELATINA DE BOVINO EN ESTADO VITREO POR ADICION DE GLICEROL Y SORBITOL.

DIAZ, P.¹; MATIACEVICH, S.¹; SCHEBOR, C.²; ENRIONE, J.¹

¹**Departamento de Ciencias y Tecnología de Alimentos - Facultad Tecnológica - Universidad de Santiago de Chile - Chile. javier.enrione@usach.cl**

²**Departamento de Industrias - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires - Argentina.**

RESUMEN

Estudios recientes en carbohidratos simples han mostrado que a temperaturas bajo su temperatura de transición vítrea (T_g), la adición de plastificantes (compuestos de bajo peso molecular) puede densificar la matriz, afectando sus propiedades estructurales y por lo tanto su interacción con el agua. A pesar de la relevancia que este fenómeno posee en tecnologías de encapsulación y desarrollo de películas comestibles, existe poco conocimiento en matrices proteicas. Este trabajo busca estudiar el efecto de dos plastificantes de distinto peso molecular sobre la sorción de agua, volumen específico y movilidad molecular de películas a base de gelatina, hidrocloide ampliamente utilizado en la industria de alimentos y farmacéutica.

Se elaboraron películas de gelatina de bovino (Rousselot, Bloom 220) desde soluciones al 7% p/v con glicerol y sorbitol (0-10% p/p) mediante casting a 5°C. Las películas (espesor ~0.3 mm) fueron mantenidas durante una semana en ambiente de humedad relativa (HR) ~0% utilizando P_2O_5 para luego ser almacenadas bajo condiciones de HR constante (11-44%, 20°C) utilizando soluciones salinas saturadas, hasta equilibrio termodinámico. Se ajustaron los modelos BET y Freundlich a las isotermas de sorción de agua obtenidas. El volumen específico (V_e) fue determinado mediante picnometría de gas utilizando helio. T_g se obtuvo mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). La movilidad molecular fue evaluada por resonancia nuclear magnética (H^1 -NMR) donde el tiempo de relajación T_2 fue determinado mediante FID (*Free Induction Decay*) después de la aplicación de un pulso de 90°.

El análisis mediante DSC confirmó el estado vítreo de todas las muestras a 20°C. Los valores de ΔC_p asociados a T_g fueron mayores en gelatina-glicerol indicando diferencias en la fragilidad. La incorporación de plastificantes disminuyó el valor del límite de hidratación (m_{0BET}) y el valor de la constante $K_{Freundlich}$, lo cual revela cambios en la interacción agua-gelatina. Este resultado es consistente con la disminución de V_e observado al aumentar la concentración de plastificante, siendo mayor el grado de densificación en gelatina-glicerol. Sin embargo el análisis mediante H^1 -NMR confirmó que la movilidad molecular aumentó al incorporar plastificantes (mayor T_2), siendo mayor la movilidad en gelatina-glicerol.

Este estudio demuestra cambios en la microestructura y movilidad de una matriz de gelatina vítrea debido a la adición de plastificantes. Trabajos futuros explorarán la posibilidad de modular propiedades físicas relevantes a una liberación controlada de compuestos activos de alto valor a través de este tipo de matrices por adición de plastificantes.

57RA. HIDROLIZADOS PROTÉICOS OBTENIDOS A PARTIR DE CEBADA AGOTADA POR BACILLUS CEREUS CON PROPIEDADES FUNCIONALES Y ANTIMICROBIANAS MEJORADAS

KOTLAR, C. E.^{1,2}; PONCE, A.G.^{1,2}; ROURA, S.I.^{1,2}

1. Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

E-mail: ckotlar@fi.mdp.edu.ar

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

La cebada agotada (CA), residuo que queda después de la separación del mosto durante el proceso de elaboración de la cerveza, constituye una fuente rica en proteínas y fibras. Sin embargo, su destino principal es para la alimentación animal. La hidrólisis del residuo CA puede aumentar su valor agregado. En Kotlar y col., (2011) informamos la capacidad de *Bacillus cereus* de hidrolizar la CA.

El objetivo fue evaluar la aplicación potencial en alimentos de los hidrolizados en base a: 1) caracterización de las propiedades funcionales, 2) determinación de la actividad antimicrobiana, 3) caracterización térmica de los productos de hidrólisis.

El sustrato de fermentación, obtenido por pre-tratamiento de CA, fue sujeto a diferentes tiempos de hidrólisis (2, 8 y 24 hs) por acción de peptidasas de *B. cereus* para la obtención de hidrolizados proteicos. Seguidamente se realizó la inactivación térmica de las exoproteasas a 95°C por 5 min. Los productos de hidrólisis fueron liofilizados hasta sequedad determinando las siguientes propiedades funcionales en función de diferentes pH: solubilidad; claridad, como densidad óptica a 660 nm; formación y estabilidad de espuma; capacidad emulsificante; capacidad de gelificación y capacidad de absorción de agua y aceite. Las propiedades térmicas de los hidrolizados proteicos fueron medidas por calorimetría diferencial de barrido (DSC- 50 SHIMADZU). La capacidad antimicrobiana por difusión en agar contra *E. coli* y *L. monocytogenes*.

A lo largo del rango de pH evaluado, se encontró en aumento en la fracción de proteína soluble en función del tiempo de hidrólisis. La mínima solubilidad proteica fue observada a pH 4. La menor turbidez a pH 6. La mayor capacidad espumante, en el rango de pH de 2 a 6, con espumas más estables a pH 2. El tiempo de hidrólisis incrementó significativamente la capacidad emulsificante (27% y 63% para 2 y 24 hs., respectivamente). A mayores tiempos de hidrólisis mayor fue la capacidad de retención de aceite, 0,24mL/gr \pm 0,01 a 24 hs; contrariamente la capacidad de retención de agua disminuyó levemente. En el rango de 4 a 14 % (p/v) los hidrolizados no presentaron capacidad de gelificación. Los hidrolizados obtenidos resultaron altamente inhibidores de *E. coli*. La caracterización térmica de los hidrolizados y de la materia prima de partida indicó que durante el proceso de hidrólisis hubo una recuperación energética significativa.

Los hidrolizados proteicos de CA presentan el potencial de agregar valor a la industria cervecera y proporcionar una fuente accesible de proteínas vegetales con características funcionales y antimicrobianas a la industria de alimentos.

58RA. CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PEPTIDASAS EXTRACELULARES DE BACILLUS CEREUS

KOTLAR, C. E.^{1,2}; PONCE, A.G.^{1,2}; ROURA, S.I.^{1,2}

1. Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

E-mail: ckotlar@fi.mdp.edu.ar

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Los microorganismos representan una excelente fuente de peptidasas, grupo importante por su amplia aplicación en diversas industrias tales como industrias de alimentos, farmacéutica y biorremediación. En el presente trabajo, se realizó una purificación parcial y caracterización de peptidasas producidas por *Bacillus cereus*, microorganismo aislado previamente en este laboratorio, con especial énfasis en las propiedades antimicrobianas y en los métodos alternativos para la inactivación enzimática.

El extracto crudo enzimático fue aislado por centrifugación de un medio mínimo previamente optimizado (Kotlar y col., 2009) y finalmente el sobrenadante obtenido fue esterilizado por filtración. Se realizó la precipitación selectiva de distintas fracciones de la enzima cruda con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. El precipitado fue resuspendido en buffer Tris-Hcl pH 8 y dializado a 4°C por 24 hs. Sobre las fracciones dializadas se midió la capacidad proteolítica cuali (a través del método de difusión en agar) y cuantitativamente (azocaseína) y el contenido de proteínas solubles. Además estas fracciones fueron empleadas para evaluar la capacidad antimicrobiana por el método de difusión en agar (Ponce y col., 2003). Finalmente se determinó la actividad luego de dos tratamientos alternativos de inactivación enzimática: tratamiento térmico y ultrasonido.

De las concentraciones de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aplicadas, la preparación de proteína más activa fue obtenida a un nivel del 100% de saturación, incrementando significativamente la actividad específica. Sin embargo, la actividad de esta fracción no fue significativamente mayor a la de la enzima cruda. El mayor contenido de proteína soluble fue obtenido para 60 y 80% de saturación con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

En relación a la actividad antimicrobiana de las fracciones, no se encontró capacidad bacteriostática ni bactericida contra *Escherichia coli* ni contra *Listeria monocytogenes*.

Considerando la pérdida de actividad en las distintas fracciones en relación a la enzima cruda, se evaluó la inactivación de ésta última. La inactivación enzimática se ajustó a una cinética de primer orden ($R^2 = 0.9447$), el valor de z fue de 24.5°C y el menor valor D (1.688) fue hallado en las muestras expuestas a tratamientos térmicos de 95°C. El tratamiento con ultrasonido (50°C) incrementó la inactivación enzimática alcanzando valores de D de 5.593. Mientras que fue despreciable la inactivación por temperatura a 50°C, como indica el valor D de 1796.833.

Los resultados obtenidos resultan prometedores para la utilización de esta fuente enzimática a escala piloto. Sin embargo, con el fin de optimizar la acción proteolítica, el extracto crudo deberá ser sometido a subsiguientes etapas de purificación.

59RA. SOLUBILIZACIÓN, RECUPERACIÓN Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS DE CALAMAR (*Illex argentinus*). EFECTO DEL ESTADIO DE MADURACION SEXUAL

ORTIZ MIRANDA¹, G. S.; BRUNETTI, N.², N; PAREDI, M E.^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. UNMDP, Ruta 226 km 73,5m, Balcarce, Argentina

² Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP. Victoria S/N Mar del Plata.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia de BsAs
elima_1930@yahoo.com.ar

RESUMEN

En los últimos años se han incrementado las tecnologías y procesos tendientes a obtener proteínas de buena calidad. La solubilización y posterior recuperación de proteínas mediante la utilización de pHs extremos y precipitación isoeléctrica es el método más utilizado. El propósito del presente trabajo fue investigar la solubilización de las proteínas musculares de calamar por la modificación del pH de los homogenatos y posterior recuperación de las mismas en su punto isoeléctrico y analizar las propiedades funcionales, y la influencia del estadio de maduración sexual. Se utilizaron hembras de maduración avanzada (IV) e inicio de maduración (III). Los calamares procedentes de buques poteros, fueron congelados a bordo en bloques de (10kg) a -45°C, posteriormente se descabezaron, evisceraron y los mantos separados y colocados en bolsas de polietileno individualmente. Se utilizaron 10 ejemplares en cada caso. Los homogenatos se obtuvieron de porciones de 3 mantos, estos se llevaron hasta pH rango (1,5 a 12), por adición de 0,2 N de HCl o NaOH 0,2 N, respectivamente. La solubilidad de las proteínas fue determinada cuantificando las proteínas solubles a cada pH respecto al total luego de centrifugar los extractos a 10.000 xg durante 30 min utilizando el método de Lowry.. A los pH de mayor solubilización se recuperaron llevándolos a su pH isoeléctrico (pH 5,0). En las proteínas recuperadas se determinaron: Índice de actividad Emulsificante (IAE), estabilidad de la emulsión (EE), capacidad espumante (CE), estabilidad de espumas por el tiempo medio de drenado ($t_{1/2 D}$) y SDS-PAGE 10%.. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y test específicos. Los mayores valores de solubilización fueron obtenidos a pH 2 y 12. El porcentaje de proteína recuperada fue significativamente mayor a pH 12, siendo de 92 y 88 % para III y IV, respectivamente. Los perfiles electroforéticos, mostraron las presencias de las bandas características de las proteínas miofibrilares. Los IAE fueron significativamente mayores a pH 2 para proteínas para estadio IV. Este parámetro no mostró diferencias entre estadios a pH 12. La EE fue mayor ($p < 0,05$) en estadio III para ambos pHs. La CE no mostró diferencias ni con el pH y estadio Independientemente de este, a pH 12 no se observaron diferencias en el $t_{1/2 D}$. A pH 2 el $t_{1/2 D}$ fue mayor para estadio III Estos resultados indican mayor solubilización de proteínas a pH ácidos y una influencia del estadio de maduración sexual sobre las propiedades funcionales de las proteínas.

60RA. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE UNA MEZCLA DE PARTES IGUALES DE HARINA HIPERPROTEICA Y SÉMOLA DE AMARANTO

TOSI, E. A.; BALLERINI, G.; MARTINET, R. y RE, E.

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos (CIDTA) – Facultad Regional Rosario – Universidad Tecnológica Nacional

etosi@frro.utn.edu.ar

RESUMEN

El proceso de digestión de proteínas, carbohidratos y lípidos para el organismo de personas sanas es un proceso común y habitual. Existen patologías que hacen necesario el consumo de alimentos con proteínas predigeridas acompañadas o no de carbohidratos que a su vez pueden o no estar predigeridos, estos alimentos se denominan especiales.

La harina hiperproteica y la sémola de amaranto obtenidas con un proceso desarrollado en el CIDTA tienen un contenido medio de proteínas y almidón de aproximadamente el 40,00 y 89 % respectivamente.

Con mezclas de ambos productos se pueden lograr materias primas para predigerir enzimáticamente proteínas y carbohidratos o uno u otro o ambos.

Sobre una mezcla de partes iguales de harina hiperproteica y sémola se ensayaron procesos de hidrólisis enzimáticas de proteínas utilizando endoproteinasas y endo y exopeptidasas estas últimas para evitar el amargor de los hidrolizados de proteínas.

Se evaluaron los efectos de la relación enzimas/proteínas (REP) y tiempo de hidrólisis (TH); como respuestas se seleccionaron: el grado de hidrólisis (GD), solubilidad en función del pH, comportamiento electroforético, perfil de pesos moleculares y perfil de aminoácidos.

Tratamientos efectuados únicamente con agua, manteniéndose las condiciones de REP y (TH) se tomaron como testigos.

En función de la REP y del TH se obtuvieron hidrolizados con GD comprendidos 30 y 58 %.

En las bandas electroforéticas de los hidrolizados se observa la desaparición de las bandas correspondiente a estructuras con pesos moleculares comprendidos entre 66 y 43 kDa que están presentes en las bandas de los testigos.

El perfil de pesos moleculares determinados por cromatografía de exclusión muestra en los hidrolizados la presencia de péptidos y polipeptidos comprendidos entre 240 y 0,5 kDa en tanto que en los testigos la mayor concentración corresponde a proteínas de 2000 kDa acompañadas en menor grado por estructuras que no superan los 240 kDa.

La solubilidad para el rango de pH 2 – 7 no es inferior al 75 % y el perfil de aminoácidos no difiere del de la materia prima.

Se considera que los hidrolizados obtenidos pueden ser utilizados como ingredientes para la formulación de alimentos especiales que aporten proteínas hidrolizadas y carbohidratos sin hidrolizar.

61RA. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS DE PLASMA ENTERO DE BOVINO: OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS EMPLEANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

FIGUEROA MORENO, O. A.

Universidad de Antioquia (Medellín-Colombia) omfimo22@gmail.com

RESUMEN

Se ha estudiado que los hidrolizados de proteínas potencian diversas características funcionales tales como: baja viscosidad, capacidad de agitación, dispersión y solubilidad, que les conceden ventajas para el uso en muchos productos alimenticios. Los péptidos procedentes de alimentos, están siendo empleados con el fin de mejorar algunas funciones biológicas, pues se ha establecido que algunos péptidos obtenidos por hidrólisis de proteínas, son capaces de ejercer efectos biológicos específicos, tales como: antimicrobiano, antiviral, anticancerígeno, opioide, antioxidante, antihipertensivo, y antitrombótica.

En este trabajo fue optimizada la reacción de hidrólisis enzimática de proteínas de plasma entero de bovino en un reactor discontinuo, empleando un diseño experimental central compuesto y la metodología de superficie de respuesta (MSR) y el software Statgraphics Centurion. Se utilizó una enzima comercial (Alcalasa 2,4L) para la hidrólisis, donde tres factores experimentales: pH, temperatura y relación enzima-sustrato (E/S), fueron analizados en pro de maximizar el grado de hidrólisis (GH) en dos horas de reacción. El GH fue expresado como la relación entre el número de enlaces peptídicos cedidos en la hidrólisis (h) y el número de enlaces peptídicos totales en la proteína nativa (ht), empleando el método de valoración del protón (pH-stat). El efecto de los factores experimentales sobre el GH fue ajustado a una ecuación cuadrática cuyo coeficiente de determinación es de 0,96 con un 95% de confianza. Las condiciones óptimas para la reacción de hidrólisis enzimática de plasma entero de bovino y Alcalasa 2,4 L son: temperaturas de 60,2 °C, pH de 8,5 y E/S de 10% (w/w). El valor predicho para el GH fue de 22,14%, lo cual coincide con los resultados experimentales. Un análisis de interacción de los factores experimentales pone en evidencia el efecto dual de la temperatura y el pH, mientras que se pudo notar la relación directa de la E/S en los niveles evaluados experimentalmente.

62RA. PERFORMANCE EXPORTADORA DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS ARGENTINOS EN LOS MERCADOS DE LA UNIÓN EUROPEA Y DEL MERCOSUR

D'ONOFRIO, M.; PARIN, M.; ZUGARRAMURDI, A.

**Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - Universidad
Nacional de Mar del Plata – Juan B. Justo 4302 – Mar del Plata
e-mail: fi.vicky@gmail.com**

RESUMEN

La competitividad es uno de los factores que determinan la performance exportadora de un país y en particular en aquellos donde las exportaciones crecen rápidamente, como es el caso de Argentina. En la década del '90 las exportaciones argentinas de productos pesqueros a países de la Unión Europea (UE) y del MERCOSUR aumentaron significativamente como consecuencia de: la declinación del autoabastecimiento, la modificación de la normativa argentina orientándola a mejorar la competitividad de sus productos y del acuerdo regional firmado entre países de América del Sur. 38 miembros de la UE y 3 del MERCOSUR importan productos pesqueros argentinos y España y Brasil son los principales clientes de cada bloque. Con la puesta en riesgo del principal recurso, merluza (*Merluccius hubbsi*) en 1996 y 1997 y de las medidas restrictivas aplicadas en el año 2000 por el gobierno argentino al efecto de preservar el caladero, disminuyeron los volúmenes de las exportaciones, los cuales fueron casi reestablecidos para el año 2004. Después de la crisis económica del 2001 y la salida del régimen de convertibilidad, la nueva paridad cambiaria peso-dólar mantuvo el interés de los empresarios pesqueros de destinar su producción al mercado externo. El objetivo del presente trabajo es evaluar la performance exportadora de Argentina en el mercado de productos pesqueros de la UE y del MERCOSUR. La metodología de trabajo consistió en analizar la *Constant Market Share (CMS)* utilizando la ecuación propuesta por Alias, M.H. and Suleiman, mediante la cual se identifican tres efectos de la performance exportadora: tamaño del mercado (ETM), composición del mercado (ECM) y competitivo (EC). Para ello se consideraron las exportaciones de productos pesqueros argentinos a dichos mercados en volumen comparando los períodos 1992-1994/1995-1997 y 1999-2001/2002-2004. De los valores obtenidos en los dos primeros períodos para la UE y el MERCOSUR (ETM: 44,55%, ECM: -26,10%, EC: 81,55%) y (ETM: 64,32%, ECM: 0,63%, EC: 35,05%) respectivamente, el tamaño del mercado y la competitividad dominan el análisis de la *CMS*. El valor negativo del ECM en la UE es atribuible a que las exportaciones no se concentraron en los países donde las importaciones aumentaron rápidamente. En el período posterior UE (ETM: 46,04%, ECM: 10,76%, EC: 43,71%) y MERCOSUR (ETM: 61,38%, ECM: -176,80%, EC: 15,42%) para ambos bloques la pérdida de competitividad está asociada con la restricción de la oferta. En el MERCOSUR el valor negativo del ECM es atribuible a una contracción de la demanda.

63RA. MODELADO DE LA CINÉTICA DE TRANSFERENCIA DE MASA EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PULPA DE MEMBRILLO

BERMEJO, D.¹; FANER, S. A.¹; CALVO, G. A.¹; MALDONADO, V. N.¹; MORENO S. M.¹

1. Instituto de Tecnología Agroindustrial - Universidad Nacional de La Rioja. Av. M. de La Fuente S/N - (5300) La Rioja - Argentina.

E-mail: ita@unlar.edu.ar

RESUMEN

La deshidratación osmótica (DO) consiste en la inmersión de un alimento en una solución hipertónica de menor actividad de agua (Genina, 2001), lo que establece un flujo de agua desde el alimento hacia la solución y un flujo de soluto en sentido contrario. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un modelo matemático que prediga la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de membrillo, arrojando los perfiles de concentración de agua y soluto, pérdida de masa y ganancia de sólidos en función del tiempo y la distancia desde la interfase alimento-solución hasta el centro de la pieza. El modelo tiene en cuenta el efecto del soluto empleado (glucosa, sacarosa y jarabe de maíz de alta fructosa), la concentración inicial de la solución osmótica y la temperatura a la cual ocurre el proceso. Los datos experimentales para validar el modelo se obtuvieron partiendo de muestras cilíndricas de 10 mm de diámetro y 10 mm de longitud, extraídas con sacabocado de acero inoxidable, bisturí y calibre vernier, en dirección paralela al eje del fruto. Se utilizaron soluciones osmóticas de glucosa, sacarosa y JMAF de grado alimentario (Atarés L., Gonzalez-Martinez C. y Chiralt A., 2002) de 35°, 45°, 55° y 65° Brix, respectivamente. Las muestras se sumergieron en la solución osmótica correspondiente a una proporción másica de solución a pulpa de 20:1, (Gómez E. y Corzo O., 2002). Los ensayos se llevaron a cabo a temperatura de 20°, 30° y 40°C. Se tomaron muestras cada 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 y 300 minutos. Se realizó un seguimiento del peso de la pulpa por gravimetría, mientras que las concentraciones de sólidos en la fruta y en la solución osmótica se midieron por refractometría. Se plantearon los flujos másicos de agua y soluto dentro de la fruta y en la solución osmótica mediante un modelo fenomenológico (Spiazzi E. y Mascheroni R.) que tiene en cuenta los procesos de transferencia de masa entre las regiones intercelulares y extracelulares (flujos simplástico y plasmalemático). El sistema de ecuaciones diferenciales se resolvió numéricamente empleando el método de Runge - Kutta. La glucosa se presenta como el mejor soluto osmodeshidratante, logrando la mayor disminución de peso de la fruta, indicando mayor pérdida de agua en comparación con la sacarosa y el JMAF. Para la optimización del proceso se deberá profundizar el estudio del fenómeno a tiempos mayores a 300 minutos y temperaturas superiores a 40 °C.

**64RA. POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIAIS
COMO FONTE DE CARBONO PARA PRODUÇÃO DE PROTEASE E A-
AMILASE POR *Bacillus sp.***

**GENTIL, N.O.¹; BARBOSA, J.B.¹; FRAGA, E.S.¹; LADEIRA, S.A.¹; MANSUR,
L.R.C.O.¹; MARTINS, M.L.L.¹**

¹Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: joaotla@yahoo.com.br

RESUMO

Resíduos agro-industriais são constituídos principalmente por polissacarídeos complexos que podem servir como nutrientes para o crescimento microbiano e produção de enzimas. O objetivo deste trabalho foi estudar a produção de protease e α -amilase por *Bacillus sp.* SMIA-2 cultivado em meio líquido contendo resíduos agro-industriais. A fermentação submersa foi testada usando soro de queijo em pó, proteínas d soro de queijo, água de maceração de milho e farinha da casca de maracujá em diferentes concentrações. O micro-organismo foi capaz de utilizar todos os substratos que foram testados, mas a atividade da protease e α -amilase variou de acordo com o resíduo. Ao comparar soro de queijo em pó com a proteína de soro, ambos suplementados com farinha da casca de maracujá, observou-se que níveis semelhantes de atividade da protease foram encontrados, mas a atividade de amilase foi maior quando a proteína de soro de leite foi usada. Em relação à quantidade de proteína de soro de leite no meio, as concentrações de 0,1% (p/ v) foram consideradas mais eficazes para a secreção de proteases e de amilase pelo micro-organismo. Uma melhoria significativa e bem sucedida na produção de protease e amilase pelo micro-organismo foi obtida quando a farinha da casca de maracujá no meio de cultura foi substituída por água de maceração de milho. A fim de encontrar o nível ideal de água de maceração de milho para a produção de protease e de amilase, a sua concentração foi variada no meio de cultura. Aumentando a concentração da água de maceração de milho no meio até 0,5% (p/ v), melhorou o crescimento do micro-organismo e as atividades de ambas as enzimas. Portanto, o meio contendo 0,1% (p/v) de proteína de soro de leite e 0,5% (p/v) de água de maceração de milho foi considerado o mais eficaz para a produção de proteases e amilases. A co-utilização de proteína de soro de leite e água de maceração de milho (0,5%, p/v) é uma opção atraente para a produção de protease e α -amilase por *Bacillus sp.* SMIA-2, já que ambos constituem uma boa fonte de nutrientes e íons metálicos importantes e são de baixo custo.

Apoio Financeiro: FAPERJ; CNPq.

65RA. EFEITO DE VÁRIAS CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DE PROTEASES EXTRA-CELULARES DE *Bacillus* sp SMIA-2 CULTIVADO EM SORO DE QUEIJO E FARINHA DA CASCA DE MARACUJÁ

BARBOSA, J.B.¹; GENTIL, N.O.¹; FRAGA, E.S.¹; LADEIRA, S.A.¹; MANSUR, L.R.C.O.¹; MARTINS, M.L.L.¹

¹Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: joaotla@yahoo.com.br

RESUMO

As proteases constituem um dos grupos mais importantes de enzimas industriais com aplicações em diferentes indústrias em todo mundo, representando cerca de 65% do total de enzimas microbianas comercializadas. As bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus*, produzem as proteases mais comercializadas usadas no mercado atual. Neste trabalho foi investigada a influência do pH, temperatura de incubação e quantidade inóculo na produção de proteases pelo termofílico *Bacillus* sp. SMIA-2 cultivado em soro de queijo em pó e farinha da casca de maracujá. *Bacillus* sp. SMIA-2, quando cultivado em meio contendo 0,5% (p/v) de soro de queijo em pó suplementado com farinha da casca de maracujá (0,25%, p/v) apresentou atividade máxima da protease após 72 de incubação da cultura (fase estacionária de crescimento celular). O pH do meio aumentou à medida que as células começaram a multiplicar, indicando o consumo de nitrogênio orgânico. O pH do meio ajustado para pH 7,0-7,5 favoreceu a máxima produção da enzima. A temperatura de incubação é uma característica de cada micro-organismo e afetou profundamente a produção da protease. A secreção desta enzima foi máxima a 50°C. Inóculos de diferentes volumes foram testados com relação à produção de protease. Os resultados indicaram que a atividade enzimática no sobrenadante da cultura foi influenciado positivamente pelo aumento da concentração inóculo. A atividade máxima da protease foi observada quando o meio de cultura continha em torno de 6% de inóculo. Um aumento no volume do inóculo garante o aumento da atividade de protease por *Bacillus* sp SMIA-2. No entanto, após certo limite, a competição pelos nutrientes resultou em uma diminuição da atividade metabólica do micro-organismo. Com o volume do inóculo ideal, observou-se um equilíbrio entre a síntese da biomassa e a disponibilidade de nutrientes que melhorou a produção de enzima.

Apoio Financeiro: CNPq; FAPERJ.

66RA. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN LIPÍDICA EN DIFERENTES ESPECIES DE MICROALGAS Y SUS POSIBLES APLICACIONES

POPOVICH, C.^{1,3}; DAMIANI, C.¹; CONSTENLA, D.²; LEONARDI, P.^{1,3}

1. Dpto. de Biología, Bioquímica y Farmacia. UNS, 2. PLAPIQUI (UNS-CONICET),
3. CERZOS (UNS-CONICET). Camino de la Carrindanga Km 7 (8000) Bahía
Blanca, Argentina. dconstenla@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

Algunas especies de microalgas comúnmente llamadas oleaginosas, bajo ciertas condiciones de cultivo, son capaces de acumular altos contenidos de lípidos. La clase de lípidos almacenados, así también como el perfil de ácidos grasos, son fundamentales para determinar sus posibles aplicaciones. Con el objetivo de analizar la cantidad y calidad de los lípidos, se cultivaron diferentes especies de microalgas como: *Skeletonema costatum* y *Navicula gregaria* (diatomeas) y *Neochloris oleoabundans*, *Scenedesmus acutus* y *Haematococcus pluvialis* (algas verdes), bajo distintas condiciones de estrés. Los aceites se extrajeron utilizando partición con solventes, y en el caso particular de *H. pluvialis*, se realizó la ruptura celular previa con dimetilsulfóxido y ultrasonido, debido a la dureza de la pared. En todos los casos se detectó un incremento de la cantidad total de lípidos cuando las algas se cultivaban en condiciones de estrés. Bajo deficiencia de nitrógeno, el contenido de lípidos totales en *N. oleoabundans* y *S. acutus* alcanzó un 26 % b.s y 32 % b.s, respectivamente. Bajo altas intensidades de luz, *H. pluvialis* presentó un contenido de lípidos totales de 34% b.s., como también un incremento de astaxantina. En cultivos envejecidos, *S. costatum* y *N. gregaria* presentaron una cantidad total de lípidos de 22 % y 24 % b.s. respectivamente. En todas las especies los lípidos neutros fueron la fracción dominante y su perfil de ácidos grasos varió de acuerdo con la clase algal. En *N. oleoabundans* y *S. acutus* se observó una dominancia de ácidos grasos monoinsaturados, siendo el ácido oleico el más abundante. En *H. pluvialis* el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados fue 45%, con dominancia de los ácidos linoleico y linoléico. En *S. costatum* y *N. gregaria*, los porcentajes de ácidos grasos monoinsaturados fueron 40 y 55%, respectivamente, siendo el ácido palmitoleico el más abundante. Se destaca en estas diatomeas una importante abundancia relativa del ácido eicosapentanoico (EPA), entre los ácidos poliinsaturados. Todas las especies estudiadas mostraron dominancia de lípidos neutros, los cuales son la materia prima ideal para la producción de biodiesel. Además, la presencia de EPA (en diatomeas) y de astaxantina (en *H. pluvialis*) constituyen potenciales co-productos de alto valor agregado que podrían emplearse en áreas como alimentación y acuicultura.

67RA. CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES CONTENIENDO AROMA DE NARANJA ENCAPSULADO

SOSA, N.; PEREZ O.E. y SCHEBOR C.

**Departamento de Industrias - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -
Universidad de Buenos Aires -
cschebor@di.fcen.uba.ar**

RESUMEN

La encapsulación de compuestos aromáticos otorga estabilidad físico-química y liberación controlada. La microencapsulación puede lograrse mediante secado por aspersión y como paso previo, los flavors hidrofóbicos deben emulsionarse. Es posible formar emulsiones cinéticamente estables durante un período razonable de tiempo mediante la inclusión de emulsificantes en la formulación.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar emulsiones de aceite de naranja conteniendo distintos agentes emulsificantes (almidones modificados) y empleando dos métodos de emulsificación.

Se prepararon emulsiones conteniendo aroma de naranja como fase dispersa y como fase continua soluciones de trehalosa-maltodextrina y sacarosa-maltodextrina en presencia de dos almidones modificados comerciales (Capsul y Hi-Cap). La emulsificación se realizó empleando 2 métodos: a) Agitación a alta velocidad por 10 minutos, y b) Ultrasonido de alta intensidad por 20 minutos. Se determinaron las curvas de flujo, empleando un sistema cono-plato en un viscosímetro. Los resultados se ajustaron con la ley de la potencia. La distribución de tamaño de gota en el tiempo se analizó por dispersión estática de luz láser y la estabilidad se determinó en un analizador óptico vertical.

La viscosidad no varió con el tiempo independientemente del almidón empleado en las formulaciones. Todas las emulsiones resultaron ser newtonianas o con cierta tendencia a pseudoplasticidad. En cuanto al tamaño de gota, las muestras agitadas mostraron diámetros promedio de gota entre 2 y 3 micrones, mientras que las sonicadas presentaron diámetros promedio menores que 1 micrón. Respecto a la estabilidad, se encontró que en 3 horas, las muestras agitadas mostraron además de floculación una importante fase cremada. Las muestras sonicadas manifestaron solo floculación.

La aplicación de estos métodos de preparación ha permitido caracterizar comparativamente a las emulsiones desde un punto de vista físico-químico con implicancias tecnológicas para la industria, como son el secado y la encapsulación de aroma de naranja. Las diferencias obtenidas reflejan las distintas escalas a las cuales se llegó con cada método de emulsificación (nano y microescala). Las diferencias en los tamaños de gota obtenidos serían las responsables de las diferencias en la estabilidad de las muestras preparadas por los métodos ensayados. Esta información es útil a la hora de seleccionar el método de preparación de una emulsión acorde a la estabilidad requerida.

68RACARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CARAMBOLAS (*Averrhoa carambola* L.) PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR-PI

SAMPAIO¹, R. L. I.; SILVA², F. W. S.; SOUSA³, P. B.; SILVA⁴, M. J. M.; TEIXEIRA⁵, P. R. S.

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, No 1597, Centro CEP: 64000-040. Teresina-PI. Fone: (86) 3215-5224/ Fax: (86) 3215-5206, email: railannelara@hotmail.com

²(IFPI), email: wenner_sousa@hotmail.com

³(IFPI), email: pollysousa100@hotmail.com

⁴(IFPI), email: degamarks@gmail.com

⁵(IFPI), email: paulo_ronaldo@ifpi.edu.br

RESUMEN

A produção de carambolas constitui atividade altamente promissora sob o ponto de vista econômico, pela qualidade, sabor, formato único e atraente da fruta. Atualmente é cultivada em regiões tropicais de ambos os hemisférios. É produzida, no Brasil, e, em países, como: Índia, Tailândia, Israel e alguns países da África. O mercado de frutas tropicais ou exóticas vem crescendo, fortemente, nos últimos anos, tanto no mercado interno, quanto no externo e a carambola se destaca como uma opção rentável de diversificação e uma alternativa de cultivo ao fruticultor. A fruta in natura é rica em vitamina C, contém quantidades razoáveis de vitaminas do complexo B, é bastante rica em sais minerais (cálcio, fósforo e ferro), é também fonte natural de ácido oxálico. Por efeito desse ácido, que, em grandes quantidades, é prejudicial ao organismo humano. A variedade “Star King Sweet” originária da Florida – EUA, tem polpa amarela e amarelo-escura, acidulada e agradável, firme e pouco fibrosa, contendo polpa sementes.

Portanto objetivou-se com esta pesquisa avaliar as características físico-químicas de carambolas da cultivar “Star King Sweet” em dois estádios de maturação, verdes e maduras, produzidas no município de Campo Maior, PI. Analisou-se pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), relação SST/ATT e Vitamina C conforme as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. Todas as análises foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey. A partir das análises realizadas observou-se que o estágio de maturação pode influenciar as características físico-químicas das carambolas. O pH foi influenciado diretamente pelo estágio de maturação, onde os frutos verdes e maduros apresentaram variação de 4,01 e 4,25, respectivamente. Os resultados relativos ao teor de sólidos solúveis totais (SST) mostraram, como esperado, aumento dessa variável à medida que o fruto amadurece, onde o fruto verde apresentou 5,93 e o maduro 8,93. Para acidez total titulável (% de ácido oxálico), nota-se o maior valor para os frutos verdes, com resultados decrescentes para os frutos maduros, sendo 0,82 e 0,56, respectivamente. Na presente pesquisa também houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os estádios de maturação para vitamina C sendo as médias 16,23 mg/100g para frutos verdes e 19,53 mg/100g para frutos maduros. Tendo em vista que a carambola é um fruto exótico pouco explorado comercialmente no nordeste necessita-se de estudos mais aprofundados no intuito de padronizar seus parâmetros para a industrialização de polpas e sucos.

69RA. PERFIL DE AÇÚCARES E CONTEÚDO DE VITAMINA C DE FRUTOS DO CERRADO BRASILEIRO

ALVES, M.R.P.¹; PEREIRA, S.F.M.²; CARLOS, L.A.¹; BERNADES, N. R.²; OLIVEIRA, D. B.²

¹Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas- Sete Lagoas-MG, Brasil;²Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. E-mail: silvia@uenf.br

RESUMO

O Cerrado é um bioma rico e globalmente significativo no continente sul-americano devido a sua extensão e biodiversidade. Várias espécies vegetais do Cerrado destacam-se por apresentarem valor alimentício e alguns frutos possuem sabores marcantes e peculiares, com elevados teores de açúcares, vitaminas, proteínas, sais minerais e propriedades antioxidantes. Contudo são utilizados apenas pelas comunidades locais para o consumo *in natura* e para a produção geleias, doces, sorvetes e na confecção de pratos típicos, portanto, trata-se de um potencial pouco conhecido e inexplorado. Este trabalho teve como objetivo investigar o perfil de açúcares e o conteúdo de vitamina C dos frutos baru (*Dipteryx alata*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), grão de galo (*Pouteria torta*), mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e ananai (*Ananás ananasoide*). O material vegetal foi coletado no Cerrado nativo, situado nas proximidades do Município de Sete Lagoas, na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais – Brasil, com coordenadas geográficas 19° 28' 4" latitude sul e 44° 14' 52" longitude oeste. Os conteúdos de sacarose, glicose, frutose foram determinados por HPLC, coluna Rezex RCM Monosaccharide Ca⁺², fase móvel água e vitamina C coluna C18, fase móvel BCTMA acidificada. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em mg/g de matéria seca. Todos os frutos exibiram quantidades relevantes de frutose e glicose. Mama-cadela apresentou o maior teor de glicose (500,50), seguida pelo jatobá (483,54), grão de galo (473,62), ananai (221,93) e baru (18,32). O maior teor de frutose foi exibido pela mama-cadela (697,32), seguido do ananai (253,46), jatobá (124,72), baru (59,54) e grão de galo (6,80). Grão de galo e mama-cadela não apresentaram sacarose, em sua constituição, entretanto o maior teor deste açúcar foi detectado para o baru (242,50), seguido do ananai (176,07) e jatobá (116,35). Foi detectado vitamina C apenas em ananai e grão de galo (81,22 e 18,8 respectivamente). Os resultados apresentados neste trabalho podem contribuir para um aproveitamento mais racional e sustentável de frutos do cerrado, agregando assim valor financeiro ao seu cultivo.

Apoio: FAPEMIG, FINEP, CNPq.

70RA. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LA OLEORRESINA DEL AGUARUBAY SOBRE MEDALLONES DE CARNE

PADIN E., POLLIO M. L.

Universidad Nacional de Quilmes, Departamento de Ciencia y Tecnología, Roque Sáenz Peña 352, (1876) Bernal, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: mlpollio@unq.edu.ar.

RESUMEN

La carne vacuna es el alimento de mayor consumo dentro de la población, especialmente los medallones de carne conocidos como hamburguesas. El método más utilizado para extender su vida útil es la refrigeración y/o el agregado de conservantes sintéticos. Trabajos anteriores demostraron que la oleorresina del Aguarubay tiene poder antimicrobiano y antioxidante, *in vitro*. En este trabajo se determina la capacidad antimicrobiana de la oleorresina, extracto etanólico obtenido de las bayas del Aguarubay sobre medallones de carne vacuna.

La formulación para los medallones carne fue: 300 g de carne vacuna triturada, 5 g de sal, 51,2 g de almidón de maíz y 33,9 g de agua. Se confeccionaron tres lotes de 300 g. A uno se le agregó 1% del extracto etanólico, a otro 1% de etanol y otro se usó como control, sin agregados. Cada lote fue dividido en medallones de 30 g cada uno. Se conservaron en refrigeración (4°C) hasta el momento de ser usados. El recuento de aerobios mesófilos totales a cada lote se realizó a tiempo cero y a 24 hs. Se utilizó agar para recuento (PCA) como medio de cultivo. Las placas se incubaron durante 48 hs. a 35 °C. Los ensayos fueron realizados por duplicado.

Los resultados obtenidos fueron, para el tiempo cero, luego de la elaboración, de $1.55 \cdot 10^4$ Ufc/ml para el control y para el lote con oleorresina de $2 \cdot 10^4$ Ufc/ml. Después de las 24 hs. de refrigeración el recuento para el control fue de $2,9 \cdot 10^5$ Ufc/ml y para el lote con oleorresina fue de $6,5 \cdot 10^4$ Ufc/ml. El lote conteniendo el 1% de etanol dio como resultado, después de las 24 hs. de refrigeración, un recuento de aerobios mesófilos totales de $9 \cdot 10^4$ Ufc/ml.

Podemos concluir que el uso de la oleorresina del Aguarubay produce una disminución en el crecimiento de las bacterias que contribuyen al deterioro del alimento. Si bien en el lote que contenía etanol se produjo una disminución en el desarrollo, la oleorresina produce aún más disminución en el crecimiento. Se podría pensar en el uso de este extracto no solo como ingrediente para dar sabor sino también como conservante de los medallones de carne.

71RA. CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN PRODUCTOS DE TOMATE POR HPLC Y ESPECTROFOTOMETRIA VISIBLE.

ORDÓÑEZ, A. L.; BALANZA, M. E.; FLORES, C. A.; BARRERA, M. B.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, Bdo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, Argentina. CP 5600. aordonez@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

El licopeno es un antioxidante que se encuentra en un grupo reducido de frutas y hortalizas, destacando al tomate y sus productos como la principal fuente. El carotenoide responsable de la coloración roja cobra un importante interés por su acción antioxidante al capturar el oxígeno de los radicales libres y reducir el estrés oxidativo del organismo. El contenido de licopeno puede variar significativamente con la maduración, variedades e industrialización. Su cuantificación puede realizarse por diferentes métodos, la elección dependerá del interés particular del análisis y del tipo de producto. Para la industria del tomate la cuantificación de licopeno ha cobrado gran importancia demandando métodos confiables de cuantificación, acorde a sus necesidades. Las técnicas cromatográficas, de alta confiabilidad, requieren de la adquisición de equipamientos caros y adiestramiento específico del analista de laboratorio que hace impráctica la cuantificación. El objetivo de este trabajo es evaluar los parámetros de validación para un método espectrofotométrico estándar y un método cromatográfico por HPLC para la determinación de licopeno en productos a base de tomate. La extracción del carotenoide se llevó a cabo, en ambos métodos, con una mezcla de hexano, acetona y metanol (50:25:25 v/v/v), en dos extracciones sucesivas de 25 minutos con agitación y al abrigo de la luz. Las curvas de calibración se realizaron con patrones de referencia. En el método cromatográfico se utilizó una fase móvil de hexano, acetona y metanol (50:25:25 v/v/v), inyección en una columna C18 y la detección a una longitud de onda de 475 nm, que también se utiliza en el método espectrofotométrico. Las muestras utilizadas para el análisis fueron tomates pelados peritas enteros en conserva y tomate triturado provistas por una empresa conservera del medio.

Podemos concluir que no existen diferencias significativas entre los métodos evaluados mostrando ambos tener aceptable linealidad, precisión, recuperación y sensibilidad para la evaluación de licopeno en muestras a base de tomate. Para el análisis de rutina de productos

ricos en licopeno el método espectrofotométrico es una alternativa rápida y simple, mientras que el método cromatográfico podría ser aplicado cuando el interés sea determinar los distintos carotenoides presentes y la isomerización de los mismos.

Palabras Clave: licopeno, HPLC, espectrofotometría.

**72RA. EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL DE *Origanum x applii*
EN HAMBURGUESAS DE CARNE VACUNA ALMACENADAS A 7 °C.**

MARIOTTI, G.; AMADIO, C.; MEDINA, R.; MIRALLES S.

**Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.Cuyo- Alte. Brown 500. Chacras de Coria,
Mendoza, Argentina.**

E-mail: camadio@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

El deterioro de la calidad de los alimentos cárneos se relaciona principalmente con la oxidación de los lípidos. Una alternativa al uso de antioxidantes sintéticos es utilizar aceites esenciales que pueden extraerse de las especias, siendo el orégano (*Origanum sp*) una de las más utilizadas.

El objeto de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición del aceite esencial de *Origanum x applii* (AEO) en la vida útil de hamburguesas de carne vacuna, almacenadas a 7 °C.

Para determinar la concentración máxima, aceptada por los consumidores, de AEO se realizó una evaluación sensorial, utilizándose escalas hedónicas y pruebas de preferencia. Las concentraciones de AEO empleadas fueron: 0, 100, 200 y 300 ppm y los datos se analizaron estadísticamente con la prueba de Friedman. No se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones utilizadas para un nivel de confianza de 0,05%.

Las muestras utilizadas para estudiar la vida útil fueron hamburguesas de carne vacuna con: 300 ppm de AEO, 200 ppm de BHT y control (sin antioxidante). Se almacenaron crudas a 7°C, y se analizaron por triplicado los días 0, 1, 2, 3 y 4.

Las determinaciones realizadas fueron: Ácido tiobarbitúrico (TBA) por el método de Beon Jun Lee, color con colorímetro Minolta CR 400 (Minolta Co., Osaka, Japan) y pH.

La adición de AEO a las hamburguesas, disminuyó significativamente ($P < 0,05$) los valores de TBA, tanto al principio de la conservación, como al final.

El uso de antioxidantes (BHT, AEO) en hamburguesas, aumenta el valor de L* significativamente ($P < 0,05$), siendo la muestra control más oscura. Las muestras control y con BHT presentaron valores de a* significativamente ($P < 0,05$) más elevados que las que contenían AEO, sin embargo la velocidad de la pérdida del color rojo se presenta, mucho menor en éstas. Los antioxidantes aumentan significativamente el valor de b*, los valores se mantienen significativamente estables hasta el día 2 y luego comienzan a disminuir. La adición de antioxidantes disminuye significativamente el pH.

Como conclusión del estudio realizado se puede decir que el agregado de AEO a las hamburguesas de carne vacuna, almacenadas a 7 °C retrasa el proceso de oxidación lipídica, aumentando su vida útil.

73RA. VINO CABERNET SAUVIGNON EN HAMBURGUESAS DE CARNE VACUNA

PONCE I. B.; MIRALLES S.; AMADIO, C.; MEDINA, R.

Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo – Alte. Brown 500 - Mendoza - Argentina
E-mail: rmedina@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

La vid (*Vitis vinifera*), fuente de la principal industria provincial, posee en su composición principios activos, con una potencial acción antioxidante y conservante, que pueden ser utilizados en la producción de alimentos libres de aditivos sintéticos.

Este trabajo se llevó a cabo para evaluar el efecto antioxidante producido por la adición de vino Cabernet Sauvignon a medallones de carne vacuna. Se empleó carne molida con un contenido del 10% de grasa a la que se agregó un 1% de cloruro de sodio. La masa, previamente homogenizada, se dividió en cinco fracciones que fueron adicionadas con 0; 1; 5 y 10% de vino elaborado en 2009 en la bodega experimental de la facultad de Ciencias Agrarias. Otra porción, recibió un 10% de alcohol étlico que fue diluido en agua para alcanzar la misma concentración alcohólica del vino empleado (14%). Con ellas se armaron medallones de 50g cada uno que se almacenaron a 7°C. A los 0, 1, 3 y 5 días de conservación, se retiraron 3 muestras de cada tratamiento en las que se determinaron, por triplicado, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBA). Los resultados se sometieron al ANOVA para $\alpha=0,05$.

La evolución del TBA mostró un aumento, no significativo, en el primer día de almacenamiento. Los valores correspondientes al tercer y quinto día no difirieron entre sí; pero fueron significativamente mayores que los correspondientes al día de la elaboración. Comparando los distintos tratamientos se comprobó que la incorporación de 1 ó 5 % de vino permite disminuir significativamente los valores de TBA, no así el agregado de alcohol o del 10% de vino. Por lo que se concluye que la adición de un 1 a un 5 % de vino Cabernet Sauvignon a medallones de carne vacuna permite reducir la evolución de la rancidez oxidativa, por lo que podría ser empleado como un antioxidante natural.

74RA. “ACEITE ESENCIAL DE ACANTHOLIPPIA SERIPHIOIDES: SU EFECTO EN MEDALLONES DE CARNE VACUNA COCIDOS EN HORNO DE MICROONDAS”

GASSULL, A.; MIRALLES, S.; AMADIO, C.; MEDINA, R.

Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo – Alte. Brown 500 - Mendoza - Argentina
E-mail: rmedina@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Las reacciones químicas y biológicas que ocurren en alimentos durante su elaboración y su almacenamiento son responsables de los cambios en sus características sensoriales y en su valor nutritivo que conllevan una disminución de su vida útil. Los productos cárnicos cocidos son sistemas complejos cuyos componentes pueden oxidarse con facilidad. Para prevenir tales reacciones se utilizan compuestos con propiedades antioxidantes y, actualmente se buscan alternativas naturales una de las cuales pueden ser los aceites esenciales. Para evaluar el efecto de la incorporación de aceite esencial de tomillo mendocino en la vida útil de medallones de carne vacuna, cocidos en horno de microondas y almacenados a 15°C.

Se trabajó con el músculo semitendinoso (peceto) carne vacuna, 10% de grasa vacuna y 1% de sal. Se le adicionó 200 mg/kg de aceite esencial de tomillo y se armaron medallones de 50g de peso que se cocinaron en horno microondas hasta alcanzar una temperatura interna de 75°C. Posteriormente, se cubrieron individualmente, en film de PVC y se almacenaron a 15°C. Los días 0, 1, 3, 6 y 15 días se retiraron, aleatoriamente, tres medallones correspondientes a cada tratamiento y se analizaron por triplicado sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBA) por el método de Beon Jun Lee. Además, se utilizó un colorímetro Minolta CR 400, determinando la media de ocho mediciones realizadas sobre la superficie de los parámetros L*, a*, b*.

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y pruebas de comparaciones múltiples para un $\alpha = 0,05$.

Con los resultados obtenidos, bajo las condiciones del ensayo, se puede concluir que:

- ✚ la cocción en horno microondas de medallones de carne vacuna adicionados con 200 mg/kg de aceite esencial de tomillo no afecta a las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico o sea, no aumenta la oxidación lipídica;
- ✚ el almacenamiento a 15°C, de los medallones cocidos, favorece la formación de sustancias reactivas al ácido barbitúrico hasta alcanzar un valor máximo al décimo día y luego disminuye por efecto competitivo con reacciones de degradación de proteínas.
- ✚ la evolución del parámetro L* muestran que la cocción de las hamburguesas aumenta la luminosidad de las mismas y durante su almacenamiento presentan un comportamiento similar al TBA, alcanzando un valor máximo a los diez días. El parámetro a* disminuye, hasta alcanzar el mínimo a los diez días de almacenamiento y presenta diferencias más significativas que el L*. El parámetro b* no fue significativo para analizar los cambios producidos durante la conservación.

75RA. INCORPORACIÓN DE BACTERIAS PROBIÓTICAS A QUESOS DE OVEJA: ESTUDIO DE SU INFLUENCIA EN LA MADURACIÓN

PEROTTI, M.; BERGAMINI, C.; VÉNICA, C.; WOLF, I.; MEINARDI C.

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional del Litoral – Facultad de Ingeniería Química.

Santiago del Estero 2829 – 3000 Santa Fe - Argentina

cperotti@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

Los alimentos denominados funcionales y particularmente los que tienen en su composición bacterias probióticas han adquirido gran difusión en los últimos años. En este contexto los quesos, debido a su pH y contenido graso, asociado a una estructura proteica más cerrada, ofrecerían a estos microorganismos una protección más eficiente en relación tanto a la viabilidad en la matriz casearia como durante el tránsito intestinal. Si bien existen vastos antecedentes de incorporación de bacterias probióticas en quesos de leche de vaca, son escasos los estudios reportados en leche de otros rumiantes.

En el presente trabajo se evaluó la supervivencia en un queso de oveja, de dos cepas de bacterias probióticas comerciales *Lactobacillus acidophilus* La-5 y *Bifidobacterium bifidum* BB-12, agregadas individualmente o en forma conjunta, y su influencia en los parámetros fisicoquímicos durante la maduración.

Quesos semiduros se elaboraron con la tecnología optimizada en el INLAIN utilizando como fermento primario una mezcla de *S. thermophilus* (60%), *Lb. helveticus* (20%) y *Lb. bulgaricus* (20%). El secado y cocción de la cuajada se realizó a 45° C y los quesos fueron prensados, salados y madurados durante 45 días a 12±1°C. Se obtuvieron quesos experimentales adicionados con *Lb. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* y ambas cepas combinadas en experiencias de elaboración diferentes que se realizaron por duplicado. Quesos testigo sin adición de probióticos se incluyeron en cada caso.

Se realizaron recuentos de bacterias probióticas con medios de cultivo específicos al inicio y al final de la maduración. Determinaciones de composición global, fraccionamiento de nitrógeno: nitrógeno soluble pH 4,6, en TCA 12% y en PTA 2,5% y el cálculo del grado de maduración (NS 4,6/NT) se efectuaron a los 45 días.

El recuento inicial de bacterias probióticas en todos los quesos experimentales fue de 10⁷ UFC/g, el cual se mantuvo hasta el final de la maduración.

Los valores composición global y proteólisis no presentaron diferencias ($p < 0,05$) entre los experimentales con sus respectivos testigos.

Los estudios llevados a cabo en este trabajo sugieren que el queso de oveja resultaría una matriz adecuada para la incorporación de las cepas de bacterias probióticas, *Bifidobacterium* Bb12 y *Lactobacillus acidophilus* La5, adicionadas individualmente o en forma conjunta, ya que no influyen en el perfil de maduración de los quesos.

76RA. SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN DE CANGREJOS *Ovalipes trimaculatus* y *Platyxanthus patagonicus*

DIMA, J.^{1,2}; BARON, P.¹; SANTOS, M.V.^{2,3*}; CALIFANO, A.²; ZARITZKY, N.^{2,3}

¹Centro Nacional Patagónico (CONICET-CENPAT)-Bvard Brown 2825 Puerto Madryn-Chubut

²CIDCA-Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos-Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, CONICET, 116 y 47, La Plata (CP 1900).

³Facultad de Ingeniería, UNLP, 1 y 47, La Plata. *mvsantosd@yahoo.com.ar

RESUMEN

La industria pesquera de carne a base de cangrejo presenta una actividad incipiente en nuestro país. Las especies de cangrejos *Ovalipes trimaculatus* y *Platyxanthus patagonicus* son reconocidas como recursos con alto valor pesquero, cuya comercialización puede generar productos de alto valor agregado. Una de las principales maneras de comercialización son productos congelados con un previo tratamiento térmico. Es de interés por parte del sector contar con información adecuada para el diseño y adquisición de equipos necesarios para la actividad, fundamentalmente equipos de congelación. Por esta razón es importante conocer los tiempos de proceso de los productos teniendo en cuenta de qué manera son procesados. En particular se estudió la congelación de sistemas complejos tales como pulpa de cangrejo cocida envasada en películas plásticas al vacío y pinzas de cangrejo cocida que incluyen lámina calcárea. Estos sistemas además de su geometría irregular presentan composición heterogénea multicapa (constituida por diversos materiales en serie). Para el estudio se tuvieron en cuenta las propiedades termofísicas del alimento, los coeficientes de transferencia de calor, la geometría del producto, temperatura del fluido externo, velocidades de aire. La simulación numérica del proceso de congelación de estos productos permite estudiar el efecto de los parámetros como la temperatura y velocidad del aire refrigerante, la geometría del producto y su temperatura inicial. Asimismo, la geometría del producto es importante cuando se requiere determinar los tiempos de congelación de manera precisa. El método de los elementos finitos es una técnica numérica muy útil para simular geometrías irregulares dado que los elementos de interpolación se ajustan a contornos complejos. Los objetivos del trabajo son: 1) determinar tiempos de congelación de pulpa y pinzas de cangrejo cocidas mediante la simulación numérica, 2) validar los modelos con experimentos de congelación en túnel a escala industrial. Muestras de los productos se congelaron en túnel registrando las historias térmicas tanto en el producto como en el fluido externo. El contorno irregular del objeto se obtuvo mediante imágenes digitales. Se simuló numéricamente la temperatura en función del tiempo en todo el producto, especialmente en el punto más caliente. Se consideró el proceso de transferencia de energía conductivo en el producto, y los coeficientes de transferencia de calor adecuados según la interfase considerada (contacto producto-placa metálica e interfase producto-aire). Las predicciones concordaron satisfactoriamente con resultados experimentales permitiendo determinar los tiempos de congelación. A partir de estos resultados se puede desarrollar la tecnología para procesar estos productos.

77RA. INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA: ANÁLISIS DEL PROGRESO DE LA REACCIÓN

PACHECO, C.; CARRÍN, M.E.*

PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur-CONICET), Camino La Carrindanga
Km7, Bahía Blanca, Argentina (8000). TE: 291-4861700, FAX: 291-4861600

*e-mail: mcarrin@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

La interesterificación enzimática se presenta como una alternativa válida para la obtención de grasas plásticas o sólidas con bajo contenido de colesterol y de isómeros *trans*. Durante la interesterificación enzimática, inicialmente se mezclan dos sustratos de triglicéridos distintos y la incorporación de la enzima determina el comienzo del intercambio entre los ácidos grasos. El producto final resulta ser una nueva mezcla de triglicéridos, principalmente, diferentes de los sustratos originales, y una cierta cantidad de subproductos. Dichos subproductos son ácidos grasos libres, glicerol, monoglicéridos y diglicéridos. En la literatura científica existen algunos planteos teóricos para este tipo de reacciones, con simplificaciones principalmente desde el punto de vista de la cantidad de especies reactantes y productos involucradas. El estudio experimental de la cinética de interesterificación, incluyendo la cuantificación de subproductos, es un tema aún no muy abordado.

El principal objetivo de este trabajo es cuantificar los cambios de los compuestos participantes de la reacción (reactivos, productos y subproductos) para empezar a dilucidar el comportamiento cinético de estas reacciones enzimáticas complejas.

Los sustratos originales utilizados fueron aceite de soja y aceite de soja totalmente hidrogenado. Se evaluó el desempeño de 2 biocatalizadores inmovilizados comerciales: RMIM y TLIM (de NovoNordish). Se trabajó en reactores batch agitados, con distinta relación entre sustratos, carga enzimática y temperatura, con y sin solvente (hexano). Se evaluó la composición de triglicéridos y subproductos por cromatografía gaseosa, y los resultados se agruparon por tipo de producto o subproducto y grado de insaturación para simplificar el análisis global.

Los resultados experimentales muestran que los cambios más importantes se dan en las primeras 6 h de reacción. En ningún caso se detectó formación de glicerol y los niveles de monoglicéridos siempre fueron bajos (< 35 mM) comparados con los de diglicéridos (hasta 300 mM) y triglicéridos (hasta 850 mM), por lo cual se puede asegurar que existe la tendencia al equilibrio entre las reacciones de hidrólisis y de esterificación. La relación inicial de sustratos afecta el nivel de equilibrio logrado, independientemente del biocatalizador utilizado y de la presencia o no de solvente. Con TLIM se obtuvieron menores concentraciones de diglicéridos que con RMIM, lo cual en parte puede deberse al contenido distinto de agua que posee cada biocatalizador. La presencia de solvente afecta el comportamiento inicial de la reacción.

El presente estudio aporta datos experimentales novedosos para el sistema de reacción estudiado, permitiendo a futuro plantear modelos matemáticos para representar dicho comportamiento.

78RA. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE MIELES DE *Tetragonisca Angustula* DE LA PROVINCIA DEL CHACO

NUÑEZ, L. A.; ROMERO, C. A.; OSUNA, M. B.; AVALLONE, C. M.

**Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas-Laboratorio de Industrias
Alimentarias I - Universidad del Chaco Austral - Comandante Fernández 755 - C.P.
3700**

lauraalejandranunez@gmail.com

RESUMEN

Las mieles de meliponinos generalmente se la reconoce por sus propiedades terapéuticas, pero no existen parámetros de calidad establecidos para el control de las mismas, dentro de la república Argentina. Con el objeto de contribuir a futuras caracterizaciones fisicoquímicas, se analizaron 11 muestras de miel de *Tetragonisca angustula*, de la provincia del Chaco, correspondientes a las campañas 2010, 2011.

Los valores de acidez obtenidos (según Norma AOAC N° 962.19, 1990) oscilaron entre 12.82 y 186,64 meq/kg de miel; los porcentajes de humedad (según Norma AOAC N° 969.38, 1990), se encontraron en un rango 20,7 - 29,2% característico de esta especie, y superior al máximo establecido para miel de abejas. Se obtuvo valores de hidroximetilfurfural (método cualitativo según Bianchi, 1986) que no superan el máximo de 40 mg/kg de miel propuestos por Vit *et al.*, 2004 y Villas-Bôas y Malaspina, 2005 para miel de meliponinos. Los valores hallados de unidades de diastasa (método cualitativo según Bianchi 1986) se encontraron por debajo del mínimo establecido por Bianchi (1986) para *Apis mellifera* en 6 de las muestras. Los resultados variaron en un amplio rango, tal como los compilador por Souza *et al.* (2006) y Anacleto-Almeida (2007) para miel de meliponinos. El promedio para el contenido de cenizas (método según Bianchi, 1994) fue de 0,58 g/100g de miel, y para azúcares reductores totales 70,75 g/100g de miel.

Las mieles de meliponinos evaluadas presentaron diferencias significativas en sus parámetros fisicoquímicos, y muestran gran variación de sus características en una misma especie y origen, hecho que se refleja en antecedentes en mieles de meliponinos de Guatemala, Brasil y Venezuela, esto pone en evidencia la necesidad de continuar evaluando las mieles de abejas nativas de la provincia del Chaco.

79RA. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR MEZCLAS DE HARINAS FUNCIONALES EN LA ELABORACIÓN DE PANES

⁽¹⁾⁽³⁾OSUNA Mariana B., ⁽²⁾BERTOLA Nora, ⁽¹⁾JUDIS María A,
⁽¹⁾AVALLONE Carmen M, ⁽¹⁾ROMERO Ana

⁽¹⁾ Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas-Laboratorio de Industrias Alimentarias I
- Universidad del Chaco Austral- Cte. Fernández 755 – CP 3700

⁽²⁾ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA)-
CONICET – Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de La Plata

⁽³⁾ Becaria del CONICET

mariano@uncaus.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto que ejerce sobre las características tecnológicas y el nivel de ácidos grasos n3, la sustitución parcial de la harina de trigo utilizada en la elaboración de panes, por mezclas de harina de lino (HL), harina de soja (HS), y salvado de trigo (ST). Para ello se elaboraron un pan testigo y 18 tipos de panes diferentes, sustituyendo un 5, 10 y 15 % la harina de trigo por mezclas de HL+ST, HL+HS y HS+ST, teniendo estas mezclas una proporción 30+70 y 70+30 de cada uno de los componentes utilizados. A cada uno de los panes se les analizó volumen específico, relación ancho/alto (P/L), humedad y perfil lipídico. Las determinaciones se hicieron por triplicado y para el análisis del efecto de las mezclas sobre las características se usó el paquete estadístico Statgraphics. De acuerdo a los resultados obtenidos las muestras con el menor nivel de sustitución (5%) mostraron el volumen específico más cercano al testigo (aprox 4 cm³/g) y una relación P/L adecuada. Si bien existieron otras muestras con aceptable relación P/L, su volumen específico fue más bajo. Con respecto a la humedad las muestras con 10 % de sustitución y sin el agregado de lino evidenciaron el más alto porcentaje aunque, sólo las de más alta sustitución no estuvieron comprendidas entre los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino. Con respecto al perfil lipídico, si bien la sustitución elevó el nivel de los ácidos grasos n3 desde aproximadamente el 2% al 30 % para el caso más extremo de 15% de sustitución y 70% HL, de acuerdo a las características tecnológicas las muestras con 5% de sustitución y 30% HL resultarían la más adecuadas. Para éstas el nivel de n3 sólo se triplicó (6%).

80RA. ACIDÓLISIS ENZIMÁTICA EN REACTOR DE LECHO EMPACADO CON BIOCATALIZADORES NO COMERCIALES

PALLA, C.; CARRÍN, M.E.*

PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur-CONICET), Camino La Carrindanga
Km7, Bahía Blanca, Argentina (8000). TE: 291-4861700, FAX: 291-4861600

*e-mail: mcarrin@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

A través de la acidólisis enzimática es posible incorporar un grupo acilo deseado en una posición específica del triglicérido para producir lípidos estructurados. Previamente hemos estudiado la acidólisis enzimática de aceite de girasol (SO) con ácidos palmítico+esteárico (SPFA) en reactor batch agitado (SBR), catalizada por enzimas inmovilizadas comerciales y también por un biocatalizador sólido producido en el laboratorio. Estos estudios nos permitieron obtener condiciones óptimas de reacción y modelos cinéticos para representar matemáticamente su comportamiento. La utilización de reactores de lecho empacado (PBR) para confinar la enzima inmovilizada permitiría aumentar la escala de producción, llevándolo además a la operación en continuo.

El objetivo del presente trabajo es producir lípidos estructurados en un PBR por acidólisis de SO+SPFA, utilizando lipasas de *Rhizomucor miehei* inmovilizadas en microesferas de quitosano modificado superficialmente.

La reacción se estudió en presencia de solvente, en condiciones de relación de sustratos, dilución y temperatura preestablecidas previamente, evaluándose el efecto del caudal y de la configuración de flujo en la performance del sistema. Se determinó la incorporación de SPFA a la estructura de los glicéridos (I) y la formación de subproductos. Para comparar el comportamiento del sistema SBR con PBR se definió el parámetro $IOT = m_e * t / (m_{TAG0})$ (m_e , masa de biocatalizador; t , tiempo de reacción, m_{TAG0} , masa de triglicéridos inicial). En el caso del PBR, m_{TAG0} se calcula como el producto de la concentración inicial de TAG por el caudal de operación. Con el IOT de equilibrio en SBR (148 h) se estimó el caudal necesario (0.016 mL/min) para lograr la misma I (49%) en PBR. Se encontró que el bombeo de la bomba peristáltica provoca la formación de burbujas en el lecho debido al flujo pulsado discontinuo generado. Si bien este tipo de flujo evitaría tener problemas de transferencia de materia externa, el área de contacto biocatalizador-sustratos disminuye, provocando una disminución de la eficiencia del sistema de reacción. Esta hipótesis se verificó experimentalmente, ya que para el mismo IOT (batch y continuo) no se obtuvo la misma I. Se propuso la incorporación de un término de eficiencia de contacto en la expresión de IOT del PBR, la cual resultó aumentar linealmente con el caudal de operación. I fue favorecida por el aumento del tiempo de residencia en el lecho. La I máxima obtenida fue 10% a 0.008 mL/min (IOT medido: 296 h, IOT estimado: 10,5 h). La contribución de este trabajo permitirá a futuro mejorar el diseño de reactores a mayor escala.

81RA. APROXIMANTES DE PADÉ EN EL MODELADO DE DENSIDADES DE JUGOS CONCENTRADOS

GUERRERO, M.P.; TOSELLI, L.A.; BONATERRA, F.R.

Grupo de Investigación en Simulación para Ingeniería Química- GISIQ Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María - mguerrero@frvm.utn.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad el cultivo de cítricos en el país es de 150.000 ha, de ese total el 46% corresponde a limones; el 32% a naranjas; el 14% a mandarinas, y el 8% a pomelos. De aquellos cítricos, que por tamaño, forma y color no cumplen con los requisitos necesarios para venderlos “en fresco”, se extraen aceites aromáticos utilizados por las industrias farmacéuticas y perfumeras; pulpas para la elaboración de néctares y gaseosas; cáscaras deshidratadas para fabricar pectinas y jugos concentrados. El volumen exportado creció 35% con respecto al último año. Los números, muestran la conveniencia de incorporar valor agregado a este tipo de productos, especialmente en la producción de jugos concentrados que presentan un marcado incremento en su demanda para exportación. En este trabajo se proponen modelos no lineales para determinar la densidad de jugos de frutas, cítricos y en particular para naranjas, en función de la temperatura T (°C) y de la concentración de sólidos solubles, dada en °Brix, aplicables en simulación de procesos. Para la modelización se utilizaron datos experimentales (21 para cítricos, 27 para naranja y 75 para frutas en general) existentes en la bibliografía científica y se aplicaron aproximantes de Padé como un método alternativo para la determinación de dichos modelos. La correlación obtenida es:

$$\rho[\text{Kg}/\text{m}^3] = \frac{(a+bT)}{(1+cB+dB^2)}$$

Los parámetros a, b, c y d hallados son válidos en el intervalo de temperatura de 10 a 40 °C y concentraciones entre 5 y 30 °Brix, intervalos comunes en el procesamiento industrial del producto. A pesar de existir varios parámetros estadísticos para determinar la bondad de un modelo, desde el punto de vista práctico son las desviaciones promedio y absolutas promedio las que son más significativas, en especial cuando no se dispone de muchos datos experimentales. En el análisis de las correlaciones encontradas para cada tipo de jugo, puede observarse consistencia estadística, con valores elevados de R_a^2 y desviaciones promedio y absolutas promedio menores al 1%, que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Desv. promedio, promedio abs. y Coeficiente de determinación ajustado R_a^2

Densidad	% Δy	% $ \Delta y $	R_a^2
Frutas en General	-0.00228702	0.2919287	0.9818
Naranja	-1.9296 E-05	0.0449543	0.9996
Cítricos	-0.00019604	0.4026072	0.9690

82RA. MODELADO DE LA DESTERPENACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SALVIA (*Salvia Officinalis*) POR DESTILACIÓN A PRESIÓN REDUCIDA

BONATERRA, F. R., GUERRERO, M. P., TOSELLI, L. A., ROSA, M.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María – GISIQ
Av. Universidad 450 - (5900) Villa María, Córdoba - Argentina
Telefax: 54-353-4537500 - e-mail: frb@frvm.utn.edu.ar

RESUMEN

Se analiza el proceso de desterpenación del aceite esencial de salvia (*Salvia officinalis*.) por destilación discontinua a presión reducida utilizando el programa de simulación CC-Batch v6.2.

La composición del aceite esencial obtenido de las partes verdes y aéreas de la planta presenta un rendimiento del 0.58% P/P de aceite esencial.

La composición química (%P/P) de dicho aceite, en sus componentes superiores al 1% fueron: 1,8-cineole (eucalyptol) (33.27), β -tujona (18.40), α -tujona (13.45), borneol (7.39%), β -elemeno (4.82), alcanfor (3.31), α -pineno (2.74), acetato de fenchilo (1.6), α -muurolol (1.41%). Los componentes del aceite esencial, fueron identificados utilizando la biblioteca de espectros de masa de la Wiley Data Base FFNSC 1.3 - Flavors and Fragrances of Natural and Synthetic Compounds

Se puede resumir la composición (%P/P) en términos de las familias de compuestos a las que pertenecen en: hidrocarburos monoterpénicos (8.38%), hidrocarburos monoterpénicos oxigenados (77.84%), hidrocarburos sesquiterpénicos (10.86%) y hidrocarburos sesquiterpénicos oxigenados (2.04%).

El aceite esencial de salvia, presenta composiciones iniciales variables de acuerdo al origen, época de recolección, etc., lo que implica aleatoriedad inicial de la composición de los materiales crudos a procesar.

La desterpenación del aceite esencial de salvia (*Salvia officinalis*), es un proceso de separación de interés comercial, que permite reducir como mínimo, el contenido de no oxigenados a la mitad de valor porcentual.

Las propiedades termodinámicas y los equilibrios líquido-vapor de los componentes corresponden a valores experimentales de la base de datos DETHERM, o el método predictivo UNIFAC para el caso de mezclas que no existían datos experimentales.

Las características de la columna de fraccionamiento y las condiciones operativas obtenidas por el proceso de simulación fueron comparadas con las condiciones experimentales que fueron aplicadas y utilizadas en un ensayo de planta piloto. La diferencia entre los valores experimentales de las composiciones analizadas por GC-MS y las predichas por el simulador difieren como máximo en un 0.50 P/P%

Se propone una forma de trabajo que puede ser aplicable a la desterpenación total o parcial de otros aceites esenciales, con el objeto de mejorar la solubilidad en solventes polares y la estabilidad a la oxidación de los mismos, parámetros que permiten darle además un mayor valor agregado económico a estos productos.

Dada la variabilidad de la composición inicial de esta materia prima de origen natural, es deseable establecer de antemano, y para cada lote, las condiciones operativas de la destilación.

El método desarrollado, constituye una herramienta aplicable a pequeñas industrias que manejan esta operación en condiciones empíricas.

83RA. PELÍCULAS BIODEGRADABLES DE ALMIDÓN OBTENIDAS POR TERMOCOMPRESIÓN

LÓPEZ, O.L.^{1,2}; GARCÍA, M.A.¹; ZARITZKY, N.E.¹; VILLAR, M.A.²

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, CIDCA (UNLP-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, (1900) La Plata, Argentina

² Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina

E-mail: ovlopez75@yahoo.com.ar; magarcia@quimica.unlp.edu.ar; zaritzky@ing.unlp.edu.ar; mvillar@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

El empleo de películas biodegradables permitiría disminuir el impacto ambiental ocasionado por los materiales sintéticos. El almidón de maíz es un biopolímero disponible a un bajo costo y con buena capacidad filmogénica. El objetivo de este trabajo fue desarrollar películas de almidón de maíz por termocompresión, optimizando su composición y las condiciones de procesamiento. Se prepararon mezclas de almidón, glicerol y agua cuyas proporciones (en peso) fueron las siguientes: 10:3:2,5 y 10:3:4,5. Las mezclas se procesaron en una Brabender Plastograph a 140°C y 50 rpm durante 15 min. El material obtenido se trituró y acondicionó a 25°C y diferentes humedades relativas (20 y 60 %HR). La composición de las mezclas antes y después de ser procesadas se determinó mediante análisis termogravimétrico (TGA) empleando una balanza Perkin Elmer TGA-2. La descomposición térmica de las mezclas antes de ser procesadas ocurrió en tres etapas asociadas a la pérdida de agua, descomposición del glicerol-almidón y oxidación del almidón parcialmente descompuesto. El contenido de agua resultó ser 15,1 y 24,8 % para las mezclas 10:3:2,5 y 10:3:4,5, respectivamente. Cuando las mezclas se procesaron, la descomposición térmica de la formulación con bajo contenido de agua ocurrió en una sola etapa, atribuida principalmente a la descomposición del almidón (319,8°C); en cambio, la curva TGA de la mezcla con procesada con mayor contenido de agua presentó las tres etapas de descomposición descritas, siendo la más significativa la de la degradación del almidón (319,1°C). Las películas se obtuvieron por compresión a 140°C durante 6 min a 150 Kg/cm² en una prensa hidráulica. Las mismas resultaron transparentes, levemente coloreadas y el acondicionamiento de las mezclas antes de la compresión permitió desarrollar películas más flexibles. La homogeneidad y apariencia de las películas se evaluó por SEM con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 6360. La rugosidad de las superficies se analizó mediante microscopía de fuerza atómica (AFM) empleando un equipo Veeco Instruments. Las películas se acondicionaron en las mismas condiciones que las mezclas y se evaluó su comportamiento mecánico a partir de ensayos de tracción en una máquina de ensayos Instron 3369, observándose que el contenido de agua afectó significativamente sus propiedades mecánicas. Además, se determinaron las temperaturas y las intensidades del fenómeno de relajación de las películas acondicionadas mediante un análisis dinámico-mecánico empleando un equipo DMA Q800 (TA Instruments) determinándose que estos materiales son sistemas parcialmente miscibles constituidos por una fase rica en glicerol y otra en almidón.

84RA. OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SOLUBLES A BASE DE QUERATINA A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA

JULIANA ORJUELA PALACIO¹, MARIA C. LANARI¹, NOEMÍ ZARITZKY^{1,2}

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA)

Fac. de Ciencias Exactas Universidad Nacional de La Plata _ CONICET.

2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

julianaorjuela11@gmail.com

RESUMEN

Las plumas de pollo son una excelente fuente de queratina, una proteína de alto valor biológico con aplicaciones medicas y cosmetológicas. Desde el punto de vista ambiental, las plumas son un residuo altamente contaminante y su eliminación representa un grave problema para la industria avícola. La elaboración de productos solubles a base de queratina permitiría obtener compuestos de alto valor agregado a la vez que reducir su impacto ambiental

La queratina, es rica en cisteína y en residuos hidrofóbicos y está unida principalmente por enlaces disulfuro y por puentes de hidrógeno siendo insoluble en agua y en soluciones salinas diluidas. Una de las técnicas que se utilizan para obtener queratina soluble involucra el empleo de mercaptoetanol que es tóxico, caro y agresivo para el medio ambiente.

En el presente trabajo se describen diversas alternativas tecnológicas para la obtención de productos solubles a base de queratina a partir de plumas de ave provenientes de un Frigorífico de la Pcia de Entre Rios.

La materia prima fue lavada y desgrasada con eter de petróleo. Se emplearon dos métodos de extracción de la proteína soluble por hidrólisis alcalina: a) Sulfuro de Sodio o b) Hidróxido de Sodio. Las soluciones de queratina obtenidas se dializaron durante 12-24 horas para la eliminación de sales.

Para impedir la reformación de las uniones disulfuro se realizaron dos modificaciones: a) Alquilación con Ácido Monocloroacético; b) Sulfitolisis oxidativa con Peroxido de Hidrogeno y Sulfito de Sodio. Los productos obtenidos mediante las diversas técnicas se llevaron a su punto isoeléctrico (pH=4.2) y los precipitados se liofilizaron.

Para determinar el grado de modificación de las muestras después de la alquilación o la sulfitolisis oxidativa, se midió la concentración de sulfhidrilos en las soluciones dializadas con el reactivo DTNB (5-5´ditiobis(2-acido 2 nitrobenzoico) y con el ensayo NTSB (2-nitro5 tiosulfobenzoato de sodio) se determinó el contenido de disulfuros en las muestras liofilizadas. Las muestras de las distintas partes de las plumas (raquis, cálamo y barbas) y los productos liofilizados secos y con distintos grados de humedad se analizaron por Calorimetría Diferencial de Barrido. Se determinaron en todos los casos las temperaturas y entalpías de desnaturalización de las queratinas. Asimismo se desarrollaron films a base de queratina por el método de moldeo incluyendo glicerol como plastificante. Las películas se secaron a 40 °C durante 24 horas y se obtuvieron los correspondientes espectros Infrarrojo.

85RA. CARACTERIZACIÓN DEL HIDROLIZADO PROTEICO Y EL ACEITE OBTENIDO DEL RESIDUO DE LAS INDUSTRIAS TRANSFORMADORAS PESQUERAS

MASSA, A^{1,2,3}; VITTORE, M²; YEANNES, M^{1,3}; MANCA, E²

CONICET; 2) INIDEP; 3) Facultad de Ingeniería. UNMDP.

Paseo V. Ocampo N°1 (Escollera Norte) Mar del Plata - aguedamassa@inidep.edu.ar

RESUMEN

Distintos estudios indican que más del 40% del peso total de los desembarques pesqueros son desechados por las industrias transformadoras. Estos residuos, que incluyen partes de los ejemplares que se descartan durante el procesamiento (cabeza, vísceras, piel y esqueletos), presentan proteínas que contienen naturalmente un buen balance de aminoácidos y lípidos ricos en ácidos poliinsaturados omega 3. Si bien, el destino principal de estos desechos es la elaboración de harina y aceite de pescado, se están estudiando distintas estrategias para generar productos de mayor valor agregado, utilizando métodos de obtención menos agresivos que permitan mantener el valor nutricional. Una de las principales líneas de investigación es la hidrólisis enzimática, mediante este procedimiento se obtienen básicamente dos fracciones: una fase soluble denominada hidrolizado proteico de pescado (FPH) y una fracción lipídica. En este contexto, los objetivos del presente trabajo fueron (1) obtener y caracterizar el FPH y el aceite del residuo de las industrias transformadoras pesqueras (merluza y caballa) y (2) comparar estos productos con el aceite y la harina obtenidos industrialmente. El residuo se obtuvo de una empresa elaboradora de harina y aceite de pescado de alta calidad (Agustiner S.A.). El FPH fue elaborado utilizando una proteasa comercial (Alcalase 2,4 L). Las condiciones de hidrólisis fueron: tiempo de incubación 1h; pH 8; temperatura 60±2°C y relación enzima/sustrato 2%. Finalizado el período de incubación, la enzima fue inactivada por calor (85°C, 10min) y las fases se separaron por centrifugación. La materia prima y el FPH se caracterizaron químicamente (humedad, cenizas y proteínas se determinaron según AOAC, los lípidos fueron cuantificados según Bligh y Dyer, 1959). La calidad de los aceites se determinó a través del índice de anisidina, peróxidos y Totox. La composición química del residuo fue (en base seca): proteínas 55,18%; lípidos 22,14% y cenizas 16,46%. El FPH presentó: proteínas 82,98%; lípidos 7,58% y cenizas 9,26%. Nutricionalmente, estos valores fueron superiores que la composición de la harina obtenida en la industria (proteínas 66,33%; lípidos 7.30% y cenizas 23.64%). El aceite recuperado durante el proceso de hidrólisis enzimática fue significativamente superior al obtenido con el método comercial tradicional (rendimiento 15,70% vs 2.33%), siendo la calidad de ambos aceites similar. De acuerdo a los resultados obtenidos la hidrólisis enzimática de los residuos pesqueros es una alternativa viable para aumentar su valor agregado.

86RA. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA APLICABILIDAD DE EXTRACTOS DE PROPÓLEO A TRAVÉS DEL EMPLEO DE POLISACÁRIDOS

PEREYRA GONZALES, A.¹; BUSCH, V.M.²; DOS SANTOS, C.²; MAZZOBRE, M. F.^{2,3}; SANTAGAPITA, P. R.^{2,3}; BUERA, M. P.^{2,3*}

¹ Medex d.o.o., Eslovenia ² Departamento de Industrias - Facultad de Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires – Argentina ³ Miembros de CONICET
* pilar@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

Los propóleos son productos apícolas compuestos por resinas y otras sustancias (como flavonoides y fenoles) que han sido estudiados por su potencial efecto benéfico sobre la salud y que además podrían ser de gran interés tecnológico. Estos componentes son solubles en etanol, pero no en agua. Para promover sus aplicaciones tecnológicas sería importante aumentar la solubilidad acuosa de estos componentes del propóleo y además evitar el problema de su aroma y *flavor*. El objetivo del presente trabajo fue incrementar la solubilidad en agua de los compuestos activos del propóleo a través de su encapsulación con β -ciclodextrina (BCD) o su dispersión con polímeros naturales.

Se realizó una extracción del propóleo con etanol 96° en una proporción propóleo/etanol 30:100 (p/v) y se secó al vacío a 50°C. El extracto seco o una solución etanólica (1,5% p/v) se suspendieron en soluciones de diferentes concentraciones de polímeros naturales o de BCD (de 0 a 15mM). Los sistemas con polímeros (gomas arábica y guar, gelatina y galactomananos de vinal -especie autóctona del Noreste argentino-) se prepararon mezclando con un dispersor tipo ultraturax, y los de BCD se agitaron durante 48h o se sonicaron durante 4 horas a 40 y 60°C.

Los polifenoles totales se determinaron en los sobrenadantes (luego de centrifugar) por la técnica de Folin-Ciocalteu, empleando ácido gálico como patrón.

Los polímeros naturales mostraron diferente capacidad para suspender los extractos de propóleo, dependiendo de sus concentraciones, siendo las más adecuadas entre 1 y 2% (p/v). Las suspensiones obtenidas empleando el extracto etanólico con goma arábica y galactomananos de vinal tuvieron menor turbidez y mayor cantidad de polifenoles solubles, no así la gelatina que precipitó ante el agregado de etanol.

Luego del almacenamiento a 8°C durante 30 días, las suspensiones de extracto etanólico en el sistema de goma arábica no mostraron cambios y en las de galactomananos de vinal más del 50% de los polifenoles permanecieron solubles.

La presencia de la BCD aumentó la solubilidad de los polifenoles del propóleo y se pudo calcular la constante de estabilidad de este complejo a 40 y 60°C. La encapsulación en BCD demostró ser un proceso exotérmico y espontáneo.

Tanto los polímeros naturales como la BCD fueron efectivos para aumentar la solubilidad de los polifenoles. Estos métodos constituyen una alternativa para el desarrollo de formulaciones acuosas que permitan concentrar componentes activos de propóleos ya sea para su empleo como suplemento alimentario o como aditivo de acción antioxidante.

87RA. EVALUACIÓN DEL PODER ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS VEGETALES POR EL MÉTODO DE QUELACIÓN DE HIERRO

TABOADA, C.; AMADIO, C.; MEDINA, R.

Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo – Alte. Brown 500 - Mendoza – Argentina.
5505

E-mail: camadio@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

La degradación química de los alimentos corresponde principalmente a un proceso oxidativo que es inducido por efecto de la luz, el calor y la presencia de trazas de algunos iones metálicos de transición, factores que inducen la formación de rancidez en lípidos. Con el objetivo de preservar los alimentos de la degradación oxidativa, la industria alimentaria ha utilizado durante años antioxidantes sintéticos; sin embargo, recientes estudios de toxicidad han provocado restricciones de su uso a nivel internacional, lo que ha motivado la búsqueda de sustitutos cuya inocuidad no sea cuestionada. Una posible alternativa a los antioxidantes sintéticos son los extractos naturales, de especias, ajo, cebolla, etc., que protegen los alimentos de la degradación química, preservando así sus características nutritivas y organolépticas.

Para evaluar el posible efecto de quelación Fe^{+2} de distintos extractos vegetales, se siguió la técnica de Carter, la cual consiste en aprovechar la capacidad de la Ferrozina para formar con el Fe II compuestos coloreados, cuya intensidad varía según su concentración, pudiendo determinarla a 562 nm, mediante un espectrofotómetro. Los extractos utilizados fueron: aceites esenciales de *Origanum x majoricum*, *Origanum x applii*, *O. vulgare ssp. vulgare*, *O. vulgare ssp. virens*, *Acantholippia seriphioides*, extractos alcohólico, oleoso, ácido y en salmuera al 10% de ajo castaño y extractos a baño maría y de 48 horas de escobajo y de hojas de *Vitis vinifera* variedad Malbec.

Los aceites esenciales no presentaron efecto de quelación de hierro. En cuanto a los escobajos y hojas resultaron con mayor poder de quelación los escobajos, que las hojas (10 %) y mejor aquellos que habían sido extraídos a las 48 h (93 %) con respecto a los de baño maría (80 %). De los extractos de ajo, el que más secuestró fue el ácido (74 %). Las muestras más concentradas quelaron más el hierro que las diluidas.

De los extractos vegetales ensayados los que presentan mejor poder de secuestro de Fe^{+2} son: el extracto ácido de ajo castaño y el de escobajo de hojas de vid variedad Malbec, los cuales pueden ser utilizados como antioxidantes en alimentos.

88RA. CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE HUMANA PASTEURIZADA POR DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS

AMADIO, C.; MEDINA, R.; MIRALLES, S.; ARGÉS, L.; GERRY, M.; YANELLI, OBERTI, G.; A.; ZIMMERMANN, M.

RESUMEN

La leche humana tiene propiedades únicas antioxidante que ayudará al niño prematuro para hacer frente al incremento del estrés oxidativo y aporta al niño, un completo sistemas de defensas antioxidantes que lo protegen del daño celular, la destrucción del ADN y, la incidencia y severidad de las denominadas “enfermedades de las especies reactivas del oxígeno”.

El estudio se realizó con el objeto de conocer el tiempo que se puede almacenar la leche humana cruda y pasteurizada apta para el prematuro manteniendo sus propiedades fisicoquímicos y sus propiedades antioxidantes.

Se trabajó con leche humana de madres de niños prematuros de la unidad de Neonatología del Hospital Lagomaggiore de Mendoza.

La leche se dividió en tres fracciones de 100 ml cada una en campo de llama y se envasó en recipientes de vidrio estériles, que fueron sometidos a diferentes tratamientos: una se dejó cruda, la otra se pasteurizó a 62,5°C durante 30 minutos y la tercera se pasteurizó a 72°C durante 15 segundos y se conservaron en refrigeración a $5 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 14 días.

Durante los días 0, 1, 3, 7, 10 y 14 se evaluaron en los diferentes tratamientos humedad, cenizas y acidez mediante la técnica normalizada utilizada en bancos de leche humana. Además el poder antioxidante se determinó por triplicado a través de la reactividad de los radicales libres mediante la reacción con el radical DPPH (1,1-difenil-2-picrylhydrazyl).

Los resultados se analizaron mediante ANOVA para $\alpha = 0,05$.

El análisis mostró que los valores de humedad, cenizas y peso específico fueron semejantes para los tres tratamientos, y se mantuvieron durante el almacenamiento.

La acidez en los días 0 y 1 fue de 2° D (grados Dornic) para los tres tratamientos, a partir del día 4 la leche cruda supera los 8° D valor máximo que se permite para la alimentación de niños prematuros y es mayor que la pasteurizada.

El porcentaje de inhibición de radicales libres es mayor en la leche cruda que las que ha sufrido un tratamiento de pasteurizado, pero no hay una notable diferencia. La leche cruda presenta un descenso pronunciado comparado con las leches pasteurizadas y se observa que al cabo de los 14 días de almacenamiento las tres muestras presentan un porcentaje de inhibición similar.

La leche puede almacenarse en refrigeración durante 3 días sin modificar sus características, además el tratamiento térmico no modifica significativamente las características de la leche humana cruda.

89RA. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE NUEVAS CULTIVARES DE TOMATE

CANOVAS, L¹; VIGNONI¹, L; VENTRERA¹ N; GALLARDO² G; TAPIA¹, O.

1 Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo Alte Brown 500 Ch de Coria Mendoza

2 INTA EEA La Consulta

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar sensorialmente diez nuevas cultivares de tomate producidas por el INTA La Consulta. Participaron 30 panelistas, que volcaron sus percepciones en una planilla diseñadas especialmente. El análisis descriptivo de los datos, a partir de las medianas, permitió elaborar los perfiles sensoriales de: a) tomate entero, b) de tomate en mitades y en trozos y c) particular de sabor. Cada una de las variables evaluadas se sometió a Prueba de Friedman y Prueba de Tukey no paramétrica, mediante software Infostat, para un nivel de significancia del 0,05.

Las líneas 833, 705 y 950 presentaron perfiles medianos, equilibrados y semejantes. En cuanto a la forma, las líneas 771 y 1015 presentaron el máximo valor de la escala como mediano. El color de la piel se destacó en la línea 724. La Prueba de Friedman arrojó diferencias significativas para las variables aspecto general, color y forma (en todos los casos $p < 0,0001$). En aspecto general resultaron diferentes sólo las líneas 856 y 1017, no diferentes entre ellas, pero no bien valoradas.

Para el color de piel, las líneas 856, 1017, 890, 936 y 705 fueron las mejor valoradas (de menor rango medio) y no significativamente diferentes entre ellas. En color de la pulpa, la línea 724 fue la de mayor intensidad y resultó significativamente diferente al resto.

La mayor puntuación para la relación pulpa semilla la obtuvieron las líneas 724, 705 y 890, resultando significativamente diferentes de las demás. El resto obtuvo medianas entre 3 y 4, no resultando diferentes entre ellas.

Con respecto al olor y sabor característico todas las líneas obtuvieron medianas entre 3 y 4. La prueba de Friedman no arrojó diferencias significativas entre las líneas para estas características ($p = 0,3457$ y $p = 0,8069$, respectivamente).

Las líneas 1017 y 890 fueron las de menor jugosidad ($p < 0,0001$).

Las líneas 1017, 856, 705, 890 y 1015 obtuvieron los mayores valores medianos para el sabor dulce y la Prueba de Friedman arrojó diferencias significativas ($p < 0,0016$) entre las líneas.

Es de destacar que el valor mediano de sabor ácido no superó en general el valor 2, excepto en la línea 724, cuyo perfil resultó muy amplio para todas las características, y por ende desfavorecido por la valoración de la características de acidez. Sin embargo, la Prueba de Friedman no indicó diferencias significativas entre las líneas ($p = 0,3820$).

90RA. LA MOZZARELLA Y SUS POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN EN LA ZONA DE SANTA FE

⁽¹⁾ BARONI, D.; ^{(3) (*)} REBECHI, S. ⁽²⁾ BARONI, E.; ⁽³⁾ ZALAZAR, C.

⁽¹⁾ Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja, Esperanza, UNL

⁽²⁾ Ciclo de Licenciatura en Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Reconquista, UNL

⁽³⁾ Instituto de Lactología Industrial, Fac. Ing. Qca, UNL - CONICET. Santiago del Estero 2829, CP 3000, Santa Fe, Argentina. ^(*) E-mail: srebechi@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

Los quesos hilados se distinguen por la estructura de su pasta que deriva de una tecnología de producción especial. La característica más distintiva de esta tecnología es la etapa de hilado que consiste en el amasado de una cuajada acidificada sumergida en agua muy caliente.

La mayoría de los quesos de pasta hilada han tenido su origen en Italia, la mozzarella, el más popular entre los productos frescos, se caracteriza fundamentalmente por su elevado contenido de humedad, lo que la hace perecedera y por lo tanto de rápido consumo

Si bien los orígenes de la misma están asociados a la introducción del ganado bufalino en el sur de Italia hacia el siglo VII, existen datos de que también era elaborada con leche de vaca. Entre 1930 y 1946 se da a conocer la división sutil, pero inequívoca entre mozzarellas de vaca y búfala.

Con el término genérico de *Mozzarella*, se denomina un producto elaborado en muchos países con leche de vaca o mezclas de vaca y búfala pasteurizadas, no tiene denominación de origen y en la acidificación de la leche pueden usarse tanto fermentos biológicos como agentes químicos. Se presenta en esferas de 35 a 300 g. y su producción se ha adaptado a sistemas altamente mecanizados.

La *Mozzarella de búfala campana* es un producto con denominación de origen (DOC 10/05/93). En su elaboración se usa leche cruda, fermento natural y coagulante de ternero. Su hilado se hace manualmente, su pasta es blanca, mantecosa, dulce y se la consume en platos fríos.

En la Argentina, se conoce como “Queso Mozzarella” al producto elaborado con leche pasteurizada, fermentos comerciales y sistemas mecanizados. Se lo presenta en barras o cilindros de 4 a 6 kg. y debe satisfacer las exigencias requeridas por las pizzerías que es su principal destino.

La Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja de la UNL dispone de un pequeño plantel de búfalas que producen diariamente entre 6 y 8 litros de leche cada animal. Teniendo en cuenta la disponibilidad de esta materia prima, en el Instituto de Lactología Industrial se están realizando experiencias de producción de mozzarella a escala piloto. Para ello, a la leche pasteurizada se le adicionó una cepa de *Streptococcus thermophilus* y se coaguló a 40°C. Una vez lizado el coágulo fue agitado suavemente y acidificado bajo suero a un valor de pH cercano a 5. Luego se procedió al hilado en agua caliente (85°C).

La composición global de las mozzarellas fueron las esperadas para este tipo de queso.

91RA. HIDROXIAPATITA SINTÉTICA PARA ABATIMIENTO DE FLÚOR EN AGUAS DE CONSUMO EN POBLACIONES RURALES DISPERSAS

ROSSI ZIBARELLI, V.¹, CÁCERES R.²

¹Departamento de Ingeniería Química, ²Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. República Argentina. Fax: 0054 264 4200289. E-mail: yrossi@novoplack.com

RESUMEN

La ingestión continua de agua con fluoruro en exceso provoca fluorosis, por la deposición del fluoruro en huesos y cartílagos. Los efectos de la fluorosis incluyen desórdenes metabólicos; dientes jaspados y caries dentales (fluorosis dental); articulaciones atiesadas, huesos quebradizos y estructura de esqueleto torcida (fluorosis esquelética). En la República Argentina no existe un conocimiento profundo de la extensión de la problemática del flúor en las aguas de consumo humano. En general se piensa que es tan amplia como la del arsénico debido a que ambos elementos están normalmente asociados en las aguas naturales subterráneas. Las principales provincias afectadas por la presencia natural de flúor en aguas subterráneas son entre otras: Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, Santa Fe, San Luis y La Rioja.

El objetivo de nuestro trabajo es desarrollar metodologías y conocimientos destinados a la solución de la problemática la fluorosis en poblaciones rurales dispersas. En particular desarrollar una tecnología aplicable a este tipo de poblaciones que utilice hidroxapatita sintética para el abatimiento de flúor en agua de consumo humano.

La síntesis de hidroxapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ se efectúa por la reacción directa entre lechada de cal $[Ca(OH)_2]$ y ácido ortofosfórico $[H_3PO_4]$. El gel obtenido se utiliza en dos maneras (directa o polvo seco) para llevar a cabo la eliminación de flúor de las aguas de consumo. Se utiliza agua de red de la ciudad de San Juan adicionada con NaF. El pH se ajusta agregando HCl o NaOH. La determinación de las concentraciones de flúor se llevan a cabo por el procedimiento espectrofotométrico SPANDS desarrollado por HACH y aceptado por la USEPA para el reporte de agua potable.

Se ensayaron geles de hidroxapatita obtenidos a distintos pH finales. Se utilizó agua con 6,2 ppm F⁻ /L y pH = 6,5. Los mejores resultados de abatimiento de flúor (85 %) se obtuvieron con geles obtenidos a pH final = 7.

Los resultados muestran que el empleo de hidroxapatita sintética es un procedimiento factible de ser aplicado al abatimiento de flúor en poblaciones rurales dispersas ya que además de poder obtener aguas para consumo humano bajo norma, es de bajo costo, no es imprescindible el uso de energía eléctrica, se puede implementar con equipamiento simple, no es necesaria mano de obra especializada y sus residuos no representan un problema medioambiental.

92EFECTO DE LA DESHIDRATACION OSMÓTICA SOBRE LA INTENSIDAD RESPIRATORIA Y LA ACTIVIDAD DE AGUA DE CUBOS DE ANCO (*Cucurbita moschata*)

KVAPIL, M. F.¹; CANTOS, S. A.¹; RODRIGUEZ, S. del C.¹; QÜESTA, A.G.¹; MASCHERONI, R.H.²

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - Facultad de Agronomía y Agroindustrias - Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912 - (4200) Santiago del Estero - Argentina

E-mail: agquesta@unse.edu.ar

2. CIDCA (CONICET La Plata y Universidad Nacional de La Plata) y Modial (FI-UNLP). 47 y 116 - (1900) La Plata - Argentina

RESUMEN

La técnica de deshidratación osmótica (DO) actualmente ha cobrado gran interés debido a las bajas temperaturas de operación utilizadas (25-50 °C), que evitan el daño de productos termolábiles, además de reducir los costos de energía para el proceso.

El objetivo de este trabajo fue determinar la variación de la intensidad respiratoria (IR) y actividad de agua (a_w) de cubos de anco sometidos a DO, variando el tamaño de corte y la concentración de la solución osmodeshidratante.

Se utilizaron ancós (*Cucurbita moschata*), obtenidos del mercado local, que luego de lavados y pelados, se cortaron manualmente en cubos de 1,0 y 1,5 cm de lado los cuales se colocaron en canastas metálicas. Estas se sumergieron en soluciones de sacarosa de 45°, 55° y 65°Bx a 30 °C con agitación forzada. Se extrajeron muestras a 0,5, 1, 2 y 3 horas de tratamiento.

Para medir la IR, se utilizó el método de confinamiento midiendo la concentración de dióxido de carbono generado por cromatografía gaseosa. La a_w se determinó con un medidor electrónico (ROTRONIC).

Se observó una disminución de la a_w a medida que avanzó el tiempo de deshidratación, siendo más marcada para los cubos de 1,0 cm a partir de 0,5-1 h. Al comparar el efecto de la concentración del medio osmótico, en las muestras de 1,0 cm no hubo diferencia significativa entre 55° y 65°Bx a partir de las 2 h, alcanzándose valores de, aproximadamente, 0,944 al final del tratamiento, significativamente menor que el alcanzado con la solución de 45°Bx. Por otra parte, para la mayor dimensión característica, se alcanzó el menor valor de a_w (0,958) a las 3 h con la solución de 65°Bx, sin encontrarse diferencia entre 45° y 55°Bx.

La IR fue mayor para cubos de 1,0 cm inmediatamente después de producido el daño mecánico manteniéndose, en general, esta tendencia durante todo el proceso. Durante la DO, estos evidenciaron, a partir de las 2 h, una mayor IR con 65°Bx no encontrándose diferencias entre 45° y 55°Bx. Sin embargo, para los de 1,5 cm los mayores valores se encontraron a 55° y 65°Bx, sin registrarse diferencia entre estas dos concentraciones.

La DO ocasiona un incremento en la IR de los cubos de anco que se contrapone con la disminución de la a_w alcanzada durante el proceso por lo que sería necesario encontrar la mejor combinación de las variables estudiadas para prolongar la vida útil del producto.

93RA. COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTAS DO CERRADO BRASILEIRO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS

ALVES, M.R.P.¹; PEREIRA, S.F.M.²; CARLOS, L.A.¹; BERNADES, N. R.²;
OLIVEIRA, D. B.²

¹Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas- Sete Lagoas-MG, Brasil;

² Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. E-mail: silvia@uenf.br

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior Bioma da América do Sul, ocupando uma área de 204 milhões de hectares, do território brasileiro e abriga uma grande biodiversidade, rica em fontes de materiais bioativos ainda desconhecidos e inexplorados, que podem atuar como agentes antioxidantes. Dentre os principais componentes bioativos dos alimentos com ação antioxidante estão os compostos fenólicos e taninos. Este trabalho teve como objetivo investigar os conteúdos de compostos fenólicos totais, de taninos condensados dos frutos de *Dipteryx alata* (baru), *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Brosimum gaudichaudii* (mamacadela). O material vegetal foi coletado no Cerrado nativo, situado nas proximidades do Município de Sete Lagoas, na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais – Brasil, com coordenadas geográficas 19° 28' 4" latitude sul e 44° 14' 52" longitude oeste. Os frutos foram despulpados manualmente e suas polpas frescas foram submetidas às análises. O conteúdo de compostos fenólicos totais foi quantificado pelo método Folin-Denis. O conteúdo de taninos condensados foi realizado pela hidrólise ácida com butanol em HCL (5%). Os resultados para ambas as análises foram expressos em g/100g de matéria fresca. Todos os frutos exibiram quantidades relevantes de compostos fenólicos e taninos condensados, com destaque para a polpa de baru que exibiu os mais elevados teores destes constituintes (1,12 e 8,19) respectivamente, seguido pela mamacadela (1,08 e 8,16) e jatobá (0,57 e 3,45). O estudo realizado, o qual traz o primeiro relato sobre o teor dos referidos compostos nesses frutos aponta que os mesmos podem ser consideradas fontes naturais de compostos fenólicos, podendo representar uma nova opção de matéria prima para a indústria alimentícia e ainda ser associado a uma dieta saudável que proporcione benefícios à saúde da população através do seu consumo *in natura*.

Apoio: FAPEMIG, FINEP

94RA. ESTUDIOS PRELIMINARES DE FERMENTACIÓN DE JUGO TURBIO DE FRAMBUESA CON *Lactobacillus plantarum*

LUJÁN M., LOK M., SIMES A., DE MICHELIS A.

Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos - Universidad Nacional del
Comahue - lujanmaisa@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se ha demostrado que las bacterias probióticas pueden colonizar y proliferar en el tracto intestinal de humanos y animales previniendo el crecimiento de patógenos intestinales. Estos microorganismos, por sus beneficios en la salud humana, han sido adicionados a una variedad de productos lácteos como leches fermentadas y yogures. Sin embargo, en los últimos años, se ha incrementado por parte de los consumidores la demanda de productos probióticos no lácteos debido a problemas tales como intolerancia a la lactosa y el contenido en colesterol asociado a los mismos. Los jugos vegetales fermentados son una nueva categoría de alimentos probióticos en desarrollo.

El objetivo de este trabajo es determinar si es posible elaborar jugo turbio probiótico a partir de frambuesas utilizando cultivos de *L. plantarum*.

Se elaboró jugo turbio a partir de frambuesas congeladas cosecha 2011 (variedad Tulameen) procedentes de El Bolsón, Patagonia Argentina. Se determinaron sólidos solubles refractométricos, pH y acidez titulable.

En el presente estudio se usaron dos cepas de *L. plantarum* (INLAIN 813, y 998). El inóculo para las experiencias se preparó realizando dos repiques sucesivos en caldo MRS a 37°C y posterior lavado con buffer fosfato salino, pH 7. El recuento de células viables se determinó mediante el método estándar en placa con medio MRS incubando 48 horas a 37°C.

Las experiencias de fermentación se realizaron con dos alícuotas de jugo turbio de frambuesa estéril (121°C, 15 min.) los cuales fueron inoculadas al 2% con los cultivos de *L. plantarum* e incubados a 37°C en estufa de cultivo durante 48 horas. Los recuentos de células viables se realizaron al comienzo de la fermentación (tiempo 0), a las 24 y 48 horas, expresándose los resultados como UFC/g.

Los valores iniciales de UFC/g fueron $2,4 \cdot 10^7$ y $6,4 \cdot 10^7$ para las cepas INLAIN 813 y 998 respectivamente. A las 48 horas de fermentación la concentración celular disminuyó aproximadamente en 3 ciclos logarítmicos para ambas cepas. Sin embargo, a las 24 horas la concentración celular de la cepa 998 se mantuvo prácticamente en el valor inicial.

Estos resultados preliminares indican que las frambuesas podrían servir como matriz para la elaboración de un jugo turbio probiótico por fermentación con cepas de *L. plantarum*. Se proyecta realizar, más ensayos y estudiar la resistencia gastrointestinal simulada para concluir que el jugo es un nuevo alimento funcional no lácteo.

95RA. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS Y DE SORCIÓN DE AGUA DE LA GOMA EXUDADA DEL ALGARROBO BLANCO (*Prosopis alba*) PARA SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

VASILE, F. E.^{1*}; JUDIS, M. A.¹; MAZZOBRE, M. F.²

¹ Universidad Nacional del Chaco Austral - Pcia. R. Sáenz Peña (3700) Chaco – Argentina. ² Departamento de Industrias - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires - Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires – Argentina. *francovasile@uncaus.edu.ar

RESUMEN

El algarrobo blanco (*Prosopis alba* Grisebach) es una de las especies con mayor dispersión y abundancia en la región fitogeográfica del monte chaqueño. Este árbol nativo, útil por su madera y por sus frutos, produce en condiciones de estrés hídrico, térmico y/o fisiológico, un líquido viscoso que fluye a través de la corteza donde finalmente se endurece en lágrimas y nódulos de color ámbar. Este exudado, compuesto fundamentalmente por arabinogalactanos proteicos, comparte numerosas características químicas y funcionales con la goma arábica, la cual es considerada uno de los agentes emulsionantes, estabilizantes y encapsulantes de mayor aplicación en diferentes áreas industriales. A pesar de ello, el exudado del algarrobo blanco constituye un recurso actualmente desaprovechado, resultando su industrialización una alternativa de desarrollo económico agropecuario, acorde con las tendencias de aumento del valor de recursos no maderables y de desarrollo sostenible. Con el objeto de contribuir a la caracterización fisicoquímica y funcional de la goma exudada del algarrobo blanco, en este trabajo se determinaron las transiciones térmicas y las propiedades de sorción de agua de la goma purificada, utilizándose goma arábica como material de referencia. Las lágrimas de goma fueron recolectadas manualmente entre los meses de junio y noviembre, en plantaciones de algarrobo de varias localidades de la provincia del Chaco. La muestra incluyó piezas más o menos redondeadas y fragmentos resultantes de su rotura, de sabor amargo y olor suave ligeramente dulzino, con coloraciones que variaban desde ámbar claro hasta pardo oscuro. La muestra se disolvió en agua calentando a 75 °C y agitación continua. La solución resultante fue filtrada, dializada, congelada y posteriormente liofilizada. Se obtuvo la isoterma de sorción de agua equilibrando la goma liofilizada a distintas humedades relativas (11-96%). Las transiciones térmicas se determinaron por calorimetría diferencial de barrido. Se logró optimizar el proceso de purificación de la goma del exudado. Los valores de temperatura de transición vítrea (T_g) disminuyeron al aumentar el contenido de agua del sistema y fueron algo menores a los reportados para goma arábica. La dependencia de T_g con el contenido de agua se ajustó empleando la ecuación de Gordon-Taylor. La isoterma de sorción de agua mostró un comportamiento de tipo sigmoideo similar al observado para goma arábica por otros autores, lo cual podría explicarse en términos de características estructurales y grupos funcionales comunes en ambos biopolímeros. El modelo de GAB resultó adecuado para describir el contenido de agua de equilibrio de la goma.

**96RA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PEDÚNCULO DO CAJU
(*Anacardium occidentale* L.) ORIUNDO DE TERESINA-PIAUI.**

**SILVA, F. W. S.¹; REIS, D. C. C.¹; SOUSA, P. B.¹; SILVA, E. F.¹; SILVA, M. J. M.²;
TEIXEIRA, P. R. S.³**

4. Curso de graduação em Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: wenner_sousa@hotmail.com

5. Técnico do Laboratório de Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: manoelmarques@ifpi.edu.br

6. Químico, Tecnólogo em Alimentos e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: paulo_ronaldo@ifpi.edu.br

RESUMO

O caju é uma das frutíferas de maior importância sócio-econômica para a região Nordeste do Brasil. A amêndoa é muito apreciada, constituindo, juntamente com o líquido da casca da castanha, o principal produto de exportação. O pedúnculo de aparência exótica apresenta alto teor de vitamina C e grande valor nutricional. Entretanto, o aproveitamento ainda é insignificante em relação à quantidade da matéria-prima potencialmente disponível. Desta forma objetivou-se com esta pesquisa o estudo da caracterização físico-química do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) de coloração amarela originário do município de Teresina–Piauí, já que este ainda não possui uma grande significância no aproveitamento industrial, sendo descartado pela sua alta perecibilidade. Os parâmetros avaliados foram: pH, sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, acidez total titulável (ATT), vitamina C, cinzas, SST/ATT e umidade, todos estes de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Os resultados das médias dos parâmetros estudados, foram de 4,41 para o pH; 8,17 para SST; ATT foi de 0,48%; Vitamina C de 181,54 mg/100g; Umidade apresentou um valor de 89,02%; Cinzas de 0,69% e a relação de SST/ATT foi de 17,35. Pode-se concluir que este apresentou um elevado teor para vitamina C assim como para umidade na qual este alto valor de umidade torna-se um fator importante devido à ação de microrganismos reduzindo a sua vida pós-colheita.

97RA. TRIAGEM FITOQUÍMICA DO PEDÚNCULO DO CAJU (*Anacardium occidentale* L.)

SILVA, F. W. S.¹; REIS, D. C. C.¹; SOUSA, P. B.¹; SILVA, E. F.¹; SILVA, M. J. M.²; TEIXEIRA, P. R. S.³

7. Curso de graduação em Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: wenner_sousa@hotmail.com

8. Técnico do Laboratório de Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: manuelmarques@ifpi.edu.br

9. Químico, Tecnólogo em Alimentos e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, N 1597, Centro. Teresina, Piauí – Brasil.

E-mail: paulo_ronaldo@ifpi.edu.br

RESUMO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família das *Anacardiaceae*, que inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais. A maior diversidade de cajueiro, única espécie cultivada e a de maior dispersão do gênero, encontra-se no Nordeste brasileiro, em diversos ecossistemas, especialmente nas zonas costeiras, compondo a vegetação de praias, dunas e restingas. Além disso, é provável que o seu cultivo tenha origem no Nordeste, onde toda uma tradição de exploração pelas tribos indígenas da região é descrita pelos primeiros colonizadores. O caju apresenta especial interesse nutricional e econômico pela qualidade de sua castanha (o verdadeiro fruto) e pela riqueza em vitamina C de seu pedúnculo avolumado, o qual corresponde à polpa comestível (pseudofruto), com isto, o objetivo deste presente trabalho foi realizar testes qualitativos no pedúnculo de caju oriundo de Teresina-Piauí, verificando a presença de fitoquímicos através de técnicas possíveis com diversos extratos deste pseudofruto do caju. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia proposta no manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos de vegetais da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os compostos encontrados foram taninos, flavonas, flavanóis, xantonas, alcalóides, saponinas, purinas. Conclui-se que o pedúnculo do caju possui compostos com atividade antioxidantes, onde precisam ser quantificados e mais estudados para este alimento ter um maior aproveitamento na sua vida pós- colheita.

98RA. ACTIVIDAD PROTEOLITICA DE CEPAS DE COCOS GRAM POSITIVOS Y COAGULASA NEGATIVOS AISLADOS DE SALAMINES ELABORADOS CON CARNE CAPRINA DE SANTIAGO DEL ESTERO

NEDIANI, M. T.¹; GARCÍA, L.¹; ABRAHAM, M.¹; AVALOS, C.¹; LÓPEZ ALZOGARAY, S.¹; FADDA, S.²

**1. Facultad de Agronomía y Agroindustrias - Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912- (2300) Capital, Santiago del Estero- Argentina
E-mail: terened@unse.edu.ar**

2. Centro de Referencia de Bacterias Lácticas (CERELA). Chacabuco 145- (4000) San Miguel de Tucumán-Argentina

RESUMEN

Las especies *Kocuria* y *Staphylococcus* (CGC) tienen una función importante en el desarrollo de las propiedades sensoriales de los productos cárnicos fermentados y curados, ya que contribuyen al desarrollo del color, del aroma y del sabor a través de las reacciones de proteólisis y de lipólisis que tienen lugar a través de sus equipos enzimáticos. Estas especies se encuentran naturalmente en la microflora de dichos productos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad proteolítica de cinco cepas de CGC, con miras a seleccionar las más adecuadas para el diseño de cultivos iniciadores destinados a la fermentación de embutidos.

En trabajos previos, las cepas *S. lentus* (US1), *S. simulans* (US27), *S. carnosus* (US32), *K. varians* (US33), *S. xylosus* (US41) se aislaron (a partir de salamines elaborados artesanalmente con carne caprina, fermentados espontáneamente) e identificaron fenotípicamente.

La actividad proteolítica se evaluó mediante los métodos agar en placa, espectrofotométrico (OPA) y electroforético en gel (SDS-PAGE). Los cultivos se inocularon en medio sarcoplásmico e incubaron a 30°C. La actividad proteolítica se midió al momento de incubar (determinación del valor umbral); a las 24, 48 y 72 h (correspondientes a la fase de fermentación del embutido); a las 96 h (fase inicial de la maduración del embutido). Los ensayos se realizaron por duplicado.

Con el método electroforético en gel, todas las cepas evidenciaron capacidad de degradar las proteínas estudiadas. Se destacaron *K. varians* US33 (con degradación de las proteínas desde 116 KDa hasta 14,2 KDa, a las 96 h de incubación) y *S. xylosus* US41 (a las 24 h, degradación parcial de las proteínas y desde las 72 h, degradación total). Con el método de OPA, se determinó que todas las cepas liberaron aminoácidos y pequeños péptidos entre las 24 y 48 h. *K. varians* US33 y *S. xylosus* US41 evidenciaron mayor liberación de aminoácidos a las 96 h. Es deseable que la mayor liberación de aminoácidos ocurra a las 96 h de incubación, contribuyendo de manera sustancial al aroma de los productos elaborados. Los resultados obtenidos con ambos métodos, se confirmaron con el método agar en placa.

Se destacaron las cepas *K. varians* US33, *S. xylosus* US41 por su capacidad de hidrolizar la proteína sarcoplásmica y liberar los productos de hidrólisis, los que pudieran incidir en el aroma y el sabor. Sin embargo, se requieren estudios más detallados para su consideración en el diseño de un cultivo iniciador.

99RA. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DEL SECADO EN LA OBTENCIÓN DE INULINA A PARTIR DE *Helianthus tuberosus* L.

BATTISTÓN, R. R.¹; ROGGIERO, A. A.²; DIMARCO, S. V.³

(1a3). Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo.
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina

E-mail:

rbattist@fcai.uncu.edu.ar, aroggier@fcai.uncu.edu.ar, sdimarco@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

El *Helianthus tuberosus* L es un cultivo cuyo potencial como fuente de obtención de inulina es importante, por ser una de las especies vegetales con mayor proporción de este hidrato de carbono, asociado además a alto rendimiento por unidad de superficie. Sin embargo, los tubérculos de *Helianthus tuberosus* L son un producto muy perecedero, esto radica en la alta permeabilidad de su epidermis. Por lo tanto, se propone el secado como una alternativa para lograr la reducción de actividad acuosa de la materia prima con el fin de prolongar su vida útil.

El objetivo de este trabajo fue determinar las mejores condiciones y parámetros de extracción de inulina de la raíz de topinambur seco a través del proceso por difusión en agua caliente. Para ello los tubérculos fueron lavados, cortados y secados en un horno convectivo discontinuo de bandeja a una velocidad del aire de 1,5 m/s y una humedad relativa del aire variando entre 40 y 50%.

En cuanto a la extracción de inulina para cada ensayo realizado, las muestras fueron colectadas, trituradas y pesadas de acuerdo con la relación agua:masa seca de raíz del planeamiento experimental. Luego, inmersas en agua y colocadas en baño con temperatura prefijada. Fue definido el tiempo de 1 hora para cada extracción.

La cantidad de sólidos solubles del extracto final fue medida, usándose un refractómetro de sobremesa.

La influencia de las condiciones de extracción en la cantidad de inulina extraída fue evaluada por la construcción de una superficie de respuesta con el programa estadístico Statgraphics plus 5.1. El modelo evaluado tuvo como parámetro de respuesta la cantidad de sólidos solubles (SS) extraída en función de las variables independientes (factores): temperatura do baño (T) y relación agua:raíz (AR) usada en el experimento. El modelo que mejor representó la cantidad de sólidos solubles extraída está dada por la Ecuación: $SS = 0,795 + 0,240T - 0,068T^2 + 0,045AR - 0,093AR^2 + 0,040T AR$.

Se concluye que la extracción de la inulina de la raíz de topinambur por difusión en agua caliente puede ser evaluada por el método de superficie de respuesta. La extracción de inulina aumenta en una dependencia lineal con el aumento de la temperatura del baño, de la relación agua:raíz y de la interacción temperatura/relación agua:raíz. La extracción de inulina de raíces de topinambur disminuye en una dependencia cuadrática con el aumento de la temperatura del baño y de la relación agua: raíz.

100RA. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE FRACCIONES PURIFICADAS DE POLIFENOLES DE TEGUMENTOS DE MANI

LARRAURI, M.^{1*}; ZUNINO, P.²; MESTRALLET, M.¹; ZYGADLO, J.A.²;
GROSSO, N.R.¹; NEPOTE, V.²

¹FCA-UNC, ²FCEfYn-UNC. ICTA, IMBIV-CONICET, Córdoba, Argentina.

*mlarrauri@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

El tegumento de maní posee compuestos fenólicos con actividad antioxidante que lo convierten en fuente de antioxidantes naturales de grado alimentario.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos obtenidos del tegumento de maní blanchado y de las fracciones purificadas obtenidas por cromatografía en columna.

Se trabajó con tegumento de maní de la variedad "Runner" obtenido por Blanchado. A partir de dicho tegumento se obtuvo el extracto Blanchado Crudo (B-Cr) por extracción sólido-líquido, utilizando como solvente de extracción etanol 70%. Al extracto crudo se lo particionó con solventes de diferente polaridad (acetato de etilo y agua) y se obtuvieron dos fracciones: Blanchado-Acetato de Etilo (B-AcEt) y Agua (B-Ag). De la fracción B-AcEt se separaron fracciones purificadas por cromatografía en columna empacada con Sephadex LH-20. Se obtuvieron tres fracciones purificadas de diferentes colores: Amarillo, Violeta y Marrón. A cada fracción purificada se le determinó: rendimiento en peso seco, contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, contenido de flavonoides y capacidad de capturar radicales libres utilizando el método del DPPH (radical difenil-picril-hidrazil).

Los rendimientos de extracción en peso seco de las fracciones purificadas amarilla, violeta y marrón de la fracción B-AcEt fueron del 4,7; 3,9 y 91,4 %; respectivamente. Las fracciones purificadas marrón y violeta presentaron mayor contenido de fenoles que la fracción B-AcEt, no existiendo diferencias significativas entre ellas. La fracción purificada amarilla fue la que presentó el menor contenido de fenoles y la mayor cantidad de flavonoides en comparación con las otras fracciones.

La fracción purificada violeta fue la que mostró mayor actividad secuestrante de radicales libres (IC₅₀=0,65); seguido de la fracción purificada marrón (IC₅₀=1,03) y B-AcEt (IC₅₀=1,58). La fracción amarilla y el BHT presentaron las menores actividades (IC₅₀=4,70 y IC₅₀=3,94, respectivamente).

Las fracciones purificadas resultaron con un contenido de fenoles, flavonoides y mayor capacidad de capturar radicales libres que la fracción sin purificar.

El tegumento de maní y las fracciones purificadas obtenidas son ricas en sustancias fenólicas con propiedades antioxidantes que podrían emplearse como aditivo con destacadas propiedades funcionales en lo referente a la conservación de alimentos de consumo humano.

101RA. POSTRE TIPO FLAN, CON AGREGADO DE ZANAHORIA Y ACEITE DE OLIVA VIRGEN

FUSARI GÓMEZ, C.; RAIMONDO, E.; GASCÓN, A.; DIP, G.

Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo. Alte Brown 500 Chacras de Coria Luján Mendoza.

E-mail: cc--mara@hotmail.com

RESUMEN

En el mercado no existen postres que utilicen zanahoria y aceite de oliva entre sus ingredientes, los que aportan propiedades, tales como mayor contenido de fibra y carotenoides. Por otra parte al ser la materia grasa aceite de oliva resultó un alimento libre de colesterol y con un mayor aporte de omega 9, siendo su aspecto similar al flan casero.

Objetivo: Obtener un postre tipo flan, con bajo contenido en colesterol y perfil de ácidos grasos modificado, por el agregado de aceite de oliva y adicionando con fibra y caroteno por el agregado de zanahoria.

Metodología:

Los ingredientes utilizados fueron los siguientes: leche parcialmente descremada, huevos frescos enteros, zanahoria, azúcar refinada (sacarosa), aceite de oliva extra virgen, vinagre de manzana, esencia de vainilla.

Como para la elaboración de este postre no se parte de una formulación previamente establecida, fue necesario realizar pruebas hasta obtener una formulación optimizada. Los ensayos previos se realizaron para formular los ingredientes en una proporción tal que el espumado y secado generaran un producto similar al flan casero. Una vez seleccionada la formulación a la misma se le realizaron ensayos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. A los datos se los analizó estadísticamente usando software específico.

Resultado:

Del análisis fisicoquímico resultó que el flan aporta 3,8 g% de grasa, 4,5g% de proteínas, 22,9 g% de hidratos de carbono; 4 g% de fibra; 67 mg% de sodio, siendo su contenido calórico de 144 kcal/603 kJ cada 100 g de postre listo para consumir.

Se realizó un análisis microbiológico cada 15 días, resultando a los 60 días apto para el consumo, dado que el recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales dio 6×10^1 ufg/g y ausencia de coliformes a igualdad de días.

El postre tuvo una aceptación muy buena, el 90% de los consumidores calificó los atributos de color, sabor y olor con la máxima puntuación y con menor puntuación textura. Del análisis microbiológico y sensorial resulta una vida útil de 60 días, dado que a esa fecha no varían sus características sensoriales.

Conclusión: es factible elaborar un postre a base de zanahoria y aceite de oliva, con características sensoriales semejantes a un flan casero, pero mejorado nutricionalmente.

102RA. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS EN LA ELABORACION DE QUESOS UNTABLES DE CABRA

ALVAREZ, A.¹; FRAU, F.¹; PADIAL, C.¹; FONT DE VALDEZ, G.² & PECE, N.¹

(1) Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. (2) CONICET. CERELA. San Miguel de Tucumán.

andresalvarez79@hotmail.com

RESUMEN

La leche de los pequeños rumiantes como la cabra, presenta un especial interés económico en la provincia de Santiago del Estero ya que aporta cerca del 53% de la producción de leche total del país. Dependiendo de la raza, aproximadamente el 75 % de la proteína de la leche de cabra es caseína y durante el proceso de elaboración de quesos, la mayor parte de las proteínas solubles se pierden con el lactosuero.

La ultrafiltración (UF) es una tecnología de membranas que ha generado un considerable interés como alternativa que permite aumentar la concentración de sólidos en la leche, permitiendo manejar menores volúmenes de suero y aumentar la productividad en las tinas queseras.

En este trabajo se busca diseñar un proceso de producción de quesos untables incorporando UF, a fin de elevar la concentración de sólidos en la leche para su posterior elaboración. También se busca determinar los parámetros que rigen el proceso de UF.

Se trabajó con leche de cabra obtenida de un tambo ubicado en la localidad El Polear, Departamento Banda, provincia de Santiago del Estero, se diseñó un proceso de elaboración que incorpora tecnología de membrana y la adición de un fermento elaborado a partir de cepas autóctonas aisladas de leche de cabra, contrastando el mismo frente al método tradicional de elaboración. Los experimentos de UF se realizaron en un módulo de filtración de polietersulfona, MWCO 5 kDa y un área de filtración de 200 cm². Se realizaron ensayos de permeación con leche entera y descremada, para investigar la variación del flujo del permeado con el tiempo a diferentes presiones transmembrana. Se determinaron las composiciones fisicoquímicas de los flujos de alimentación, permeado y retenido utilizando un analizador automático LactoStar Funke Gerber.

De acuerdo con los flujos medios obtenidos, se observa que la mejor condición de operación de membrana se obtiene cuando se lleva a cabo un pre-tratamiento de centrifugación y la operación de UF se realiza a presión transmembrana de 1,5 bares, obteniéndose así un factor de concentración de grasa y proteína de 2,86 y 2,71 respectivamente. La elaboración de quesos mediante la utilización de tecnología de membrana permitió retener el 43 % de las proteínas solubles de alto valor biológico, aumentando el valor nutricional de los quesos obtenidos.

103RA. PERFIL DE ACIDIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA A PARTIR DE LACTOSUERO CAPRINO.

AVILA, A. M.; ALVAREZ, A.; FRAU, F. Y PECE, N.

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

norapece@unse.edu.ar

RESUMEN

Durante el proceso de elaboración de quesos de cabra, se produce la liberación de importantes volúmenes de suero cuyo aprovechamiento se plantea como complemento del proceso de fabricación, para generar un producto con propiedades nutricionales específicas. Investigaciones recientes demostraron la diversidad de usos nutricionales de estos productos ya que las proteínas retenidas en el lactosuero son de alto valor biológico.

El marcado interés de los consumidores, por alimentos de alto valor nutritivo, saludables y de poco aporte calórico, ha hecho posible el desarrollo de una gama de productos lácteos que incorporan además bacterias lácticas (BAL) que contribuyen a la caracterización final del producto. Los cultivos starters disponibles en el mercado para la fabricación de yogures y leches fermentadas han sido diseñados para su uso en leche de vaca.

Este trabajo plantea como objetivo caracterizar el suero lácteo caprino, diseñar el proceso de elaboración de una bebida láctea fermentada con cultivos comerciales y evaluar su perfil de acidificación.

Las muestras de lactosuero empleadas fueron obtenidas de un productor de quesos de la provincia de Santiago del Estero y caracterizadas fisicoquímicamente con un analizador automático LactoStar Funke Gerber y técnicas de análisis de referencia. Se inoculó con fermento láctico comercial para yogur SLB 95 de siembra directa. El experimento se realizó por triplicado, incubando las muestras a 45° C. Para construir las curvas de acidificación se tomaron muestras a intervalos regulares para determinar pH y acidez Dornic (°D). Además se efectuaron observaciones cualitativas de características texturales y organolépticas durante el proceso.

La composición promedio del lactosuero caprino fue: 1,02% grasa; 0,77% proteínas; 4,72% lactosa; 7,26% Sólidos totales; 0,91% cenizas; 92,75% Humedad; 12 °Dornic y pH 6,35. Se diseñó el proceso de elaboración de la bebida láctea, incorporando filtración y tratamiento térmico de pasteurización como etapas previas a la inoculación. Al finalizar la fermentación la bebida fue filtrada y enfriada a 4°C. El perfil de acidificación indicó que el proceso se estabiliza, luego de 4 hs, a 6,7 de pH y acidez superior a los 25 °D en todos los ensayos. La bebida láctea presentó sabor y olor agradables en las pruebas sensoriales orientativas realizadas.

En la provincia de Santiago del Estero el aprovechamiento del lactosuero mediante la elaboración de bebidas lácteas fermentadas presenta un futuro prometedor y abre la posibilidad de incorporar cepas autóctonas de propiedades tecnológicas apropiadas como opción para el desarrollo de productos lácteos altamente nutritivos y diferenciados.

104RA. EXOPOLISACÁRIDOS PRODUCIDOS POR BACTERIAS LÁCTICAS: EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y REOLOGIA DE QUESOS UNTABLES DE CABRA

FRAU, F.¹; FONT, G.² Y PECE, N.¹

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. ²CERELA-CONICET. Chacabuco 145. San Miguel de Tucumán.

ffrau@unse.edu.ar

RESUMEN

El rendimiento quesero (RQ) se ve directamente influenciado por la composición química de la leche, especialmente en sus constituyentes principales: grasa, proteína y sólidos totales. Una gran variedad de métodos han sido utilizados para lograr un incremento en el rendimiento del queso, la mayoría de estos basados en la adición de hidrocoloides que ayudan a incrementar la retención de agua; sin embargo estos aditivos suelen afectar de manera negativa la textura del queso. Algunas bacterias lácticas (BAL) tienen la capacidad de sintetizar polisacáridos extracelulares o EPS. Se trata de polímeros de cadena larga y elevado peso molecular que se disuelven o dispersan en agua y que contribuyen a mejorar la textura y viscosidad del producto fermentado.

El objetivo general del trabajo fue evaluar el efecto, sobre el RQ y las características reológicas, de EPS producidos por BAL autóctonas incorporadas a los cultivos iniciadores para la elaboración de quesos untables de cabra. Se trabajó con un pool de leche de animales de raza Anglo Nubian, Saanen, Criolla y Pardo-Alpina determinándose su composición fisicoquímica. Para la elaboración de los untables se emplearon dos fermentos, uno con la incorporación de la cepa productora de EPS (EPS⁺) y otro sin la inclusión de ella (EPS⁻), luego se evaluó el rendimiento quesero experimental y las características reológicas de los mismos.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los rendimientos queseros experimentales obtenidos para los quesos EPS⁺ y EPS⁻. Ambas muestras fueron caracterizadas reológicamente como geles viscoelásticos débiles y productos pseudoplásticos. Al comparar los quesos se concluyó que los quesos EPS⁺ presentaron menores valores tanto de los módulos elástico (G') y viscoso (G'') como de la viscosidad aparente η^* en todas las frecuencias investigadas, así también presentaron menores valores de estrés crítico que las muestras EPS⁻. Los EPS contribuyeron a la reología, textura y "sensación en la boca" del producto. Los resultados obtenidos indican que los quesos EPS⁻ necesitan el agregado de algún aditivo que mejore los atributos de textura del producto.

105RA. INFLUENCIA DE DIFERENTES CONDICIONES ECOFISIOLÓGICAS EN LA POBLACION DE LEVADURAS Y HONGOS FILAMENTOSOS EN VIÑEDOS DE UVAS MALBEC.

PRENDES, L.P.¹³; ANDREONI, M²; MORATA, V.I.¹³.

¹Departamento de Biología y Alimentos - Facultad de Ciencias Aplicadas a la
Industria - Universidad Nacional de Cuyo - lpprenDES@faci.uncu.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

RESUMEN

La provincia de Mendoza es un punto de referencia nacional para la industria enológica Argentina, en particular la región de San Rafael y General Alvear, tiene implantadas 22.207 ha de vides de las cuales el 99% son uvas para vinificar y cuenta con aproximadamente 83 bodegas, que elaboran 1.128.325 hl de vino por año (INV, 2007).

Existen diversas comunidades de microorganismos involucradas en el proceso de vinificación, principalmente las levaduras ecotípicas de una región juegan un rol central en la producción y las características organolépticas del vino final. Asimismo, resulta importante conocer la población de hongos filamentosos propios, ya que pueden ingresar en la materia prima, las uvas, y generar efectos indeseables a *posteriori* como pérdida del rendimiento, alteración de la composición química del vino, desequilibrio en la microflora fermentativa y producción de micotoxinas, entre otros.

Numerosos trabajos han demostrado que distintos tipos de cultivo agrícola, así como el uso de pesticidas químicos u orgánicos, diferencias climáticas y de localización geográfica, generan distintas condiciones ecofisiológicas afectando la ecología de hongos filamentosos y levaduras encontradas en la superficie de uvas para vinificación.

En este trabajo se efectuaron distintos tratamientos, sobre viñedos de uvas Malbec de la región vitivinícola del Sur Mendocino durante el período comprendido entre Enero-Marzo 2011, con intención de producir distintas condiciones ecofisiológicas, algunas más favorables para el desarrollo de hongos filamentosos. Los tratamientos aplicados fueron: control (sin modificaciones); uso de aspersores; uso de aspersores + cobertor plástico y uso de tela “media sombra”. A su vez, cada uno de estos tratamientos tuvo las variantes de: con cura (en ese caso orgánica y según esquema tradicional con oxiclóruo de cobre y azufre mojable- 3 g/l) o sin cura. El muestreo de uvas se realizó en estado de madurez, y de ellas se aislaron e identificaron, mediante métodos morfológicos y moleculares, la población de hongos filamentosos y levaduras.

Se observó mediante mediciones de humedad y temperatura *in situ* que algunos de los tratamientos efectuados produjeron cambios: particularmente el tratamiento con aspersores + cobertor con y sin cura aumentó la humedad y moderó los cambios de temperatura con respecto al control. Estas distintas condiciones ecofisiológicas en campo se vieron reflejadas en un cambio en la población de hongos filamentosos y levaduras presentes en uvas Malbec.

106RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTI QUÓRUM SENSING DE EXTRACTOS VEGETALES NATURALES: ESTUDIOS “*IN VITRO*” PARA EL CONTROL DE PATOGENOS INOCULADOS Y MICROFLORA NATIVA DE BROCOLI.

MOREIRA, M.R.^{a,b}; ROURA, S.I.^{a,b} y PONCE, A.G.^{a,b*}

^aConsejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica- CONICET.

^bGrupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, UNMdP. [*agponce@mdp.edu.ar](mailto:agponce@mdp.edu.ar)

RESUMEN

El uso de metodologías clásicas para garantizar la seguridad de los alimentos, se complementa cada vez más con nuevas tecnologías emergentes. Es el caso del uso de compuestos bioactivos de origen natural, que son una alternativa atractiva para ofrecer al consumidor productos sanos y seguros. Estos compuestos presentan actividad antimicrobiana y constituyen una nueva forma de garantizar alimentos seguros, manteniendo inalterable la calidad de los mismos. Por otro lado, existe una estrategia menos agresiva que los métodos que llevan a la muerte celular de los microorganismos y es la utilización de sistemas que alteren los sensores quórum sensing (QS). Se denomina QS al proceso de comunicación intercelular que se produce a elevadas concentraciones bacterianas con el objetivo de iniciar acciones cooperativas. Debido a que la detección del quórum juega un papel crítico en la regulación de numerosas funciones fisiológicas microbianas, incluyendo la patogenicidad existe un enorme interés en el diseño e implementación de estrategias de inactivación de los sistemas de QS.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar “in vitro” la capacidad antimicrobiana y anti-QS de seis extractos vegetales (pino, citronella, peteribi, lemon, cabreuva y eucaliptos), ensayados a dos concentraciones (1/10 y 1/100 v/v). La capacidad antimicrobiana de los mismos se determinó sobre la microflora nativa presente en flores de brócoli y sobre dos patógenos de gran incidencia en alimentos, tales como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*. Se utilizó el método de Difusión en agar y de Dilución en caldo. La capacidad anti-QS de los extractos fue detectada espectrofotométricamente a 585 nm, cuantificando la producción de violaceína de la bacteria *Chromobacterium violaceum*. Los resultados obtenidos a partir del método de difusión en agar indican que todos los bioactivos a la menor concentración (1/100) no presentaron halos de inhibición apreciables, tanto sobre la microflora nativa como sobre los patógenos indicadores. Sin embargo, cuando pino, lemon y eucalipto fueron ensayados a la mayor concentración (1/10), si se observaron halos significativos (1.5 a 3.5 cm). Por otro lado, al utilizar el método de Dilución en caldo, se observó que pino produjo una significativa inhibición sobre el crecimiento de los dos patógenos, mientras lemon y eucalipto sólo resultaron efectivos para el control de *Listeria*; a las dos concentraciones ensayadas. Los seis bioactivos ensayados presentaron una significativa actividad anti-QS, obteniendo reducciones de 60 y 70% en la producción del pigmento violaceína, para las concentraciones 1/10 y 1/100 respectivamente, de los bioactivos ensayados. Estos resultados indican el uso potencial del extracto de pino, eucalipto y lemon para ser utilizados “in vivo” como bioconservantes naturales, ya sea apuntando a una estrategia para el control de patógenos o bien afectando la activación de señales que desencadenan respuestas patogénicas.

107RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES BIOACTIVOS, APLICADOS SOBRE UNA MEZCLA PARA SOPA DE VEGETALES MINIMAMENTE PROCESADOS.

MAZZUCOTELLI, C.^{a,b}; ALVAREZ, M.V.^{a,b}; PONCE, A.^{a,b} y MOREIRA, M.^{a,b*}

^aConsejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica- CONICET.

^bGrupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, UNMDP.

*moreira_maria@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

Los productos de IV gama son vegetales frescos, lavados, pelados, cortados y envasados, listos para consumir. El procesado al que se someten estos productos incrementa su perecibilidad, ya que el corte provoca la liberación de nutrientes, favoreciendo el crecimiento bacteriano, convirtiéndose en vehículos de transmisión de patógenos, difíciles de eliminar. Además, los consumidores demandan el uso restringido de químicos en frutas y hortalizas, lo que justifica la importancia creciente de hallar sustancias naturales como biopreservantes.

La aplicación tecnológica de compuestos bioactivos, durante la preparación de una mezcla de vegetales para sopa, requiere establecer condiciones óptimas de aplicación: concentración de bioactivo, forma de aplicación, tiempo de contacto e influencia de la temperatura de almacenamiento. Los objetivos de este trabajo fueron determinar el efecto antioxidante y antimicrobiano de aceite esencial de tea tree (150µl/100ml), extracto de propóleo (120µl/100ml) y ácido gálico (0.2g/100 ml) sobre la microflora nativa de una mezcla de vegetales (calabaza, apio y puerro) y sobre un patógeno indicador (*E. coli*) inoculado en el producto. La aplicación "in vivo" de dichos bioactivos sobre la mezcla de vegetales minimamente procesados, se realizó aplicando los mismos en forma de spray y por inmersión, almacenando las muestras a 7-8°C y 17-18°C, durante 8 días. Se analizó la evolución de bacterias mesófilas totales, psicrófilas, hongos y levaduras, *Enterobacterias* y *E. coli* durante el almacenamiento. Por otro lado, también se determinó la actividad antioxidante cuantificando por espectrofotometría (470 nm) la actividad de la enzima peroxidasa obtenida a partir de la mezcla de vegetales, tratados con los diferentes bioactivos. Los resultados indican que el tratamiento con ácido gálico en las muestras almacenadas a temperatura ambiente, inhibió significativamente el desarrollo de todas las poblaciones analizadas y de *E. coli*; mientras tea tree y propóleo mostraron menor efecto inhibitorio. En las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración no se observaron diferencias significativas entre los recuentos del control y de las muestras tratadas.

En referencia a actividad antioxidante, las muestras tratadas con ácido gálico y tea tree mostraron una significativa reducción en la actividad peroxidásica a los 8 días de almacenamiento, a temperatura ambiente. En las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración, no se observó actividad antioxidante para ninguno de los tratamientos.

Los resultados obtenidos demuestran el potencial de estos compuestos bioactivos para ser utilizados como antimicrobianos y antioxidantes, asegurando la inocuidad y mejorando los caracteres organolépticos de productos de IV gama, tales como una mezcla para sopa.

108RA. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTAGONISMO ENTRE CEPAS CON DIFERENTES CAPACIDADES HIDROLÍTICAS, AISLADAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES.

MAZZUCOTELLI, C.^{a,b}; MOREIRA, M. R.^{a,b} y PONCE, A.^{a,b*}

^aConsejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica- CONICET.

^bGrupo Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad Ingeniería, UNMDP.

[*agponce@mdp.edu.ar](mailto:agponce@mdp.edu.ar)

RESUMEN

En los últimos años ha habido un creciente interés en el estudio de microorganismos productores de lipasas, proteasas, amilasas y celulasas, que podrían ser potencialmente aplicados para la reconversión de residuos industriales sólidos e insolubles, dentro de las llamadas “tecnologías limpias” que harían más sustentable la actividad industrial. Algunas bacterias, hongos y levaduras son capaces de secretar este tipo de enzimas, durante su crecimiento en diferentes sustratos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar microorganismos aislados de diferentes residuos industriales, que presentaron alta capacidad hidrolítica frente a diferentes sustratos (proteínas, lípidos, celulosa y amilasa). Las once cepas seleccionadas fueron caracterizadas por PCR, para luego evaluar su capacidad antimicrobiana frente a dos patógenos, como así también la producción de metabolitos que pudieran producir antagonismo entre las mismas cepas polímero-hidrolíticas.

Se analizó la actividad antimicrobiana de estas 11 cepas, aplicando el Método de Difusión en agar, empleando dos microorganismos como indicadores: *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*. Se utilizó tanto el sobrenadante como el pellet de los cultivos como fuente de metabolitos antimicrobianos. Se cuantificó dicha actividad de acuerdo al diámetro del halo de inhibición obtenido a las 24 y 48 hs de incubación a 37 °C. De los resultados encontrados se puede concluir que los dos patógenos ensayados resultaron poco sensibles (diámetros de halos de inhibición entre 9 y 14 mm) frente a los metabolitos producidos por las 11 cepas en estudio.

Por otro lado, se realizó un test de antagonismo, entrecruzando estas 11 cepas. El objetivo principal de este ensayo fue determinar potenciales efectos sinérgicos entre las distintas cepas, que posibilitaran maximizar su actividad hidrolítica sobre diferentes sustratos. Se cuantificó la actividad antagónica de acuerdo al diámetro del halo de inhibición, obtenido a las 24 y 48 hs de incubación a 37 °C. De este ensayo resultó que las cepas enfrentadas no presentaron antagonismo entre sí. Este trabajo contribuye a profundizar el análisis de las cepas hidrolíticas bajo estudio, potencialmente aplicable para la transformación de residuos agroindustriales en productos con mayor valor agregado.

109RA. DISEÑO DE FORMULACIONES BASADAS EN PULPAS DE *BERRIES* CON AGREGADO DE MALTODEXTRINA Y EDULCORANTES PARA EL DESARROLLO DE ALIMENTOS FUNCIONALES.

BUSSO CASATI, C.^(a); BAEZA, R.^(a); ZAMORA, M. C.^(a,b)

^a Facultad de Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina, Cap. Gral. Ramón Freire 183, C1426AVC, Buenos Aires, Argentina.

**^b Miembro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Rivadavia 1917, Buenos Aires, Argentina.
carolinabusso@gmail.com**

RESUMEN

Los *berries* han despertado un gran interés en los últimos años por su potencial utilización como ingredientes en el campo de los alimentos funcionales siendo además muy apreciadas por su intenso sabor y color. El interés principal en estas frutas radica en su alto contenido en polifenoles (antocianinas, flavonoides entre otros), compuestos asociados a efectos antioxidantes. En el desarrollo de sistemas deshidratados es importante la obtención de un polvo fluido estable en las condiciones de almacenamiento, que preserve los componentes bioactivos a lo largo de la vida útil. El objetivo del presente trabajo fue la preparación de sistemas deshidratados basados en pulpas de *berries* con diversos edulcorantes y agregado de maltodextrina (MD), de modo de lograr una formulación estable durante el almacenamiento y de buenas características sensoriales una vez rehidratada.

Los sistemas fueron preparados en base a pulpas de sauco y cassis provenientes de El Bolsón, Río Negro. En el caso de sauco se evaluaron formulaciones con distintos porcentajes de sacarosa y trehalosa (15 y 20%) y agregado de maltodextrina. En las formulaciones con cassis se evaluó el remplazo de sacarosa por Stevia y el efecto de maltodextrina en las características sensoriales y de estabilidad de los productos. Los sistemas se deshidrataron por liofilización, siendo rehidratados para la medición de las características fisicoquímicas y sensoriales. La estabilidad en el almacenamiento se evaluó a 33 y 44% de humedad relativa. Los parámetros medidos fueron pH, sólidos solubles totales (SST), °Brix, actividad de agua, color y viscosidad. La aceptación de los distintos sistemas fue evaluada por los consumidores utilizando una escala hedónica de 9 puntos y una escala de punto justo para estimar la acidez y el dulzor.

En las formulaciones con sauco no se observaron grandes diferencias entre los sistemas con sacarosa y con trehalosa. El agregado de maltodextrina produjo un aumento importante en la viscosidad y se observó mayor estabilidad de los sistemas deshidratados con trehalosa que con sacarosa. Sensorialmente se observó buena aceptación, siendo los sistemas con sacarosa los preferidos por los consumidores.

En los sistemas con cassis el empleo de MD produce un aumento de la viscosidad y sensorialmente favorece el balance ácido-dulce (se perciben menos ácidas, mejorando notablemente la aceptación de las formulaciones con Stevia). Además se disminuyen los fenómenos de apelmazamiento en las muestras deshidratadas. Los resultados obtenidos pueden contribuir al avance en el desarrollo de ingredientes funcionales basados en *berries* como sauco y cassis,

110RA. CONSERVACION POR DESHIDRATACION DE HONGOS

PRADO, A. C.; AGUERRE R. J.; PANTUSO F. S.

Departamento de tecnología, Universidad Nacional de Luján

anacaroprado@hotmail.com

RESUMEN

El interés en los hongos, se debe a que es un alimento de sabor agradable y fuente de carbohidratos, lípidos y proteínas. Su contenido proteico es superior al de otros alimentos de origen vegetal. Los hongos frescos son propensos a dañarse y tienen una vida más corta en anaquel que la mayoría de los vegetales listos para usar debido a que su velocidad de respiración es alta y no tiene barrera protectora ante la pérdida de agua o ataque microbiano. El color es una de las características que determinan la aceptabilidad de los hongos deshidratados. Su desarrollo es debido a reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático y resulta ser uno de los principales problemas asociados al secado y almacenamiento de este alimento. El pardeamiento puede impedirse por inactivación térmica, o enzimática, cambio de pH, agregado de antioxidantes para inhibir la acción de la polifenoloxidasas y tratamiento con proteasas para destruir la polifenoloxidasas. Como agentes antipardeantes pueden mencionarse el ácido láctico, NaCl y CaCl₂ que se utilizan habitualmente en productos de origen vegetal. Este último es además bien conocido por su capacidad de retener la firmeza de las paredes celulares. Para su conservación se recurre casi siempre al secado convectivo para reducir su humedad a valores menores a 5.8%.

Diferentes autores encontraron que el uso de la ley de Fick, en condiciones de isotermita, permite obtener una buena descripción del secado. Estos autores han utilizado la solución de esta ley para la difusión en esferas, en estado no estacionario, tanto en su forma analítica como numérica. Puede afirmarse que esta solución de la ley de Fick es la más frecuentemente utilizada en el estudio de la cinética de secado de sólidos. La finalidad del presente trabajo es el estudio de:

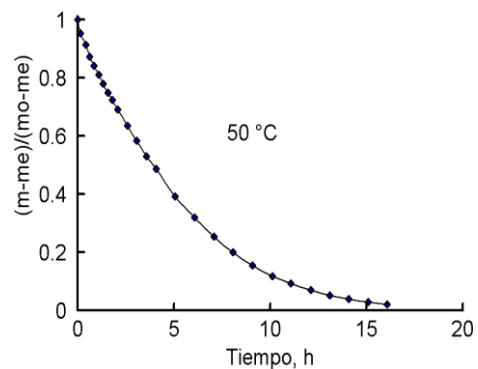
-La cinética de secado en corriente de aire en el rango de temperaturas de 20 a 50 °C con y sin pretratamiento para inhibir el pardeamiento.

-Determinación de la influencia de los pretratamientos en la cinética de secado.

Los experimentos se llevan a cabo en un secadero tipo túnel. La cinética de secado se sigue gravimétricamente.

El color del material se mide mediante un colorímetro, Hunterlab Labscan Spectro Colorimeter LS-5000. Se determinan los valores de color L, a y b correspondientes a un iluminante C. Se calcula el índice de pardeamiento (IP), $IP = (100 \cdot (X - 0,31)) / 0,17$ donde $X = (a + 1,75 \cdot L) / (5,645 \cdot L + a - 3,012 \cdot b)$

Se encuentra que el pretratamiento más adecuado es la inmersión en metabisulfito de sodio al 0,5% durante 3 minutos es para reducir el pardeamiento a temperaturas de secado elevadas (50 °C).



111RA. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE ZAPALLO DE LA PROVINCIA DEL CHACO

BLOECK, M.; VARELA, N.; VALENZUELA, G.; CRAVZOV, A.; GIMENEZ, C.

Departamento Química Analítica - Universidad Nacional del Chaco Austral - Pcia. Roque Sáenz Peña. Chaco, Argentina.

e-mail: acravzov@uncaus.edu.ar

RESUMEN

Las semillas de calabaza son alimentos utilizados desde la antigüedad tanto por sus propiedades medicinales como por sus propiedades alimentarias.

El objetivo fue caracterizar el aceite de las semillas de cuatro variedades de “calabaza”, *Cucurbita spp.*, cultivadas en la provincia del Chaco: *Tetsukabuto* (híbrido entre *C. moschata* y *C. maxima* Duchesne ex Lam.), *C. mixta Pangalo* (“calabaza rayada”), *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poir. (“coreanito”) y *C. maxima* Duchesne (“calabaza plomo”).

El contenido calórico de las semillas se determinó con una bomba calorimétrica adiabática: PARR 1.261, obteniéndose los siguientes resultados: $431,9 \pm 7,2$; $546,8 \pm 3,5$, $582,2 \pm 80$ y $582,6 \pm 9,0$ kcal/100gr de materia seca, siendo *C. Moschata* y *C. maxima* Duchesne las variedades que presentaron mayor valor energético.

La materia grasa se extrajo con un extractor Butt (con hexano), según especificación AOCS Aa4 - 38, el contenido porcentual de aceite en las semillas de zapallo en las variedades estudiadas fue : $33,0 \pm 1,5$; $40,8 \pm 2,5$; $37,8 \pm 3,1$; $30,4 \pm 1,9$ respectivamente. Los valores de índice de refracción para las mismas variedades fueron los siguientes: $1,466$; $1,461$; $1,470$ y $1,466$, a 29°C con un refractómetro Abbe 2WAJ. El aceite, en todos los casos, demostró ser físico-químicamente estable, con propiedades organolépticas óptimas de aceite comestible y no presentó características de rancidez.

La composición de los ácidos grasos se determinó con un GC-FID Agilent 6890 encontrándose la siguiente relación: palmítico C16:0 (13.04 – 15.30%); esteárico C18:0 (6.49 – 9.81%); n9 oleico C18:2 (27.16 – 38.30%); linoléico C18:2 (.37.84 – 52,59 %) y araquídico C20:0 (0.53 – 0.78%).

A partir de estos análisis podemos concluir que las semillas de zapallo analizadas pueden ser consideradas como oleaginosas ya que se encontraron valores de hasta 40,8 % de grasa bruta, con ácidos grasos saturados cuyos valores oscilaron entre un 19.6 % y 25.1%, e insaturados entre un 38.8% y 52.4%. Dentro de estos últimos, el linoleico puede llegar a un 52,4% en la calabaza rayada; el palmítico a un 15,3% en el coreanito; el esteárico a un 8,11% en esta misma variedad y el araquídico a un 0.51% en la variedad texocabuto.

Las semillas de calabaza rayada fueron las que presentaron mayor contenido de aceite y un elevado contenido de ácido linoléico, ácido graso considerado esencial para la nutrición por no poder ser sintetizado por el organismo. Estas semillas en general tienen altos niveles de aceites y por lo tanto pueden ser considerados como una buena fuente de aceites vegetal.

112RA. COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA PARA LA EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN ALIMENTOS COCIDOS MEDIANTE FI-HG-AAS: ESTUDIO PRELIMINAR

BUCHHAMER, E.¹; POLISCHUK, T.¹; NAVONI, J.²; GIMÉNEZ, C.¹;
VILLAAMIL LEPORI, E.²

¹ Cátedra de Química Analítica I. Universidad Nacional del Chaco Austral. Com. Fernández 755 (3700) Pcia. Roque Sáenz Peña, Chaco

² Cátedra de Toxicología y Química Legal-Facultad de Farmacia y Bioquímica – UBA. Junín 956 (1113) Buenos Aires-Te/Fax: 54-11-4964-8283/8284.

edgarb@uncaus.edu.ar

RESUMEN

Muchos esfuerzos se han dedicado a resolver los problemas de extracción de especies organometálicas en muestras relacionadas con los alimentos. A pesar de que la extracción con solventes (cloroformo o metanol) han dado buenos resultados, los procedimientos resultan largos, trabajosos y de difícil aplicación en análisis de rutina.

Es conocida la eficacia de las enzimas como procedimiento para extraer biomoléculas unidas a especies organometálicas. Los resultados obtenidos con tripsina no dejan lugar a dudas sobre su eficacia para extraer Arsénico en materiales con alto contenido proteico (pescados y moluscos), así como las enzimas celulasa y pancreatina en material vegetal donde la tripsina no resulta útil.

El objetivo de este trabajo fue comparar diferentes procedimientos de hidrólisis enzimática para la extracción y determinación cuantitativa de arsénico total en alimentos cocidos mediante FI-HG-AAS usando un Varian SpertAA 220 Atomic Absorption Spectrometer.

Teniendo en cuenta las características del alimento a estudiar (guisado de arroz, verduras y carne cocido con agua con una concentración de Arsénico de 200 µg/l), dos enzimas (celulasa y pancreatina) fueron seleccionadas y combinadas con dos procesos de agitación; el primero asistido por baño termostatzado (12 hs, a 37 °C y 100 rpm) y el segundo por ultrasonidos (20 min a 400w de potencia y 40 kHz de frecuencia).

Los resultados fueron comparados y analizados mediante ANOVA de un factor ($p < 0.05$), empleando la prueba T para la comparación de medias haciendo uso del software estadístico SPSS Statistics 17.0. Las recuperaciones obtenidas fueron: 101% baño termostatzado-pancreatina, 104% baño termostatzado-celulasa, 99% ultrasonidos-celulasa y 85% ultrasonidos-pancreatina. Las tres primeras metodologías no muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), no así la combinación ultrasonidos-pancreatina quién mostró un menor rendimiento, probablemente debido a que se necesitó un mayor tiempo de sonicado. La utilización de la combinación ultrasonidos-enzima, como procedimiento de hidrólisis enzimática para la extracción de AsT en muestras de alimentos cocidos, presenta la ventaja de reducir los tiempos de tratamiento y consumo de reactivo.

113RA. EVALUACIÓN DEL COLAPSO ESTRUCTURAL EN FRUTILLAS DESHIDRATADAS MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES

AGUDELO LAVERDE¹, L.M.; SCHEBOR, C.¹; BUERA, P¹.

Departamento de Industrias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria. (1428). Ciudad de Buenos Aires. ARGENTINA. TEL/FAX: 0054114576 – 3366. magudelo@di.fcen.uba.ar.
⁽¹⁾Miembros CONICET.

RESUMEN

El término “colapso” se refiere pérdida de estructura, la reducción del tamaño de poros y un encogimiento volumétrico en materiales secos o semi húmedos. El colapso ocurre como consecuencia de un cambio en la viscosidad, que tiene lugar a temperaturas mayores que la temperatura de transición vítrea (T_g). El sistema de visión computarizada es una técnica usada para estudios de calidad de productos en la industria de alimentos. Dicha herramienta ofrece una resolución espacial permitiendo el análisis en todo el volumen de interés, lo que con otros instrumentos de medición disponibles en el mercado no es posible. El objetivo de este trabajo fue implementar un método de análisis de imágenes para evaluar el encogimiento en discos de frutillas deshidratadas a diferentes humedades relativas (HR). Las muestras se liofilizaron y humidificaron entre 11 y 84% de HR a 20°C durante 14 días. Se determinaron las temperaturas de transición vítrea (T_g) por calorimetría diferencial de barrido, el contenido de agua del material por gravimetría y el colapso estructural a través de análisis de imagen mediante un programa de modelación mecánica en 3D. Se determinaron además los tiempos de relajación magnética longitudinal de protones (T_2) por las secuencias de pulsos Hahn y CPMG. La curva de sorción de agua del material analizado presentó una forma sigmoidea característica de la mayoría de los productos biológicos. Se observaron transiciones vítreas muy definidas y con un claro descenso de la T_g con el aumento de la HR. Si bien todas las muestras se encontraban en estado sobreenfriado a la temperatura de trabajo, el encogimiento causado por el almacenamiento a temperaturas mayores que la T_g , sólo se observó a partir de 33% HR, alcanzando un valor máximo a 75% de HR y se mantuvo en función de HR. Los valores de $(T-T_g)$ suficientemente altos para producir cambios físicos notables en el tiempo de observación fueron $> 60^\circ\text{C}$. El fenómeno de encogimiento está relacionado además con el estado de sorción y movilidad de agua en la muestra, ya que las HR de máximo colapso corresponde a la zona ascendente de la isoterma de sorción de agua (por encima de la zona llamada “multicapa”) y valores de T_2 en el orden de los ms. Mediante análisis de imagen se puede realizar el seguimiento del colapso estructural en forma no destructiva y relacionarlo con otras propiedades físicas para definir parámetros de calidad y estabilidad de alimentos.

114RA. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE LACTOSUERO CON EXTRACTOS DE SALPICHROA ORIGANIFOLIA PARA SU EMPLEO COMO ADITIVO ALIMENTARIO

KISE, F.; ROCHA, G.; FERNÁNDEZ, G.; PARISI, M.

Laboratorio de Química Biológica – Departamento de Ciencias Básicas – Universidad Nacional de Luján.

e-mail: mgp@unlu.edu.ar

RESUMEN

El lactosuero es un subproducto derivado de la elaboración de quesos que desde tiempos antiguos ha sido considerado un desecho con poco valor comercial. Es un líquido de color amarillo-verdoso cuya composición físicoquímica varía dependiendo del método de fabricación empleado, tipo de leche (bovina, caprina, ovina), época del año, tipo de alimentación del rebaño y etapa de la lactación promedio. Constituye el 70% del volumen total de leche empleada en la manufactura de los quesos y conserva el 55% de los nutrientes originales. Su destino sigue siendo uno de los problemas más serios que enfrenta la industria láctea a nivel mundial. En el mercado existen pocos productos que incluyen al lactosuero como ingrediente, principalmente como medio para aumentar los sólidos lácteos a un bajo costo y, en menor grado, para aprovechar las propiedades funcionales de las proteínas del suero, tales como, formación de espuma, retención de agua libre y espesante. En los últimos años, se han reportado pocos estudios relacionados con los beneficios que ofrecen algunas fracciones peptídicas del lactosuero sobre la salud de los consumidores. En particular se está investigando su empleo como fuente de péptidos con actividad antihipertensiva, antioxidantes, antitrombóticos, inmunomoduladores y nutricionales como fuente de energía, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales.

El objetivo de este trabajo es la optimización del proceso de hidrólisis enzimática de las proteínas del lactosuero bovino con extractos de frutos de *Salpichroa origanifolia*. Se realizó un diseño factorial completo compuesto por una variable dependiente, la hidrólisis de las proteínas del lactosuero, y tres variables independientes a tres niveles cada una: relación de la concentración de proteínas de enzima:sustrato (1:50, 1:100 y 1:200), el pH (5.0, 6.0 y 7.0) y el tiempo de hidrólisis (1, 2 y 3 horas). La reacción se llevó a cabo en un baño termostatizado con agitación (37°C y 100 rpm). Los datos obtenidos en los ensayos (27 ensayos, cada uno con dos réplicas) fueron analizados mediante el programa Statistica (v.6.0) empleándose la función de deseabilidad para optimizar el proceso en estudio. Del análisis del modelo surge que los tres factores son significativos, el mayor efecto lo produce la relación entre la concentración enzima:sustrato, luego el tiempo y por ultimo el pH. Los valores óptimos de la respuesta se observan en el nivel medio de cada variable: ES (1:100), 2 horas de hidrólisis y pH 6.0.

En futuros estudios se analizará la actividad biológica de los hidrolizados obtenidos que permitiría aprovechar las proteínas del lactosuero como potencial fuente de biopéptidos para ser empleados como aditivos en matrices alimentarias.

115RA. CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE FITOPROTEASAS AUTÓCTONAS SOBRE CEPAS BACTERIANAS PATÓGENAS DE IMPORTANCIA CLÍNICA Y ALIMENTARIA

ROCHA, G.¹; CECACCI, F.²; QUIROGA, E. ³; OBREGÓN, D. ²; TELLECHEA, M.²;
OCHOA, A. ³; ROSSO, A. ¹; PARISI, M. ¹

¹Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján; ²LIPROVE, Universidad Nacional de La Plata; ³INFAP (CCT-SAN LUIS), Universidad Nacional de San Luis.

Los productos naturales y las drogas relacionadas son usados en el tratamiento del 87% de las enfermedades que afectan al hombre inclusive en las infecciones bacterianas, en cáncer y en desórdenes inmunológicos. Es así que muchos países en desarrollo basan su medicina popular en compuestos obtenidos a partir de plantas. A diferencia de los animales, las plantas carecen de sistema inmunológico y la respuesta inmunitaria de ellas comprende mensajeros químicos sistémicos que se distribuyen por toda la planta. En los últimos años se ha reportado el aislamiento de diferentes tipos de proteínas vegetales con actividad antimicrobiana, entre ellas quitinasas, β -1,3-glucanasas, defensinas, tioninas, inhibidores de proteasas e incluso enzimas proteolíticas (Rojas *et al.*, 2006). En consecuencia, la búsqueda de nuevas fuentes de agentes antimicrobianos se hace imprescindible, dado el creciente aumento de la resistencia de microorganismos a los antibióticos tradicionales. En este contexto, la investigación en compuestos biológicamente activos de origen natural resulta de gran interés. Se ha observado que algunas proteasas están involucradas en procesos de inhibición del crecimiento bacteriano (Guevara *et al.*, 2004) y es por eso que el objetivo de este trabajo es determinar la capacidad antimicrobiana *in vitro* de dos endopeptidasas autóctonas frente a distintas cepas patógenas de importancia clínica y alimentaria.

Se purificaron los extractos crudos de látex de frutos de *Araujia hortorum* y de frutos maduros de *Salpichroa organifolia*. La actividad antimicrobiana de las fracciones purificadas fue ensayada sobre cepas seleccionadas de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens* y *Klebsiella pneumoniae*. El ensayo *in vitro* se realizó incubando las proteasas en medio de cultivo líquido (caldo tripteína soja) a 37°C frente a las distintas cepas bacterianas. El seguimiento de la cinética de crecimiento bacteriano en ausencia o en presencia del compuesto antimicrobiano se realizó midiendo la turbidez a 650 nm durante 20 hs de incubación, en un espectrofotómetro GeneQuant. El porcentaje de inhibición se calculó como el cociente entre las mediciones de DO con y sin peptidasa. Como conclusión podemos afirmar que las endopeptidasas cisteínicas presentes en *Araujia hortorum* (araujaína) demostraron actividad antimicrobiana frente *Salmonella enteritidis* (90% de inhibición) y en menor grado frente a *Escherichia coli* (25%). En el caso de las aspartil peptidasas de *Salpichroa organifolia* (salpichroína), se observó un 95% de inhibición frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens* y en menor grado de *Escherichia coli* (75%). Estos resultados podrían contribuir al desarrollo de nuevos agentes antimicrobianos en el área de salud, además de tener aplicación en la industria de los alimentos y/o en el sector agronómico.

Rojas *et al.*, (2006) Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections. BMC Complement. Altern. Med., 6:2.

Guevara *et al.*, (2004) Potato aspartic proteases: induction, antimicrobial activity and substrate specificity. J. Plant Pathol., 86:233–238.

116RA. PÉPTIDOS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA OBTENIDOS POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS LÁCTEAS CON EXTRACTOS DE FRUTOS DE *SALPICHROA ORIGANIFOLIA*

ROCHA, G.; KISE, F.; BLOTTA, E.; RODRÍGUEZ, D.; DÍAZ, E.; ROSSO, A.;
PARISI, M.

Laboratorio de Química Biológica - Departamento de Ciencias Básicas - Universidad
Nacional de Luján - mgp@unlu.edu.ar

RESUMEN

La leche es un alimento complejo que contiene elementos nutritivos, da protección inmunológica y suministra sustancias con actividad biológica tanto a neonatos como a adultos. De ellos, las proteínas son empleadas como ingredientes alimentarios ya que presentan importantes propiedades funcionales, nutricionales y biológicas. Las principales fracciones proteicas de la leche bovina incluyen la α -lactalbúmina (α -LA), la β -lactoglobulina (β -LG), las caseínas (CN), las inmunoglobulinas (Ig), las lactoferrina (LF), las fosfoglicoproteínas (solubles en ácido), y otras proteínas séricas menores tales como transferrina y albúmina sérica. Las propiedades más destacadas de estos compuestos son la capacidad de otorgar determinadas características sensoriales y fisicoquímicas a los alimentos, son fuente de energía y aminoácidos esenciales y son potenciales ingredientes en alimentos funcionales. La hidrólisis de las proteínas lácteas puede producir péptidos con importantes funciones fisiológicas. Estos péptidos son inactivos dentro de la secuencia de la proteína intacta y pueden ser liberados por acción de enzimas proteolíticas nativas de la leche, enzimas de bacterias lácticas o de fuentes exógenas durante la digestión gastrointestinal o durante el procesamiento del alimento. Los péptidos derivados de las proteínas caseínicas y séricas han demostrado poseer propiedades biológicas como actividad opioide, antihipertensiva, antimicrobiana, antitrombótica, inmunomoduladora y participan en el transporte de minerales.

El objetivo de este trabajo es estudiar la actividad antimicrobiana de los péptidos obtenidos por hidrólisis enzimática de caseínas de origen bovino, caprino y ovino con extractos de frutos maduros de *Salpichroa origanifolia*. La reacción enzimática se realizó a pH 6,2 y 37°C empleando el extracto enzimático en una relación 1:25 (V/V) de enzima:sustrato. Luego de 2 horas de incubación, la reacción se detuvo por calentamiento a 80°C en un baño termostático durante 15 minutos. Posteriormente, se realizó la ultrafiltración de los hidrolizados con membranas que retienen los compuestos con peso molecular superior a 3-KDa (AMICON). Se obtuvieron fracciones de peso molecular superior e inferior a 3-kDa a partir de la hidrólisis de caseínas bovina, ovina y caprina. En ellas se evaluó la actividad antimicrobiana frente a microorganismos Gram (+) y Gram (-) y se encontró que los extractos crudos de frutos maduros de *Salpichroa origanifolia* tienen la capacidad de hidrolizar las fracciones caseínicas de origen bovino, caprino y ovino liberando péptidos con peso molecular inferior a 3-kDa con actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus*, *Pseudomona aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Serratia marcescens*.

117RA. TEXTURA DE RELLENOS DE GALLETITAS: EFECTO DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES

BATTAIOTTO^{1,2} L.; LUPANO¹ C. y BEVILACQUA^{1,2} A.

¹**Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) -
Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - CCT La Plata CONICET - 47 y 116 - 1900 La
Plata, Argentina.**

²**Departamento de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería - UNLP.
lau_batt@yahoo.com.ar**

RESUMEN

Debido a la creciente demanda por parte de los consumidores de alimentos listos para el consumo, con buenas propiedades tanto nutricionales como organolépticas, la industria alimentaria tiende cada vez más al desarrollo de alimentos compuestos, con porciones secas, crujientes y rellenos suaves de diverso origen, composición y textura, como por ejemplo las galletitas rellenas. En Argentina, el consumo de galletitas es de aproximadamente 7,5 kg./hab./año, y se estima que el 15% del consumo nacional corresponde a galletitas dulces rellenas y obleas. Debido a esto, resulta de interés determinar las características y las propiedades que imparten los ingredientes comunmente utilizados en la industria alimentaria para la elaboración de rellenos de galletitas dulces.

Este trabajo se centró en el estudio del efecto de los ingredientes principales de rellenos de galletitas sobre la adhesividad, la cohesividad, el tiempo de relajación y la firmeza. Las propiedades de textura se determinaron empleando un texturómetro TA.XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Inglaterra).

Los distintos rellenos se prepararon siguiendo el diseño experimental generado, y las formulaciones incluyeron gelatina sin sabor, azúcar impalpable, almidón de maíz, manteca de cacao y agua. En todos los casos se utilizó una relación entre los ingredientes sólidos (almidón y azúcar) y líquidos (manteca de cacao fundida y solución de gelatina 5g/55g) de 7:3.

Los datos obtenidos se analizaron empleando el Método de Superficie de Respuesta (RSM). Todos los parámetros de textura analizados se vieron afectados al variar las cantidades de ingredientes sólidos y líquidos. La funcionalidad entre cada variable de respuesta y los factores considerados se aproximaron mediante polinomios de segundo orden.

La baja adhesividad que presentaron las formulaciones con proporciones de azúcar y almidón intermedias, podría atribuirse a la existencia de mayores interacciones puentes de hidrógeno entre el almidón y las moléculas de sacarosa. La gelatina, por otra parte, al formar una estructura tipo gel, atraparía en su interior almidón y moléculas de sacarosa, impidiendo que se adhieran a la superficie de la sonda. La cohesividad aumentó con el contenido de almidón y de manteca de cacao, lo cual indica que éstos serían los principales componentes que mantienen la estructura en estos sistemas. El incremento en las proporciones de almidón y, en menor medida, de manteca de cacao, producen mayores valores de firmeza y tiempo de relajación, parámetros que están directamente relacionados con la untabilidad del relleno.

118RA. MERMELADA MIXTA DE DURAZNO, CON EL AGREGADO DE “OKARA”

RAIMONDO E., OBERTI G., DIP G., GASCÓN A., DUPERTUIS L.

Universidad Nacional de Cuyo-Facultad de Ciencias Agrarias Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias. E.mail: eraimondo@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

La elaboración de mermeladas es una práctica común en nuestra zona, si a las mismas se les agrega un ingrediente como el okara (residual de poroto de soja una vez extraído el jugo), se puede lograr un producto con mayor aporte proteico, ideal para comunidades de bajo recursos.

El objetivo del presente trabajo fue formular y desarrollar una mermelada mixta de mayor valor proteico por el agregado de “okara”, de buena aceptabilidad.

En una primera etapa se obtuvo el “okara”, para ello se partió de granos desactivados de soja a los cuales se les extrajo el jugo y el residual (okara) se caracterizó nutricionalmente para incorporarlo a la mermelada. Esta se elaboró con una receta tradicional agregando 700 g de azúcar por kg de pulpa de durazno. Para la elaboración se utilizó un proceso discontinuo, a presión atmosférica, por calentamiento a fuego directo agitando continuamente. La dosificación de los azúcares se realizó en dos etapas. En la primera se incorporaron 10% de la sacarosa, agregando el resto cuando la mezcla alcanzo los 40 °Brix. El okara y las esencias, se adicionaron luego de la segunda incorporación de azúcares y se concentró la mermelada hasta el punto final establecido en 67° Brix.

A la mermelada seleccionada se les realizaron análisis físicos-químicos, microbiológicos para su caracterización y evaluación sensorial para establecer aceptabilidad. A modo de ejemplo se presentan algunos datos:

Determinación	Valor Promedio	Determinación	Valor Promedio
Humedad	23,7 %	Lípidos	1,7 %
Cenizas	1,2 %	Fibra Bruta	1,8 %
Proteínas	3,8 %	Hidratos de carbono	66,7 %
Energía	297 Kcal/ 1249 kJ		

El 75% de los evaluadores clasificó a la mermelada como excelente o muy buena, el 18% como buena y el 7% como regular.

Conclusión: la formulación utilizada permitió incrementar en 4 veces el valor proteico, en relación al producto convencional.

119RA. DETERMINACIÓN DEL COLOR DE SALMUERAS, DE ACEITUNAS VERDES FERMENTADAS, EN FUNCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL ENVASE

RAIMONDO E. ^(1,2); **OBERTI G.** ⁽¹⁾; **ESPEJO C.** ⁽³⁾; **GASCÓN A.** ⁽¹⁾; **FLORES D.** ⁽²⁾; **DIP G.** ⁽¹⁾

(1) Universidad Nacional de Cuyo, Facultad Ciencias Agrarias - (2) Universidad J. Maza, Facultad de Ciencias de la Nutrición - (3) INTI-CEMCuyo.

E-mail: eraimondo@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Objetivos: Establecer una relación entre longitud de onda y absorbancia de los líquidos de cobertura de aceitunas verdes fermentadas para determinar color como índice de calidad.

Vincular el lapso de aptitud de aceitunas verdes en salmuera en distintas películas de envase en función de su permeabilidad al oxígeno.

Materiales y métodos: Para llevar a cabo el ensayo se utilizaron aceitunas verdes fermentadas, variedad Arauco, preparadas a nivel piloto, las mismas fueron envasadas en solución salinas al 6% en distintas películas plásticas. Los materiales ensayados fueron: Polietileno de baja densidad coextrudado de 40 micrones de espesor (baja barrera al oxígeno) (E1); laminado polietileno-poliéster de 120 micrones de espesor (alta barrera al oxígeno) (E2) y laminado polietileno-poliéster de 120 micrones de espesor con cloruro de polivinilideno (muy alta barrera al oxígeno) (E3).

Para controlar la evolución de la oxidación de la salmuera se utilizó un espectrofotómetro y se midió la absorbancia en un rango de longitudes de onda de 325 a 600 nm, realizando un muestreo por triplicado, de cada tipo de envase cada 10 días.

Resultados obtenidos: Las longitudes de onda que dieron resultados más reproducibles fueron 425 y 450 nm. Para ellas los valores de absorbancia máximos, por debajo de los cuales se observan colores claros de salmuera, fueron 510 ± 10 y 390 ± 10 nm respectivamente.

Con respecto al lapso de aptitud en función de la permeabilidad del envase se determinó que para una película muy permeable (E1) la conservación de las características organolépticas (color de la salmuera) fue de 50 días, para el envase semipermeable (E2) 80 días y para el envase de muy alta barrera (E3), el color de la salmuera no varió en 270 días.

Conclusiones: La determinación de absorbancia a 425 o 450 nm, pueden ser usadas para determinar evolución del color en salmueras de aceitunas verdes fermentadas.

Para envases muy permeables, de bajo costo, el lapso de aptitud es de 50 días y para envases de muy alta barrera al oxígeno el periodo de comercialización se extiende a 270 días sin que haya variaciones en el color de las salmueras.

120RA. VARIACIÓN DEL PERFIL LIPIDICO DE HAMBURGUESAS DE SURUBI (*PSEUDOPLATYSTOMA CORRUSCANS*) ADICIONADAS CON HARINA ENTERA DE CHÍA (*Salvia hispánica L.*)

RIERNERSMAN, C. N.; ROMERO, A. M.; DOVAL; M. M. JUDIS, M. A.

**Laboratorio Industrias Alimentarias II -Universidad Nacional del Chaco Austral –
Cte. Fernández 755 - Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, CP 3700**

carola@uncaus.edu.ar

RESUMEN

La tendencia actual está orientada al consumo de alimentos que aporten beneficios “extras” sobre la salud humana, por lo cual existe un creciente desarrollo de nuevos productos alimenticios “bajos en grasas” o “light”, reducidos en ácidos grasos saturados, enriquecidos con ácidos grasos n9, n3 y/o n6. Generalmente se ha recurrido a la incorporación y combinación de una gran variedad de ingredientes, como semillas de lino y chía, entre otras; aceites ricos en ácidos grasos insaturados, como aceite de girasol alto oleico, aceite de oliva o aceites de pescado a productos cárnicos cuya composición lipídica no es reconocida como muy saludable. El surubí, uno de los peces de río característicos de la región del NEA, aparece como una alternativa interesante a considerar porque posee una importante proporción de ácidos grasos insaturados, pero menor contenido de n3 con respecto a los pescados de mar. El objetivo de este trabajo fue evaluar la modificación del perfil lipídico de un producto elaborado en base a carne de surubí, adicionado con harina entera de chía, una de las fuentes vegetales de mayor contenido de ácidos n3 de cadena corta. Para ello se prepararon hamburguesas de 100g aproximadamente con carne de surubí picada y emulsionada con sal 2%, BHA 0,01%, polifosfato de sodio 0,4% y agua 15%, a las cuales se le adicionaron o no 5% de harina de chía. Las muestras fueron cocidas a 200°C durante 15 minutos, hasta alcanzar los 73°C en el centro térmico, registrándose el peso antes y después de la cocción. La extracción y cuantificación de la grasa fue realizada por el método Soxhlet y la determinación del perfil lipídico por cromatografía gaseosa previa extracción de los ácidos grasos por el método Bligh & Dyer. Los resultados obtenidos nos permitieron observar que la adición del 5% de harina entera de chía disminuyó significativamente la pérdida de peso por cocción aproximadamente en un 23% y la pérdida de agua y grasa en un 26 y 73% respectivamente. Con respecto al perfil lipídico se pudo observar que el producto cocido listo para consumir aumentó en forma significativa el nivel de ácidos grasos n3 y disminuyó el nivel de ácidos grasos saturados, por lo que la relación Polinsaturados/Saturados fue de aproximadamente 2,5. Mientras que la relación n6/n3 en el producto mejorado disminuyó a valores cercanos a 1.

121RA. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNA POLIGALACTURONASA (PGI) EN BATCH ALIMENTADO MEDIANTE DIFERENTES PERFILES DE ALIMENTACION

FRANCHI, M. L.¹; VASCO, J.²; ZAPATA VAHOS, C.²; ROJAS, N. L.⁴; POSE, G.^{1,3}; CAVALITTO, S.⁴

1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente - Universidad Nacional de Río Negro. Tacuarí 669 - (8336) Villa Regina, Río Negro – Argentina

luisafranchi@yahoo.com.ar

2. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Calle 59A Número 63 – 20. Medellín, Colombia.

3. CONICET

4 CINDEFI (CONICET – UNLP). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115. (1900) La Plata, Argentina.

RESUMEN

El mercado de las enzimas ha tenido gran crecimiento desde los años 70 y este ha sido paralelo con el desarrollo de un gran número de aplicaciones en la industria alimentaria.

Aspergillus kawachii es un hongo filamentoso que, creciendo en medios de cultivo a base de sales, triptona y diferentes fuentes de carbono, produce diversas pectinasas. Una poligalacturonasa (PGasa), denominada PGI, despertó gran interés debido a su capacidad de hidrolizar sustratos en un rango de pH muy bajo (pH 2,0 – 3,0). Esta enzima tiene un amplio potencial de aplicación a diferentes procesos industriales y de particular interés a aquellos que involucran la producción frutihortícola de la región de Río Negro (clarificación de jugos y vinos, maceración de tejidos, extracción de pectina). PGI fue purificada, caracterizada bioquímicamente, clonada y expresada en un vector inducible (pYES2) para *S. cerevisiae*.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la optimización de la producción de PGI recombinante en batch alimentado con diferentes perfiles de inducción.

Los cultivos se realizaron en medio sintético con glucosa y urea como fuente de carbono y nitrógeno respectivamente. Luego de un período de acumulación de biomasa en batch alimentado con glucosa como única FCE, los cultivos se indujeron mediante la alimentación del mismo medio de alimentación con el agregado de galactosa (inductor del promotor Gal1 del pYES2). Los cultivos se realizaron en un fermentador New Brunswick Bioflo 350 con control de O₂ disuelto y pH. Se estudio la expresión realizando dos perfiles de alimentación cambiando la concentración de glucosa y dos perfiles de inducción cambiando la velocidad de flujo. Se alimento con 100 g/l y con 300 g/l de glucosa y se indujo alternativamente con 100g/l de glucosa y 50 g/l de galactosa a una velocidad de 9 ml /h y 27 ml/h respectivamente.

La condición de 100 g/l de glucosa en la alimentación y un flujo de 9 ml/h en la inducción resultó ser la condición de mayor producción de enzima obteniéndose una actividad final de 60 U/ml, una concentración de biomasa de 7.06 g/l y una actividad específica de 8500 U/g.

El aporte de este trabajo en cuanto a la optimización de la producción enzimática es un primer paso para su escalado y por ende la posibilidad de comercialización de enzimas de producción nacional para la industria alimenticia.

122RA. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL PH SOBRE LA EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE PECTINA DE CÁSCARA DE MARACUYA EMPLEANDO PROTOPECTINASA-SE

VASCO CORREA, J.¹; HOURS, R.²; ZAPATA ZAPATA, A.¹

1. Laboratorio de Procesos Biológicos-Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. jvascoc@unal.edu.co

2. CINDEFI (CONICET – La Plata), La Plata. 47 y 115 (B1900ASH) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

La pectina es un polisacárido de origen vegetal ampliamente usado en las industrias alimenticia y farmacéutica debido a sus propiedades físico-químicas de gelificación y estabilización. Existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, las cuales utilizan procedimientos físico-químicos, microbiológicos o enzimáticos. Los procedimientos físico-químicos, si bien son los más utilizados a nivel industrial, tienen la desventaja de manejar ácidos fuertes y altas temperaturas, sin mencionar los problemas de contaminación ambiental que generan. El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), es un fruto tropical caracterizado por un intenso sabor y alta acidez, del cual Colombia es el tercer productor mundial. Su cáscara constituye un 50 - 60 % en peso del fruto, y es el material residual generado durante la fabricación de jugos y pulpas. Se ha demostrado que esta cáscara es una potencial fuente de pectina.

En este trabajo se estudió el efecto de la temperatura y el pH sobre la capacidad de extracción de pectina de cáscara de maracuyá amarillo usando Protopectinasa-SE, enzima producida por el hongo levaduriforme *Geotrichum klebahnii*, por medio de un diseño factorial completo 3². Además, los mejores resultados obtenidos a partir del proceso enzimático de extracción de pectina fueron comparados con los resultados obtenidos a partir del método químico tradicional. Se encontró que a pH: 3,0 se obtienen los mejores resultados, lo cual es un resultado importante ya que a valores bajos de pH se previene la contaminación microbiana. La temperatura en el rango evaluado no presenta un efecto significativo en el proceso, lo que difiere de estudios previos en otras matrices. Este resultado sugiere que se puede usar una temperatura de 30°C para el proceso de extracción sin afectar el rendimiento y sin incurrir en el gasto energético que implica una temperatura mayor. Bajo estas condiciones el valor de ácido galacturónico (AGA) obtenido fue de 3.269 ± 81 ppm.

A partir del procedimiento químico de extracción de pectina se obtuvo un valor promedio de AGA de 3.188 ± 74 ppm, resultado que comparado con el obtenido a partir del método enzimático (pH: 3,0, 30°C) no tiene diferencia significativa con un nivel de confianza del 95%. Estos resultados demuestran que el método enzimático puede generar resultados al menos equivalentes a los del método químico, sin los problemas que conlleva el manejo de las altas temperaturas y ácidos fuertes.

123RA. CURVA DE DEGRACION DE CLORPIRIFOS EN NARANJA VALENCIA

MONTTI, M.; ROUSSERIE, H.; MARTINEZ, H.; SUBOVICH G.; VISCIGLIO S.; RAVIOL F.

Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos.

Av. Monseñor Tavella 1450- Concordia- Entre Ríos- Argentina-
Mail: monttim@fcal.uner.edu.ar

RESUMEN

En nuestro país el control de plagas se efectúa mediante las técnicas tradicionales de aplicación de agroquímicos, ya que los cultivos orgánicos tienen escaso desarrollo. Los tratamientos precosecha en cítricos con clorpirifos son utilizados fundamentalmente para preservar los frutos del ataque de la mosca del mediterráneo. La importancia que se asigna en la actualidad a los residuos de plaguicidas en productos frescos hace necesario el control y evolución de los mismos. La distribución y penetración de los plaguicidas en el tejido vegetal, como asimismo la evolución de éstos en los frutos es compleja y dependen de diversos y numerosos factores; siendo la degradación química la vía esencial de la eliminación de los residuos, dependiendo fundamentalmente de la estructura química del principio activo, del sustrato vegetal y de la temperatura. Estudios abordados sobre la cinética química de los plaguicidas han demostrado que en general las reacciones de disipación son de primer orden. Se plantearon como objetivos del presente trabajo determinar la curva y cinética de degradación del clorpirifos en una unidad de producción primaria de fruta fresca para exportación de naranja Valencia Seedles. Los muestreos se efectuaron a las 24 horas posteriores a la aplicación y cada 7 días hasta su cosecha. Los blancos de muestra, muestras adicionadas e incógnitas fueron procesadas por el método QuEChERS modificado. La identificación y cuantificación del analito se efectuó por cromatografía gaseosa con detección por microcaptura de electrones y espectrometría de masas. Los parámetros estadísticos indicaron que la metodología adoptada es adecuada en el rango lineal previsto, precisa y con una recuperación del orden entre del 97,8 y 98,2 % y los límites de detección y cuantificación fueron de 1,1 y 1,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivamente. Uno de los lotes presentó una rápida degradación en la primera semana, debida a factores climáticos que redujeron considerablemente los residuos, por lo que la curva de degradación para este lote se evaluó a partir del día 7; observándose resultados relativamente coincidentes en otros lotes. Los residuos presentaron una lenta evolución, persistiendo entre un 50 a 52 % a los 42 días y con niveles de clorpirifos superiores a los límites permitidos, en el orden de 77 a 85 $\mu\text{g}/\text{kg}$; los coeficientes de variación relativa fueron de 5 a 19%, aceptables para este tipo de muestras. La curva de degradación permitió establecer en 39 días la vida media de dicho plaguicida.

124RA. “INCIDENCIA DEL CONTENIDO INICIAL DE RESIDUOS EN FRUTAS SOBRE LOS ACEITES ESENCIALES CITRICOS”

**AUTORES: MONTTI, M^{1.}; VISCIGLIO, S^{1.}; CHAULET, M^{1.}; RAVIOL, F^{1.};
SUBOVICH, G^{1.}; WILLIMAN, C^{1.2.}; ROUSSERIE, H^{1.}; MARTINEZ, H^{1.};
MUNITZ, M^{1.}; LESIEUX, L^{1.}; GONZALEZ ALEJANDRO, E^{1.}; BORDET, F^{1.}**

¹Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Av. Monseñor Tavella 1450 - Concordia- Entre Ríos- Argentina

**²Centro de Investigaciones del Medio Ambiente. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 y 115 - La Plata – Buenos Aires - Argentina
E-mail:monttim@fcal.uner.edu.ar**

RESUMEN

Las exportaciones de productos cítricos tienen un alto impacto en la economía regional. A fin de adecuarse a la calidad exigida por los mercados internacionales debe efectuarse un adecuado manejo de la producción en todos sus aspectos. Los niveles aceptados de residuos de plaguicidas tienden a ser cada vez menores. La aplicación de plaguicidas tales como: O-fenilfenol, clorpirifos, imazalil, procloraz, bromopropilato, cipermetrina, y thiabendazole en los cultivos y/o empaques hace factible la presencia de residuos en las frutas, pudiendo consecuentemente persistir en los jugos y aceites esenciales. Se plantearon como objetivos evaluar los residuos presentes en las frutas y su evolución en el proceso de industrialización de aceites esenciales. Se aplicaron técnicas extractivas tales como, microextracción en fase sólida y método QuEChERS modificado. Las determinaciones e identificación de los analitos se efectuaron por cromatografía gaseosa con detectores de microcaptura de electrones, de nitrógeno-fósforo, espectrometría de masa y cromatografía líquida con arreglo de diodos y fluorescencia. Los datos estadísticos indicaron que las metodologías analíticas son lineales en el rango de concentraciones previsto, de adecuada precisión, alta sensibilidad y recuperación. Dado que existe efecto matriz, en todos los casos se adoptó el método de calibración con muestras adicionadas. Los resultados de tres temporadas de producción indicaron que los tipos de plaguicidas y los niveles detectados son muy variables, aún para un mismo analito, debido posiblemente a la diferencia y variabilidad de los lotes de frutas ingresadas. La carga inicial de residuos en la fruta disminuye aproximadamente un 40 a 50%, debido al proceso de lavado y cepillado en la línea. En aceite pulido los valores medios de residuos expresados en mg/kg presentaron diferencias significativas para los diferentes plaguicidas. Los valores de persistencia relativa en el aceite, respecto a los residuos en frutas post lavado, no superaron en su mayoría el 10%. Los niveles residuales en los aceites descerados variaron ligeramente respecto al pulido, posiblemente debido a las características fisicoquímicas de los analitos, las cuales inciden en la partición de los mismos en las diferentes fases, y los valores de persistencia relativa no superaron el 15%. Siendo el O-fenilfenol el de mayor persistencia, tanto en aceite pulido como descerado. Podemos concluir que la mayor eliminación de los residuos se produce en el proceso de lavado y en menor porcentaje en el pulido y descerado debido a la partición de los analitos en las fases acuosa, oleosa y cerosa.

125RA. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MERMELADAS DE ARÁNDANOS (*VACCINIUM CORYMBOSUM*)

MUÑOZ, M. L. y VIÑALES, L.

Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.
Cruce de Rutas 5 y 7, (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina
mmunoz@unlu.edu.ar

RESUMEN

El arándano (*Vaccinium corymbosum*) es un fruto carnoso violáceo, reconocido como uno de los de mayor actividad antioxidante. Constituyen una excelente fuente de fitoquímicos que tienen actividad biológica, entre los que se describen efectos anticarcinogénicos.

Estos frutos, comúnmente se consumen como frutas frescas, y en menor medida procesados en jugos, mermeladas, dulces, etc. La mermelada de arándanos se está incorporando progresivamente en nuestra dieta, como parte de desayunos y meriendas, aunque también se puede utilizar para acompañar platos salados y dulces.

En el Código Alimentario Argentino (CAA), en el Capítulo X, Artículo 810, se define a la mermelada, estableciendo condiciones generales que debe cumplimentar, sin detallar los parámetros que permitan caracterizarlas según la materia prima que se utilizó para su elaboración.

En este trabajo se evaluaron las características físicoquímicas de mermeladas de arándanos para establecer parámetros que podrán incorporarse a nuestra legislación. Para ello, se analizaron por duplicado, 40 muestras comerciales de mermeladas provenientes de elaboraciones artesanales e industriales, disponibles en el mercado.

Se determinaron: Sólidos solubles por refractometría, según escala internacional para sacarosa; acidez total titulable (manual de Técnicas analíticas, CITEF (T-2, Cáp. VIII)); pH por potenciometría; azúcares reductores y totales, por el método de Fehling-Causse-Bonnans, y no reductores por diferencia.

Los valores promediados obtenidos para las mermeladas de arándanos son pH: 4,19, acidez total 0,24 %, sólidos solubles: 65,1 ° Brix , azúcares reductores: 15,9 %, azúcares totales: 28,2 %, y azúcares no reductores: 7,0 %.

Del análisis estadístico de los datos, surge que los parámetros acidez total titulable y azúcares no reductores no fueron representativos, y por lo tanto no servirían para la caracterización de este tipo de alimento.

Se considera que el pH, los sólidos solubles, los azúcares totales y reductores son los parámetros que mejor caracterizan a las mermeladas. El análisis estadístico mostró que los datos son homogéneos y que la media aritmética es representativa, lo que se corresponde con un coeficiente de variación < 20.

Los parámetros propuestos pueden caracterizar a este alimento según las pautas que establece el CAA, y los estudios micrográficos que se realizarán en próximos trabajos, permitirán completar la caracterización y el establecimiento de la genuinidad de los productos.

126RA. INFLUENCIA DE LAS FUENTES DE CARBONO Y NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SÍNTESIS DE PECTINASAS DE *A. pullulans* GM-R-22

MERÍN, M. G.^{1,2}, MORATA DE AMBROSINI, V. I.^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina

E-mail: mgmerin@fcai.uncu.edu.ar.

2. CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

RESUMEN

Las pectinasas son enzimas capaces de degradar las sustancias pécticas. Estas enzimas tienen diversas aplicaciones industriales entre las que se destaca su uso en vinificación. Ellas actúan mejorando la extracción de color y aroma de las bayas de uva, y facilitando el rendimiento y la clarificación del mosto-vino. La producción de pectinasas microbianas es afectada por factores ambientales y nutricionales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la fuente de carbono y nitrógeno del medio de cultivo así como el tiempo de incubación sobre la producción de pectinasas por *Aureobasidium pullulans* GM-R-22, aislado previamente desde el ecosistema vitivinícola de San Rafael y seleccionado por producir altos niveles de pectinasas. El microorganismo en estudio se cultivó en el medio YNB adicionado con las fuentes de carbono glucosa, pectina y una combinación de ambas, a una concentración final de 10 g/L. Adicionalmente, se utilizó el medio YCB adicionado con las fuentes nitrogenadas sulfato de amonio, nitrato de sodio, peptona y extracto de levadura a una concentración final de 5 g/L. Los cultivos se incubaron con agitación (100 rpm) a 20 °C, a pH inicial 4,5. Se tomaron muestras diariamente para evaluar el crecimiento por densidad óptica (DO_{600nm}) y la actividad pectinolítica por el método de Miller cuantificando los azúcares reductores liberados desde una suspensión de pectina. *A. pullulans* fue capaz de crecer en los tres medios de cultivo con las diferentes fuentes carbonadas, mostrando el mayor crecimiento en el medio YNB-glucosa. La máxima actividad pectinolítica se obtuvo en el medio conteniendo glucosa como única fuente de carbono a las 24 h de cultivo (1,610 U/mL), mientras que la producción de pectinasa en el medio YNB-pectina fue máxima a las 120 h de cultivo (0,988 U/mL). El mayor crecimiento y producción de pectinasas se obtuvo sobre extracto de levadura a las 96 h de cultivo, mientras que sobre el resto de las fuentes nitrogenadas no se observaron diferencias significativas y los niveles de actividad fueron inferiores al primero. Se concluye que *A. pullulans* GM-R-22 fue capaz de crecer utilizando pectina como única fuente de carbono y produjo pectinasas en un medio con glucosa como única fuente de carbono, confirmando la naturaleza constitutiva de algunas de las pectinasas constituyentes del sistema enzimático. Estos resultados ponen en evidencia la importancia de estudiar las condiciones de cultivo para optimizar la síntesis de pectinasas microbianas con el fin de aplicarlas en procesos biotecnológicos.

127RA. FERMENTACION ALCOHOLICA DE MUCILAGO DE CAFÉ

ORREGO, D¹; PRADA, D¹; SÁNCHEZ, D¹; CAVALITTO, S², ZAPATA, A¹.

1. Laboratorio de Procesos Biológicos-Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

dorrego@unal.edu.co

2. CINDEFI, CCT – La Plata, La Plata. 50 y 115 (B1900ASH) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Como resultado de las actividades de explotación de recursos energéticos fósiles se ha generado un aumento en la contaminación ambiental causada por la generación de gases de invernadero. Adicionalmente el crecimiento de las demandas energéticas obliga a la evaluación de nuevas alternativas energéticas renovables y amigables con el medio ambiente. Es así como se han estudiado aplicaciones biotecnológicas para la producción de biocombustibles a partir de materias primas de bajo costo y que no pongan en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

El mucílago de café es una sustancia gelatinosa que hace parte del mesocarpio adherido a la cáscara del grano de café, representando aproximadamente el 22% en peso húmedo del grano. Debido a su sub-utilización, alta concentración de azúcares reductores y a la ausencia de sustancias inhibitorias, se encontró altamente pertinente su utilización para la producción de etanol por medio de procesos fermentativos con *Saccharomyces cerevisiae*.

El control de temperatura y la agitación durante las fermentaciones industriales son aspectos altamente demandantes de energía, y por tanto, aumentan el costo del proceso. Es por eso que en este trabajo se evaluó la producción de etanol en procesos fermentativos sin control de temperatura (temperatura ambiental promedio = 24 °C), y en condiciones estáticas, utilizando mucílago de café como sustrato con una concentración inicial de azúcares reductores de 32 g/L. Los experimentos se desarrollaron en matraz de 250 mL con 100 ml de mucílago y en biorreactor de 5 L con 3 L de mucílago. En ambos casos se manejaron condiciones de esterilidad y el tiempo de fermentación fue de 24 h. Se determinó la concentración de azúcares reductores (AR) durante el proceso por el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico, y la concentración de etanol por cromatografía de gases acoplado a un detector de llama.

El rendimiento alcanzado de etanol, tanto en el matraz como en el bioreactor de 5 L, fue de 33% (tomados como g etanol/ g AR consumido). Investigaciones previas realizadas por los autores en condiciones de agitación y control de temperatura a 30 °C, permitieron obtener rendimientos de 40% y 33% en matraz (agitado a 150 rpm) y biorreactor (300 rpm con dos turbinas Rushton), respectivamente. Lo anterior permite concluir que el proceso es igualmente eficiente bajo condiciones simples de operación.

128RA. ESTUDIO DE LA PRODUCCION DE KERATINASAS POR *PAECILOMYCES LILACINUS* EN CULTIVOS SUMERGIDOS

Cavello, I, Hours, R, Cavalitto, S

CINDEFI (UNLP, CCT – La Plata)

La Plata. 50 y 115 (B1900ASH) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

cavali@biotec.org.ar

RESUMEN

La queratina es una proteína insoluble, componente principal de pelos, uñas y plumas. Posee una estructura sumamente estable y mecánicamente resistente debido al empaquetamiento compacto de sus cadenas proteicas con estructuras del tipo α -hélice o de lámina beta y a su entrecruzamiento mediante puentes disulfuro. Las proteasas con capacidad de degradarlas se denominan keratinasas. Las queratinasas microbianas reportadas hasta el presente son producidas por algunas especies de *Bacillus*, algunos *Streptomyces* y unos pocos hongos dermatofíticos y no dermatofíticos, entre los que se encuentra *Paecilomyces lilacinus*. Los residuos queratínicos derivados de las agroindustrias (pelos y plumas) representan un serio problema ambiental. El aprovechamiento de dichos residuos constituye un tópico de relevancia siempre actual, que puede ser encarado por métodos biotecnológicos, revalorizándolos.

El objetivo de esta trabajo es el estudio de la producción de una keratinasa por *P. lilacinus* utilizando un medio mineral mínimo con residuo pelo como fuente de carbono y nitrógeno (FCN).

Los cultivos se realizaron en erlenmeyer agitado, con 1% (p/v) de residuo pelo, se agitaron a 200 RPM a 28 °C y durante 10 días. Se estudiaron los siguientes factores: presencia de agentes reductores, estudio del agregado de glucosa como FCE, estudio del inóculo, estudio de la composición de las sales en el medio mineral, estudio del agregado de NaCl. La actividad enzimática se determinó utilizando azokeratina y azocaseína como sustratos.

De los agentes reductores analizados, el tioglicolato, en una concentración de 5 mM, produjo un incremento de 40% con respecto al control por lo que se utilizó en los ensayos posteriores. El agregado de glucosa al medio de cultivo generó un incremento de 8 veces con respecto al control. Los estudios del efecto del inóculo resultaron en un máximo de actividad cuando se inocularon los cultivos con $2 \cdot 10^7$ conidios/ml. Finalmente, una disminución en la concentración del pool mineral de medio de cultivo a una concentración de un decimo resultó en un máximo de actividad. El agregado de NaCl al final del cultivo favoreció la recuperación de la enzima, aumentando la actividad obtenida en 67%. En definitiva, optimizando todas las variables de cultivo se obtuvo una actividad de 45 U/ml (medido contra azocaseína).

De los resultados obtenidos puede concluirse que cultivos de *P. lilacinus* pueden ser una buena alternativa para el tratamiento de residuos keratinicos para su revalorización con la producción de compuestos utilizables en industrias tales como la de los detergentes, producción de alimentos balanceados, etc.

129RA. UTILIZACIÓN DE YACÓN PARA LA PRODUCCION DE INULINASAS DE *ASPERGILLUS KAWACHII* EN CULTIVOS LÍQUIDOS SUMERGIDOS

ROJAS, N, CHESINI M, NEILA, L, VITA, C, HOURS, R, CAVALITTO S.

Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI, CCT – La PLata)
La Plata. 50 y 115 (B1900AJL) La Plata, Buenos Aires, Argentina.
cavali@biotec.org.ar

Palabras Claves: inulinasa, *Aspergillus kawachii*, Inulina, Yacón.

RESUMEN

Las inulinasas microbianas o β -(2 \rightarrow 1) fructanohidrolasas son enzimas que hidrolizan enlaces β -(2 \rightarrow 1) fructano en la inulina y se utilizan para la producción de jarabe de fructosa, oligofructosacáridos y etanol o acetona-butanol a partir de residuos de especies vegetales. Estas enzimas pueden clasificarse en exo y endoinulinasas. Las exoinulinasas (β -D-fructan fructanohidrolasa) hidrolizan los enlaces β (2 \rightarrow 1) de la molécula de inulina y separan sucesivamente unidades de fructosa mientras que las endoinulinasas (2,1- β -D fructan fructanohidrolasa) hidrolizan los enlaces internos β (2 \rightarrow 1) de inulina y dan como producto final una mezcla de oligofructosacáridos. El Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta típica de la zona andina (particularmente Jujuy) cuya raíz tiene un alto contenido de inulina y FOS. Actualmente su cultivo se realiza en forma artesanal. El uso del mismo como sustrato para la producción de inulinasas y la posible producción, por medio de dichas enzimas, de jarabes de alta fructosa o soluciones de FOS podría revalorizar un cultivo tradicional del NOA.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el aprovechamiento de yacón para la producción de inulinasa en cultivos líquidos sumergidos.

Se realizaron cultivos de *A. kawachii* IFO 4308 en medio Czapek líquido con glucosa, fructosa, sacarosa, inulina o jugo de yacón como fuente de carbono y energía. El jugo de yacón se obtuvo por prensado de los frutos frescos, es esterilizó por filtración y se guardó a 4°C hasta su utilización. Los cultivos se realizaron en erlenmeyers de 1000 ml conteniendo 200 ml de medio, se inocularon con 10⁶ esporos por ml y se incubaron a 200 RPM a 30°C durante 150h. En el caso de los cultivos con yacón como FCE, se estudió también el efecto del pH inicial. La actividad inulinasa se determinó midiendo la liberación de grupos reductores a partir de una solución 0.05% de inulina a pH 5 en buffer BCP.

Con yacón como FCE se obtuvo la mayor actividad, por lo que fue seleccionado para estudios posteriores de producción (en términos de condiciones de cultivo tales como el pH) y caracterización de la enzima con actividad inulinasa. El valor óptimo de pH inicial fue 3 alcanzándose un valor máximo de producción de enzima (50 mU/ml) a las 40 h cuando el pH, debido al consumo de la fuente de nitrógeno (NaNO₃), alcanza un valor de 6.

De estos resultados puede concluirse que el yacón resulta una buena alternativa como FCE para la producción de inulinasa en medio líquido.

130RA. VALOR NUTRICIONAL DE SUBPRODUCTOS CITRÍCOLAS

NESCIER, I.¹; ALSINA, D.¹; SANTINI, Z.²; JORIS, Z.¹; GARIGLIO, N.¹; CIVES, H.³

^{1,2}Facultad de Ciencias Agrarias; Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. P. Kreder 2805. 3080 Esperanza. Santa Fe. ³Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina.

RESUMEN

Diversas son las propiedades biofuncionales de los residuos cítricos, lo que permitiría emplearlos en la industria alimenticia, farmacéutica, entre otras. Existe actualmente una tendencia a la revalorización de los subproductos de la industria agroalimentaria, entre ellas la cítrica y su aplicación en los alimentos.

Debido al elevado volumen de estos desechos, es deseable conocer el valor nutricional de la pulpa y la cáscara de naranjas para su posible utilización en la alimentación animal y humana.

En este trabajo se utilizaron dos variedades de naranja *Citrus sinensis* cv. 'Valencia late' y cv. 'Salustiana', cultivadas en Santa Fe. Para ello se formaron 4 lotes de 10 frutas; se extrajo el jugo por filtración y se separó de la pulpa y de la cáscara; éstas se secaron, molieron y tamizaron. En las mismas se evaluaron: proteínas totales (Pt), por método semimicro Kjeldhal (AOAC, 1990); fibra (F), mediante el método Filter Bag Technique ANKOM²⁰⁰; grasa (G), utilizando extractor Soxhlet; minerales totales (Mt), por calcinación (AOAC, 1990). Sobre el digerido de cenizas se analizaron sodio (Na) y potasio (K) por fotometría de llama; calcio (Ca) por volumetría redox y fósforo (P) por colorimetría a 400 nm.

Los valores medios obtenidos en g/100 g de muestra para el cv. 'Valencia late' fueron: Pt = 7,93; F = 9,70; G = 1,50; Mt = 3,70; Ca = 0,10; Na = 0,06; K = 1,47; P = 0,14; mientras que en la cv. 'Salustiana': Pt = 5,47; F = 13,27; G = 1,13; Mt = 3,37; Ca = 0,20; Na = 0,04; K = 1,17; P = 0,10.

Las muestras de la pulpa y cáscara de las dos variedades de naranja resultan ser fuente de proteínas, fibra y calcio, por lo que podrían utilizarse para sistemas de producción animal y también en la formulación de nuevos productos en la alimentación humana.

131RA. ANALISIS DEL CONTENIDO DE VITAMINA C Y GRASAS DE PAPAS FRITAS COMERCIALES EN DOS BAÑO DE FRITURA

LENCINA, M. S; ^a GÓMEZ, B; ^a FRIGOLA, A ^b; ESTEVÉS, M. J; ^b

^a Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Bromatología. Pte. Perón 64, Gualeguaychú, Argentina; ^b Universidad de Valencia. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Bromatología, Toxicología y Medicina legal. España. Avda. Vicent Andrés Estellés s/n.46100 Burjassot. mariasabrinalencina@gmail.com

RESUMEN

En los países desarrollados se registran cambios de producción principalmente en la cadena de papa con incremento del consumo de papa prefrita congelada con respecto a la fresca. Los alimentos congelados son destinados a servicios de comidas rápidas incorporándose recientemente al hogar. Estos productos congelados son a menudo cocinados por baño de fritura, método de cocción caracterizado por una mayor absorción de lípidos por parte del alimento y mayor preservación de vitamina C que otros métodos de cocción. Por lo que este estudio se propone comparar el contenido de vitamina C y de grasas totales en variedad de papas prefritas y frescas, fritas en aceite de oliva y en aceite de girasol.

Se trabajó con cuatro variedad de papas prefritas congeladas corte fino, corte grueso, bravas y barbacoa y dos variedad de papas frescas shanon y monalisa.

El método empleado para determinación de la humedad fue método indirecto por desecación y pérdida consecutiva de peso, para el contenido de grasas soxhlet manual y para el análisis del vitamina C método 2,6 diclorofenol indofenol. En el estudio se empleo la prueba t para evaluar discrepancia entre ambos baños de fritura.

Los resultados obtenidos de los baños de fritura en aceite de oliva y en aceite de girasol se verificaron diferencias significativas en el contenido de vitamina C y grasas totales en papas fritas. En papas crudas y cocidas se presentó un mayor contenido de grasas en papas prefritas que en papas frescas. El contenido de grasas fue mayor en papas fritas corte fino (12g/100g) y menor en bravas (6g/100g). En papas fritas se verificó un mayor contenido de vitamina C en Monalisa (56,6mg/100g materia seca) que en papas prefritas principalmente bravas (53,69/100g materia seca). Se presentó una mejor preservación de la vitamina C en papas fritas en aceite de oliva. En cuanto a las pérdidas de vitamina C por destrucción térmica se observó una relación con la pérdida de agua por evaporación y con factores relacionados a superficie-volumen del alimento con el medio de cocción.

132RA. IDENTIFICAÇÃO DE METABOLITOS SECUNDARIOS E QUALIDADE FISICO-QUIMICA EM FRUTOS CROATÁ (*Bromelia karatas* L.) ORIUNDOS DO CERRADO PIAUIENSE

AMORIM, L. H. S. de; SOUSA, P. B. de; SILVA, M. J. M. da

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

RESUMO

As frutíferas nativas de ocorrência no Nordeste são pouco conhecidas cientificamente. O croatá ou croá é uma planta herbácea, da família Bromeliaceae, que ocorre por quase todo o semi-árido brasileiro. Do ponto de vista econômico, é uma espécie ainda pouco conhecida, produzindo frutos comestíveis de forma ovóide, com coloração amarela intensa e presença de muitas sementes. No período de frutificação, os frutos são estratégicos na alimentação de animais silvestres, constituindo-se, ainda, uma fonte alternativa de vitamina C (80 mg/100 ml de suco) para o sertanejo, tanto pelo consumo in natura, como através do processamento via fabricação de suco, licor, sorvete e musse. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo de identificar os metabólitos secundários e qualificar fisicoquimicamente frutos de croatá (*Bromelia karatas* L.) provenientes da caatinga piauiense. As avaliações foram conduzidas no Laboratório de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI. A primeira parte da pesquisa compreendeu analisar a atividade antioxidante dos frutos por meio de testes segundo a metodologia preconizada por Barbosa *et al.* (2001) proposta pelo Manual de Fitoquímicos e Cromatográfica de Extratos Vegetais da Universidade Federal do Pará (UFPA). Dentre os metabólitos secundários analisados obteve-se a presença de flavonas, flavonóis, xantonas, purinas e saponinas, mostrando-se um fruto apto a ser usado como fonte de antioxidantes. A segunda parte das análises determinou-se a qualidade físico-química: pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), relação SST/ATT, Vitamina C, Umidade e Resíduos Minerais Fixos. Todas as análises foram realizadas em triplicata e conforme as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. A partir das análises realizadas observou-se que o croatá (*Bromelia karatas* L.) é um fruto com um potencial físico-químico comparável a outros frutos do cerrado, podendo passar a ser comercializável como excelente fonte de vitamina C.

133RA. INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS SELECCIONADOS Y DEL TRATAMIENTO TERMICO SOBRE LOS PARAMETROS DE COLOR DE CONFORMADOS DE SÁBALO (*Prochilodus platensis*)

MEDINA, J.R.¹, PAREDES, B.¹; BERESVIL¹, L.; PIAGENTINI, A. M.² FREYRE, M.R.²

1- Facultad de Ingeniería Química ; 2-Instituto de Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe , Argentina
jrmedina@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

La medición del color como atributo de calidad es esencial a los fines de clasificar materiales o ingredientes alimenticios y para conocer como son afectados éstos por los procesos tecnológicos. El presente trabajo expone el aprovechamiento de pescado, sábalo (*Prochilodus platensis*) una de las especies más comunes y de mayor biomasa en aguas del río Paraná medio; con el que se procesaron a escala de laboratorio, conformados sin rebozador, partiendo del músculo del pescado picado libre de espinas, utilizando una formadora manual y formulado con 1% de sal y niveles variables de harina de soja desgrasada(0-1,5 y 3%) con combinaciones de hidrocoloides selectos que comprendían concentrados de proteínas o galactomananos (0,20 , 0,50 y 1,5 %) produciendo unidades de 80,0 g cada una; siendo el objetivo evaluar la incidencia de estos aditivos y de la cocción en horno sobre los parámetros de color, CIE L*a*b*. Los conformados se evaluaron crudos y cocidos; para este fin se empleó horno (135°C) hasta que se alcanzó una temperatura interior de 80 ° C en el centro de la muestra, medida con un termocupla digital. En general el tratamiento térmico no afectó significativamente el parámetro derivado definido como índice de blancura (I B), salvo que se incrementaron ligeramente los valores. La fórmula con 0,25 % de galactomananos no difiere respecto al control; la fórmula con 3 % de soja resultó la de más bajo I B, mientras que la tendencia general de las restantes combinaciones de aditivos fue un aumento del I B respecto del control que solo contenía 1% de sal. En muestras cocidas mantenidas a temperatura de refrigerador (2°C) se apreció una excelente estabilidad de los parámetros L*a*b*, cuando se repitieron los ensayos a las 72 horas, resultado que señala un efecto protector de los aditivos sobre la calidad del producto procesado. El concepto planteado, medallones o conformados de músculo de sábalo adicionados de soja desgrasada o hidrocoloides es viable como alimento funcional y pasible de mejoras adicionales.

134RA. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS Y CAPACIDAD DE FORMACIÓN DE GEL DE CONCENTRADO DE PROTEÍNAS DE PESCADO DE RIO (CPP) EN FUNCION DEL PH DEL PROCESO

MEDINA, J.R.¹; REINHEIMER, M.A.²; BERESVIL, L.³; FREYRE, M.R.⁴; PEREZ, G.A.⁵.

1,5. Facultad de Ingeniería Química -Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe-Argentina; 3,4. Inst. de Tecnología de Alimentos - Facultad De Ing. Qca. U.N.L.; 2. Caimi –Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería– Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, Argentina.
jrmedina@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

El concentrado de proteínas de pescado de río (CPP) es obtenido a partir del músculo del pescado desmenuzado y luego lavado varias veces con agua y escurrido hasta la proporción de agua original, quedando lo que podría llamarse el material funcional (o producto intermedio), de gran utilidad como base en la elaboración de “productos análogos” de mariscos. La obtención del “CPP” de pescado de río, no intentado hasta el momento en nuestro país puede resultar una alternativa de producción interesante. El objetivo del trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del CPP obtenido a distintas condiciones del lavado del músculo de pescado de río. La especie utilizada fue el sábalo (*Prochilodus platensis*), modificando la composición del agua de lavado, específicamente el pH en la etapa de lavado para la obtención del CPP. Las condiciones seleccionadas para el lavado a escala de laboratorio, encontradas en un trabajo anterior fueron las adecuadas para obtener un CPP congelado de aceptable calidad. Una de esas condiciones, fueron $T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (agua de lavado), $t = 4,62$ minutos por ciclo de lavado (con tres ciclos de lavado) y $R = 3,5:1$ (relación de agua de lavado:músculo de pescado). Con estas condiciones se estudió como se modificaban las propiedades fisicoquímicas como la composición de macronutrientes y micronutrientes al cambiar la variable pH de la solución de lavado en un rango de 3 – 8,5, en el proceso de obtención del CPP. A tal efecto se utilizaron PO_4H_3 y CO_3HNa para regular el pH de las soluciones de lavado. Los macronutrientes que se estudiaron fueron proteínas totales, grasa total, humedad y ceniza total, colesterol y propiedades funcionales tales como la resistencia del gel, color y capacidad de retención de agua. Se probaron varias combinaciones de soluciones de lavado, observándose que en la composición general los porcentajes de proteínas totales, grasas totales y cenizas totales no hubo variaciones significativas. Los resultados demostraron que las experiencias con mejor perfil funcional fueron dos combinaciones con un rango de $\text{pH} = 5-6$. Las cuales fueron una con los dos primeros lavados con agua desmineralizada y el tercero con ClNa 0.2% y la otra combinación fue el 1° lavado con solución PO_4H_3 0.05%; 2° lavado con CO_3HNa al 0.2 % y el 3° con ClNa 0.2%. Obteniéndose valores de resistencia del gel adecuados de 450 gr.cm y de 528 g.cm respectivamente.

Palabras claves: CPP; propiedades funcionales; pescado de río; pH; sábalo

135RA. OBTENCIÓN DE LACTULOSA A PARTIR DE LACTOSA DE SUERO DULCE DE QUESERÍA

RE, E.; CANNA, L., TOSI, E.

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de los Alimentos
Facultad Regional Rosario – Universidad Tecnológica Nacional
E. Zeballos 1341 – 2000 Rosario, Santa Fé
cidta@frro.utn.edu.ar

RESUMEN

La lactulosa es un disacárido sintético, obtenido por isomerización de la lactosa. Es utilizada como compuesto prebiótico en el tratamiento de trastornos intestinales o como edulcorante.

La lactulosa se obtiene utilizando como catalizadores álcalis o bases orgánicas, la mayoría de los cuales plantean problemas como efluentes, dificultad en su separación de la lactulosa, pueden generar subproductos indeseables e incorporar contaminantes riesgosos. En este trabajo se utiliza cáscara de huevo de gallina, formada principalmente por calcita, con aproximadamente 39% de calcio elemental.

El lactosuero dulce de quesería se produce en grandes cantidades, pero no se han encontrado usos que absorban su producción, su eliminación es difícil por su elevado valor de DBO. Debido al contenido de lactosa (5 %), es considerado como materia prima para la obtención de lactulosa.

Objetivos: Desarrollar un proceso para la obtención de lactulosa a partir de lactosuero dulce de quesería utilizando cáscara de huevo como catalizador.

Determinar las condiciones que den un máximo rendimiento de la isomerización y las ecuaciones cinéticas correspondientes. Determinar las condiciones y métodos para la purificación de la lactulosa y la separación del catalizador.

Metodología: Se utilizó un diseño experimental factorial de cuatro factores (cantidad de catalizador, pH, temperatura y tiempo) en tres niveles. La concentración de catalizador varió entre 4 y 20 mg/ml, el pH inicial de la solución de lactosa varió entre el valor correspondiente al suero dulce 5,6 y 7; durante la isomerización, el pH de la solución se ubicó en el rango alcalino por la presencia de la cáscara de huevo. La temperatura y el tiempo de tratamiento estuvieron comprendidos entre 80 y 95 °C y 30 y 60 minutos respectivamente. La determinación de la lactulosa formada se realizó por medición del IR mediante HPLC con columna de Ca.

Resultados: En los ensayos realizados utilizando lactosuero dulce de quesería concentrado con un contenido de lactosa aproximado del 15 % y cáscara de huevo como catalizador en una concentración de 4 mg/ml, con un pH final de 8; 90 °C y 120 min se obtuvieron rendimientos de entre 0,98 y 1,12 g/100 g lo que corresponde a una conversión del 7,5 % de la lactosa presente en la solución tratada aproximadamente. Se espera aumentar la conversión modificando las concentraciones de catalizador de lactosa. No se ha registrado la aparición de cantidades significativas de otros productos de la reacción que representen problemas para la purificación de la lactulosa formada.

**136RA. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE CULTIVARES DE LINO
(*Linum usitatissimum L.*) SEMBRADOS EN DOS FECHAS DE SIEMBRA**

GALLARDO, M. A.¹; BONALDO, A.G.²; DRAGO, S. R.^{2,3}; GONZÁLEZ, R. J.²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Paraná. Estación Experimental Paraná. Ruta 11 km. 12,5- (3100) Paraná, Entre Ríos-
E-mail: mgallardo@parana.inta.gov.ar

²Instituto de Tecnología de Alimentos - Facultad de Ingeniería Química –
Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829– (3000) Santa Fe-

³ CONICET

RESUMEN

La semilla de lino es considerada un alimento funcional y posee un alto contenido de fibra dietaria total, proteínas y aceite. La calidad industrial está dada por la concentración de grasa de sus semillas, pudiendo variar entre 30-40% de acuerdo a la localidad, cultivar y condiciones ambientales. La variabilidad en las proteínas de lino (20-25%), depende de factores genéticos y ambientales, teniendo contenidos relativamente altos en los siguientes aminoácidos: arginina, ácido aspártico, y glutámico, mientras que lisina, metionina y cisteína resultan aminoácidos limitantes. El contenido de cenizas en el lino varía de 3-4%. El objetivo del trabajo fue evaluar el contenido de, proteínas, extracto etéreo, cenizas y fibra dietaria total (FDT) de semillas de lino sembradas en dos fechas de siembra diferentes.

En el INTA EEA Paraná se realizó un ensayo con siete cultivares: Baikal, Prointa Lucero, Prointa Ceibal, Panambí INTA, Curundú INTA, Carapé INTA y Tape INTA. Las fechas de siembra fueron el 11 de Junio (FS1) y el 30 de Julio (FS2). Sobre las muestras obtenidas se determinó el contenido de proteínas, extracto etéreo, cenizas y FDT.

Se encontró que los cultivares sólo difirieron significativamente en el contenido de extracto etéreo. El efecto de la fecha de siembra afectó estadísticamente el contenido de extracto etéreo y cenizas. El contenido de extracto etéreo fue mayor en FS1 (42,26% vs 40,45%), mientras que las cenizas presentaron contenidos mayores en FS2 (4,12% vs 3,64%). No hubo diferencias significativas por el efecto de los cultivares o la fecha de siembra en el contenido de proteínas (valor medio 24,09%). A las muestras con mayor y menor contenido de aceite, obtenidas en las distintas fechas de siembra, se les determinó el contenido de FDT. Se encontró que las muestras con menor contenido de aceite, en ambas fechas de siembra, presentaron el mayor contenido de fibra dietaria total y viceversa. Además, los contenidos de fibra dietaria en FS1 fueron mayores que en FS2 (28,45% vs 25,05%).

El período de llenado de granos, no transcurrió con temperaturas favorables para la acumulación de grasas y fibras, ya que la fecha de siembra posterior al 15 de Julio, redujo significativamente el contenido de los mismos.

Estos resultados evidencian que tanto la variedad como la fecha de siembra pueden afectar la composición de nutrientes.

137RA. EFECTO DE LOS CULTIVARES Y LA ÉPOCA DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO, CONTENIDO Y COMPOSICIÓN DE ACEITE EN SIETE CULTIVARES DE LINO (*Linum usitatissimum* L.)

GALLARDO, M. A.¹; MILISICH, H. J. ¹; DRAGO, S. R.^{2,3}; GONZÁLEZ, R. J.²

¹. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Paraná. Estación Experimental Paraná. Ruta 11 km. 12,5- (3100) Paraná, Entre Ríos-
E-mail: mgallardo@parana.inta.gov.ar

². Instituto de Tecnología de Alimentos - Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829– (3000) Santa Fe-

³ CONICET

RESUMEN

La calidad industrial del lino está dada por la concentración de aceite de sus semillas, que varía del 37 al 47%. La composición del aceite es: ácido palmítico 6-7%, esteárico 3-5%, oleico 16-20%, linoleico 13-15% y linolénico 50-56%. Los ácidos grasos linolénico (ácido graso n-3) y ácido linoleico (ácido graso n-6), son esenciales para los humanos, porque el organismo no los produce. Ambos son importantes nutrientes para el buen funcionamiento del sistema nervioso y se ha encontrado que la ingestión del ácido linolénico tiene efectos beneficiosos para el sistema cardiovascular. La incorporación de lino en la dieta sería una opción saludable y resulta atractiva para el desarrollo de alimentos. La fecha óptima de siembra en Entre Ríos se encuentra desde fines de mayo hasta fines de junio, lo que permite que el período de floración a madurez transcurra con temperaturas favorables para la formación de granos y aceites.

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de los cultivares y fechas de siembra sobre el perfil de ácidos grasos, rendimiento de grano y contenido de aceite.

En el INTA EEA Paraná se realizó un ensayo con siete cultivares: Baikal, Prointa Lucero, Prointa Ceibal, Panambí INTA, Curundú INTA, Carapé INTA y Tape INTA. Las fechas de siembra fueron el 11 de Junio y el 30 de Julio. Se determinaron el perfil de ácidos grasos, rendimiento de grano y el contenido de aceite.

Los ácidos palmítico, esteárico y linoleico y el contenido de aceite presentaron diferencias significativas entre cultivares. Los mayores rendimientos en la primera fecha de siembra fueron para Prointa Lucero y Carapé INTA, mientras que en la segunda fecha, para Carapé INTA y Prointa Lucero. Los ácidos grasos no fueron influenciados estadísticamente por las fechas de siembra. El atraso en la fecha de siembra tuvo un efecto negativo en el rendimiento de aceite y semilla.

El período de floración a madurez no transcurrió con temperaturas favorables para la formación de granos y la acumulación de aceite, ya que la fecha de siembra posterior a la segunda quincena de Julio, redujo significativamente el rendimiento de grano y aceite. Los resultados obtenidos sugieren que para utilizar el lino como alimento funcional por su contenido de ácidos grasos esenciales, se debería tener en cuenta la variedad Prointa Lucero, si la siembra es realizada en fechas tempranas; mientras que para una fecha más tardía, se tendría que considerar la variedad Ceibal INTA.

138RA. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS DURANTE LA MADURACIÓN DE UVAS MALBEC Y BONARDA DE MENDOZA

MERCADO L., HIDALGO A.; LÓPEZ M.; ANTONIOLLI. A.; POETTA S.; ALBORNOZ L.; BAGETTA R.; GONZÁLEZ G.; GEZ M., HENRIQUEZ V., NAVARRO A.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500, Chacras de Coria. lmercado@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

El conocimiento de la composición fenólica de la uva es importante en la elaboración de los vinos tintos por su importante incidencia en las características sensoriales de los mismos. El concepto de madurez polifenólica resulta útil para clasificar la uva y planificar estrategias de vinificación para una extracción adecuada de polifenoles. En el presente trabajo se estudió la evolución del contenido antociánico y del potencial polifenólico durante la maduración de uvas Bonarda y Malbec de Mendoza. Se evaluaron viñedos ubicados en tres regiones vitícolas: Luján, Rivadavia y Tupungato. Se tomaron muestras semanales de bayas desde la primera semana de febrero hasta fines de abril. Durante la maduración de las uvas se observó un máximo en el contenido de antocianos seguido de una disminución, aunque ambas variedades mostraron diferente evolución. Durante la maduración de la uva Malbec de Luján se observó un incremento en el contenido de antocianos alcanzándose un valor máximo y una posterior disminución de estos valores. El comportamiento fue similar en las otras regiones con algunas variaciones, como el retraso observado en Tupungato de este pico máximo. Los máximos contenidos de antocianos en uva Malbec se obtuvieron en Luján, seguido de Tupungato y Rivadavia. En Tupungato el valor alto en el porcentaje extractabilidad de antocianos (%EA) hacia el final de la maduración indica que resulta difícil la extracción de los mismos. En Rivadavia se verificó la mejor extracción de antocianos, es decir menor EA% a pesar de presentar los valores más bajos de antocianos. El contenido de antocianos en uvas Bonarda mostró un comportamiento similar a Malbec durante la maduración, observándose mayores valores para Luján, seguido de Tupungato y Rivadavia. La extractabilidad en uvas Bonarda en general fue constante a lo largo de la maduración con valores más elevados para la zona Rivadavia, indicando mayor dificultad en la extracción de los antocianos. La determinación de la extractabilidad de antocianos permite programar los tratamientos durante la vinificación, valores más bajos permitirán maceraciones más cortas, como en el caso de las uvas Bonarda de Luján. Por el contrario la elevada EA% indicará dificultad de extracción de los antocianos sugiriendo la conveniencia de aplicar maceraciones más prolongadas u otros tratamientos en bodega, como es el caso de las uvas Bonarda de Tupungato o Rivadavia. La cosecha en condiciones de madurez tecnológica para uvas Malbec, 24 °Brix, correspondió a la mejor extracción de antocianos, siendo un momento de cosecha adecuado en general.

Palabras clave: antocianos – extractabilidad – Malbec – Bonarda - Madurez polifenólica

139RA. LA MACERACIÓN PREFERMENTATIVA EN FRÍO COMO ESTRATEGIA DE VINIFICACIÓN EN UVAS DE VARIEDAD BONARDA

HIDALGO A.¹, MERCADO L.¹, LÓPEZ M.¹, ANTONIOLLI. A.¹, CORTI E.²,
NAVARRO A.¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500 -
Chacras de Coria. C.P.5505 .² Escuela Vitivinícola “Don Bosco” – Ruta Prov. 50 s/n -
Rodeo del Medio – Mendoza. ahidalgo@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Los compuestos polifenólicos de las uvas tintas son importantes por su impacto sobre el color de los vinos, y otras características. El conocimiento de la riqueza polifenólica de la uva y de la extractibilidad de estos compuestos permite controlar mejor la vinificación, y el empleo de diferentes tecnologías. Una de las metodologías propuestas es la Maceración prefermentativa en frío (MPF), la cual consiste en prolongar la fase prefermentativa de la maceración, mediante la aplicación de frío. Con ello se busca obtener vinos con mayor color y dotados de un perfil aromático más intenso y complejo. El presente trabajo tuvo como objetivo comparar la extractibilidad de los compuestos fenólicos de las uvas al vino, para la variedad Bonarda de Mendoza durante un proceso de maceración en frío y un proceso de maceración tradicional (MC) y evaluar las características organolépticas de los vinos obtenidos a partir de las diferentes estrategias de maceración. Se muestrearon viñedos de las zonas de Rivadavia y Tupungato y se establecieron tres condiciones de madurez correspondientes a 20, 21 y 22 °Brix. Se realizaron microvinificaciones con dos alternativas de maceración, MC y MPF. Se analizaron los compuestos polifenólicos durante la fermentación y en los vinos obtenidos. En la zona de Tupungato se presentaron los valores máximos de antocianos en uvas entre la primera y segunda fecha de cosecha. Estos valores se vieron reflejados durante la evolución de la fermentación y posteriormente en los vinos obtenidos en estas dos cosechas, empleando como tratamiento la fermentación con maceración clásica. En la zona de Rivadavia tanto el contenido de antocianos en uva, como su evolución en la fermentación fue similar y con los valores más bajos para los tres momentos de cosecha. Para la misma zona, la MPF permitió la tiernización de los hollejos y la extracción de los antocianos en forma gradual, lo que se vio reflejado en los vinos obtenidos. Cuando la uva está sobremadura, la MPF fue favorable aun cuando el contenido de antocianos en la materia prima no sea elevado, los vinos resultantes tienen más antocianos en comparación con una fermentación clásica. En los vinos obtenidos con MPF se pudo apreciar en la degustación el predominio de sabores frutales. La maceración prefermentativa en frío se plantea como una estrategia en la bodega para incrementar la extracción de antocianos en uvas, conduciendo a la producción de vinos con mayor contenido polifenólico.

Palabras claves: uvas, maceración, Bonarda, compuestos polifenólicos, extracción

**140RA. ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN DE ANTOCIANOS DURANTE LA
VINIFICACIÓN DE UVAS MALBEC Y BONARDA DE MENDOZA**

**NAVARRO A., HIDALGO A.; LÓPEZ M.; ANTONIOLLI. A.; POETTA S.;
ALBORNOZ L.; BAGETTA R.; GONZÁLEZ G.; GEZ M., HENRIQUEZ V.,
MERCADO L.**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500,
Chacras de Coria. lmercado@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Los compuestos polifenólicos de las uvas tintas, en particular antocianos y taninos, son importantes por su impacto sobre el color de los vinos, sus características gustativas y su comportamiento durante crianza. La extracción de estos compuestos en el curso la fase prefermentativa y de maceración es determinante del estilo y la calidad final del vino. El conocimiento de la riqueza polifenólica de la uva y de la extractibilidad de estos compuestos permite controlar mejor la vinificación, empleando diferentes tecnologías y definiendo las condiciones de la maceración. En el presente trabajo se evaluó la dinámica de extracción de los compuestos polifenólicos durante la elaboración de vinos tintos de variedad Malbec y Bonarda de Mendoza. Se utilizaron uvas provenientes de viñedos ubicados en tres regiones vitícolas: Luján, Rivadavia y Tupungato. Se realizaron tres cosechas en tres condiciones de madurez para cada variedad (pre-madurez, madurez tecnológica y sobremadurez): 22, 24 y 26 °Brix para Malbec y para Bonarda 20, 21 y 22 °Brix. Se realizaron microvinificaciones en cada caso siguiendo el mismo protocolo de vinificación. Durante la fermentación de las uvas Bonarda y Malbec se observó un incremento en el contenido de antocianos, junto con el índice de color de los vinos a medida que transcurrió el proceso. El retraso en el momento de cosecha condujo en muchos casos a menores valores de antocianos luego de la fermentación, por lo cual no se recomienda su aplicación generalizada. Se debe tener en cuenta la evolución de los antocianos durante la fermentación y maceración para decidir el momento oportuno del descube, dado que en algunos casos se registró el máximo en el contenido de antocianos previo a esto, por lo cual una maceración más prolongada conduciría a pérdida de estos compuestos. Las uvas de Luján permitieron obtener vinos con mayor contenido de antocianos, mientras que las de Rivadavia mostraron menores niveles de antocianos e IPT. En general, los vinos mostraron mayor índice de polifenoles totales (IPT) a medida que la uva utilizada correspondió a un mayor estado de madurez. El nivel de taninos descendió durante la fermentación en todos los casos y fue mayor para uvas más maduras.

141RA. CONTENIDO DE CAROTENOIDES DE VARIEDADES NACIONALES DE MAÍZ Y SU ESTABILIDAD EN LAS PRIMERAS ETAPAS DE ELABORACION DE PRODUCTOS LAMINADOS

CUETO, Mario A.^{1*}; FARRONI, Abel E.²; BUERA, M. del Pilar¹

¹Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires – CONICET.

²Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Aguas- EEA Pergamino, INTA
mariocueto@gmail.com

RESUMEN

Los principales carotenoides presentes en maíz son luteína, zeaxantina y β 'criptoxantina que por poseer grupos OH como sustituyentes se incluyen en el grupo de las xantófilas. Su estructura característica es un sistema de dobles enlaces conjugados que le aportan las propiedades de actuar como cromóforos y antioxidantes naturales lo cual los hace importantes para la industria alimentaria. El contenido de pigmentos depende de la variedad de maíz, y por lo tanto proveen distinto aporte a los alimentos elaborados de acuerdo con la fuente. A su vez, el proceso de elaboración modifica los pigmentos contenidos en la materia prima y de esta forma ambos factores influyen en la calidad final de los alimentos. El primer paso en la elaboración de copos de maíz es la molienda seca, de la cual se obtienen *grits*. Estos se tratan con vapor a presión, donde se produce la gelatinización del almidón y se desarrolla la reacción de Maillard. El objetivo de este trabajo fue estudiar el contenido inicial de carotenoides en *grits* de maíz y evaluar la estabilidad de estos compuestos durante la cocción con diferentes formulaciones. Se utilizaron *grits* producidos a partir de cuatro variedades comerciales de maíz cultivadas en INTA Pergamino; se realizó la cocción con vapor a presión, y se utilizaron 4 formulaciones diferentes, con ingredientes comúnmente utilizados en la industria (sal, malta, sacarosa). Los pigmentos se extrajeron con solvente y se evaluaron en forma global por espectrofotometría. De las cuatro variedades, dos presentaron contenidos iniciales de carotenoides estimados en 18 ppm y 17 ppm y las dos restantes alrededor de 14 ppm, dentro de los valores informados previamente por otros autores. Luego de la cocción se registró un marcado descenso en el contenido de carotenoides, del orden del 40 % para las 4 variedades. Cuando se analizó la disminución de carotenoides en relación con la formulación de cocción se encontró que las muestras cocidas con malta presentaron una tendencia a conservar mayor cantidad de pigmentos, dichas formulaciones presentaron, en trabajos previos, el mayor desarrollo de reacción de Millard, lo cual indicaría un posible efecto protector de intermediarios o productos de dicha reacción.

Utilizando la espectrofotometría fue posible analizar de manera relativamente sencilla el contenido de carotenoides totales en las diferentes materias primas y establecer sus diferencias. También fue posible evaluar el nivel de deterioro sufrido por estos compuestos en la primera etapa de producción de laminados de maíz y el efecto de la formulación.

142RA. CALIDAD Y PERFIL DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE ACEITE DE GIRASOL ADICIONADO DE ACEITE ESENCIAL DE AJO SOMETIDO A FRITURA

VIDONI, N.¹; LOCATELLI, D.^{1,2}; LUCERO, A.¹; CAMARGO, A.^{1,2} GONZÁLEZ, R.^{1,2}

¹Laboratorio de Análisis de Residuos Tóxicos - Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo- Mendoza - Argentina

²CONICET, Mendoza, Argentina.

ana-lucero@hotmail.com.ar

RESUMEN

La fritura es un método de cocción a elevadas temperaturas que conduce a una serie de reacciones complejas que dan como resultado la hidrólisis, oxidación y polimerización del aceite. Esto puede producir una disminución de los componentes nutricionales y un incremento de la formación de sustancias tóxicas que afectan la salud. Estudios clínicos han reportado la relación existente entre los hábitos dietarios y la incidencia de enfermedades, demostrando que el consumo de frutas y hortalizas puede disminuir la aparición de enfermedades crónicas. Las especies del género *Allium* y en particular el ajo, han sido estudiadas por sus propiedades benéficas para la salud humana. En el mercado se encuentran disponibles diferentes subproductos de ajo entre los cuales se destacan los aceites esenciales de ajo. Los dientes de ajo contienen entre un 0,2-0,5 % de aceite esencial, el cual está compuesto por polisulfuros tales como diallil mono y disulfuro y diallil trisulfuro. Estos compuestos organosulfurados poseen propiedades anticancerígenas, antiplaquetarias, hipercolesterolémicas e hipolipidémicas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad y el perfil de compuestos bioactivos de aceite de girasol adicionado de aceite esencial de ajo sometido a fritura. Para ello aceite de girasol fue adicionado de aceite esencial de ajo en concentraciones de 200, 400, 800 y 1200 ppm. Las frituras se realizaron en un sartén hogareño a 180 °C durante 3 y 10 min. El perfil de compuestos bioactivos se determinó mediante Cromatografía gaseosa. La calidad del aceite se evaluó a través de índice de peróxidos y acidez titulable e índice de color. Los compuestos detectados fueron diallil mono y disulfuro y diallil trisulfuro. El tiempo de fritura afectó tanto la calidad como el perfil de compuestos bioactivos. En los aceites fritos a 180 °C durante 3 min. se detectó diallil disulfuro y trisulfuro. Cuando los aceites fueron calentados durante 10 min. solo se detectó diallil disulfuro en el aceite adicionado de 1200 ppm de aceite esencial. En ambos tiempos de fritura el índice de peróxido incrementó significativamente. En cuanto a la acidez titulable, no se evidenciaron diferencias significativas entre las distintas concentraciones de aceite esencial pero si cuando se somete a fritura durante 3 y 10 min. Respecto al índice de color, la luminosidad no fue afectada ni por la concentración de aceite esencial ni por el tiempo de fritura, pero si fue afectada la intensidad del color amarillo (b*) con el tiempo de fritura.

143RA. UTILIZACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DERIVADOS DE AJO PARA EL CONTROL DE SCLEROTIUM CEPIVORUM BERK.

TARQUINI, A.¹, CAMARGO, A.^{2,3}, LOCATELLI, D.^{2,3}, LUCERO, A.²

¹Cátedra de Fitopatología Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo- Mendoza - Argentina

²Laboratorio de Análisis de Residuos Tóxicos - Facultad de Cs. Agrarias Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo- Mendoza - Argentina ³Instituto de Biología Agrícola de Mendoza (IBAM)-CCT CONICET – Mendoza – Argentina.

ana-lucero@hotmail.com.ar

RESUMEN

Sclerotium cepivorum Berk. es el agente causal de la podredumbre blanca del ajo y la cebolla, enfermedad específica del género *Allium* y limitante en todo el mundo, con pérdidas de hasta el 100%. El control químico es poco efectivo debido a su ineficacia para controlar los esclerocios, y a la dificultad para proteger los sitios de infección. La rotación de cultivos no es posible por la longevidad de los esclerocios en el suelo, y no existen variedades resistentes al patógeno. La falta de un control eficaz y económico obliga a la búsqueda de otras alternativas. Una opción utilizada es el uso de estimulantes naturales y artificiales de la germinación de esclerocios ya que éstos solamente germinan ante la presencia de los mismos, producidos por los exudados de las raíces. Por otro lado, distintas especies del género *Allium* han demostrado tener capacidad fungitóxico, debido a los compuestos organoazufrados que poseen. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad estimulante y/o inhibitoria de soluciones de Diallil disulfuro, Propil disulfuro, Methyl propil disulfuro, Allil sulfuro, Allicina sin purificar y aceite de ajo. La técnica utilizada fue la del Método del pozo de agar propuesta por Dhingra y col. 1995. Se trabajó con placas de Petri de 90 mm de diámetro, conteniendo 15 ml de Agar papa glucosado (APG) a pH 7 como medio de cultivo, previamente esterilizado. Se sembraron cuatro esclerocios de *Sclerotium cepivorum* y en el centro de la placa se realizó un hoyo de 50 mm donde se colocaron 40 µl de los distintos compuestos organoazufrados. Como testigo se utilizó agua destilada estéril. Las cajas se incubaron a 25± 2 °C, y los ensayos se realizaron por triplicado. Como datos se consideró el inicio de la germinación de los esclerocios, y posteriormente la formación nuevamente de esclerocios. Como resultados se observó que aproximadamente a los 6 días de incubación con Propil disulfuro y Allil disulfuro comenzó la germinación de los esclerocios, siendo estimulados antes que el testigo, lo que nos permite decir que la germinación fue estimulada por los OSCs. A los 50 días los ensayos que contenían aceite de ajo y allicina, no iniciaban aún la germinación de los esclerocios. Como conclusión podemos decir que bajo las condiciones experimentales ensayadas, el propildisulfuro y el allil disulfuro ejercieron un efecto estimulador de la germinación, mientras que la allicina y el aceite de ajo un efecto inhibitorio.

144RA. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA DE VEGETALES

LAMI J.¹, CÁCERES R.²

¹Departamento de Ingeniería Química, ²Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad nacional de San Juan. República Argentina. E-mail: jlami@unsj.edu.ar

RESUMEN

Nuestro equipo de trabajo está abocado al estudio de la contaminación de alimentos con arsénico durante la cocción en aguas contaminadas con ese cancerígeno. Para ello es necesario evaluar propiedades físicas de los alimentos a temperaturas elevadas.

El objetivo de este trabajo es proponer un procedimiento para determinar la difusividad térmica de vegetales (papa, zapallo, zanahoria, etc.). En forma paralela se obtiene el coeficiente convectivo de transferencia de calor.

El procedimiento consiste en a partir de probetas cilíndricas determinar la difusividad térmica del vegetal a ensayar, para lo cual previamente es necesario conocer el coeficiente convectivo de transferencia de calor. La metodología utilizada es:

- Obtener el coeficiente convectivo de transferencia de calor a partir de una probeta cilíndrica de aluminio (Lumped System Análisis).
- Sumergir la probeta de aluminio en agua caliente y medir el devenir de la temperatura mediante una termocupla inserta en el eje longitudinal.
- A partir de la historia térmica obtenida se determina el coeficiente convectivo de transferencia de calor
- Construir probetas cilíndricas de dimensiones iguales a la metálica de aluminio del vegetal a ensayar, insertar en sentido axial una termocupla, sumergirla en agua caliente y medir el devenir de la temperatura.
- A partir de los datos temperatura-tiempo se determina la difusividad térmica del vegetal.

Tanto en la medición del coeficiente convectivo de transferencia de calor como en la difusividad térmica, el sistema físico consiste en un sólido introducido súbitamente en agua a temperatura constante.

Se validó el procedimiento con un material de propiedades físicas conocidas: teflón, cuyo $\alpha = 1,14 \cdot 10^{-07} \text{ m}^2/\text{s}$. Los resultados del ensayo son los siguientes:

Probeta de Al			Probeta de teflón		
T _i (°C)	T _∞ (°C)	h (W/m ² K)	T _i (°C)	T _∞ (°C)	α (m ² /s)
24,8	91,0	1364	22,2	88,0	1,13 10 ⁻⁰⁷

Validado, el procedimiento se lo utiliza para determinar la difusividad térmica de vegetales.

145RA. EXTRACTOS DE BROTES DE SOJA DESECADOS. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES

MICHALUK, A.^{1*}; ROMERO, A.¹; JUDIS, M.¹; DOVAL, M.¹; BERTOLA, N.²

¹Laboratorio de Industrias Alimentarias II, Universidad Nacional del Chaco Austral
– Cmt. Fernández 755 - Sáenz Peña - Chaco - Argentina.

²CONICET – CIDCA – Universidad Nacional de La Plata - La Plata - Argentina.

*arielmichaluk@uncaus.edu.ar

RESUMEN

En los últimos años, la industria de alimentos ha enfocado sus mayores esfuerzos a satisfacer las crecientes demandas de los consumidores por alimentos saludables. La incorporación de antioxidantes de origen natural sustituyendo parcial o totalmente los sintéticos constituye un paso importante en este sentido. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento térmico de deshidratación sobre las propiedades antioxidante de extractos hidroalcohólicos de brotes deshidratados de soja (BDS). El extracto crudo de BDS, obtenido por extracción con una mezcla de etanol absoluto:agua en una proporción previamente optimizada para tal fin, fue sometido a un proceso de eliminación del solvente a 50 °C a presión reducida, hasta la obtención de un residuo sólido de coloración amarillenta (extracto seco), el cual fue pulverizado y almacenado a -18 °C en atmosfera de nitrógeno. Posteriormente el extracto seco fue reconstituido para ser analizado en su contenido de polifenoles, flavonoides, poder reductor, capacidad quelante de metales, y capacidad de captura de radicales hidroxilo, DPPH y ABTS. Fueron utilizados como estándares ácido gálico (AG), quercetina (Q), ácido ascórbico (AA) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los resultados obtenidos mostraron que las propiedades antioxidantes del extracto deshidratado (por g de materia seca) no fueron afectadas significativamente ($p < 0,05$) en cuanto al contenido de polifenoles ($30,4 \pm 1,8$ mg equivalentes AG), poder reductor ($15,5 \pm 6,7$ mg equivalentes AA), capacidad de captura de radicales ABTS y DPPH ($98,5 \pm 1,8$ y $4,8 \pm 0,1$ mg equivalentes AA respectivamente). Por el contrario, en el extracto desecado, se observaron incrementos ($p < 0,05$) en el contenido de flavonoides (de $9,1 \pm 0,7$ a $12,5 \pm 0,2$ mg equivalentes de Q), en la capacidad captadora de radicales hidroxilo (de $12,6 \pm 5,2$ a $56,2 \pm 0,3$ %) y en la capacidad quelante de metales (de $17,6 \pm 0,8$ a $43,0 \pm 2,1$ mg equivalentes EDTA). Una probable explicación a este último comportamiento sería que el proceso de eliminación del solvente ejerció una pequeña purificación parcial del extracto crudo (rendimiento aproximadamente 90 %) y que el proceso de deshidratación al hidrolizar los glicósidos de los isoflavonoides liberó más sitios reactivos frente al Al^{3+} , Fe^{2+} y OH^\bullet . En conclusión, el tratamiento térmico aplicado en la eliminación del solvente de extractos hidroalcohólicos de BDS no ejerció un efecto nocivo sobre la actividad antioxidante, mejorando las posibilidades de conservación y de aplicaciones tecnológicas.

146RA. ESTUDIO DEL EMPLEO DE ENZIMAS COMERCIALES EN LA ELABORACIÓN DE JUGO DE FRAMBUESA *RUBUS IDEAUS*

GALLO, A.*, GADOMSKI, M.G*. Y APOSTOLO, N.M.**

*Departamento de Tecnología, ** Departamento de Ciencias Básicas . Universidad Nacional de Luján. Cruce de Rutas 5 y 7, (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina
agallo@unlu.edu.ar

RESUMEN

La frambuesa (*Rubus ideaus*) es un fruto perteneciente al grupo de las denominadas berries, junto a las frutillas y zarzamoras. Los frutos son pulposos y jugosos y en general presentan alta acidez, una combinación de atributos que los hacen muy apetecibles por el consumidor.

El principal destino es la comercialización en fresco, aunque han aparecido en el mercado con mayor o menor presencia, mermeladas y jugos.

El pronunciado color rojo oscuro se debe al alto contenido de flavonoides, antocianinas y polifenoles, que han permitido reconocer su excelente composición en fitoquímicos con actividad antioxidante.

Los jugos comerciales provienen de procesos simples de extracción por prensado. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del uso de enzimas con actividad predominante pectinasa y actividad secundaria hemicelulasa y celulasa sobre las pulpas de frambuesa. Se estudió su acción sobre el rendimiento, las características organolépticas del jugo y la acción sobre el tejido celular por microscopía óptica.

Las frambuesas adquiridas a productores locales fueron lavadas, procesadas y escaldadas. Las pulpas obtenidas se incubaron con el agregado de las enzimas en baño termostático durante 2 horas a 40°C. Las concentraciones ensayadas fueron 0, 0,2, 0,35 y 0,6% (ml enzima/peso de sustrato). La incubación se detuvo por calentamiento a 70°C durante 15 segundos. Las muestras enfriadas a temperatura ambiente se centrifugaron durante 15 minutos a 10.000 rpm. Los rendimientos se calcularon como peso de jugo/peso total. En los jugos obtenidos se determinaron pH, sólidos solubles, presencia de pectina residual y variación de caracteres organolépticos.

El uso de estas enzimas comerciales produce un aumento logarítmico del rendimiento de jugo hasta valores cercanos al 75%, y un ligero descenso de pH. El aumento de rendimiento es acompañado por un mínimo incremento de los sólidos solubles. Los jugos resultan de un marcado gusto ácido, similar al inicial.

La menor concentración ensayada (0.2%) de pectinasa comercial logra un muy buen rendimiento al cabo de 1 hora y los test de presencia de pectina resultaron negativos, lo que muestra una efectiva acción pectinasa. La acción de las enzimas ensayadas fue monitoreada mediante análisis microscópico. En los diferentes tratamientos se ha observado la degradación parcial la pared celular, que es consecuente con el aumento de rendimiento en los jugos.

147RA. CALIDAD DE MAÍZ COLORADO DURO INFLUENCIADA POR EL SECADO ARTIFICIAL: PROPIEDADES DIMENSIONALES Y GRAVIMÉTRICAS

ORDOÑEZ M.R.^{1,2}, ACTIS M.^{1,3}, SOLOGUBIK C.A.^{1,4}, GAGLIANO M.¹,
GELY M.C.¹, PAGANO A.M.¹

¹ TECSE, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Olavarría, Buenos Aires, Argentina,

cgely@fio.unicen.edu.ar, apagano@fio.unicen.edu.ar

² CICPBA (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires)

³ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Balcarce, Buenos Aires, Argentina, mbikeactis@hotmail.com

⁴ CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

RESUMEN

Actualmente, los granos de maíz colorado duro que se someten a tratamiento de secado de humedad post-cosecha pueden sufrir cambios en sus propiedades físicas dependientes principalmente de variaciones en el endosperma córneo, y que son causados por un secado demasiado rápido del grano a altas temperaturas, por un enfriado instantáneo luego del mismo; también por secar de una sola pasada el grano desde altas humedades hasta la humedad de almacenamiento (Watson, 1988). Este proceso origina distintos niveles de humedad dentro del grano provocando cambios conformacionales en el mismo (Janas et al., 2010).

Debido al uso del secado artificial en la Región Pampeana Argentina (particularmente el sudeste bonaerense, con otoños húmedos), se estudió la utilización alternativa del secado natural en el tratamiento post-cosecha del maíz colorado duro. Para dar recursos técnicos a problemas críticos en el secado natural es imprescindible determinar el tiempo que demora el mismo, en función de las condiciones climáticas para evaluar los costos necesarios. En este trabajo se propone el uso de secado natural, comparando sus resultados con el de secado artificial (a 70 y 90°C) que es el utilizado en el tratamiento convencional que se realiza en plantas de acopio. Este experimento se realizó en dos híbridos “Flint” de distinta dureza, en comparación con un híbrido dentado.

En esta investigación se midieron con calibre digital las *dimensiones características* del grano: longitud, ancho, espesor. Se calcularon: superficie, volumen, diámetros medios geométrico y aritmético y de la parte esférica del grano, relaciones longitud/ancho, longitud/espesor y longitud/diámetro medio geométrico, y esfericidad del grano. Además, se determinaron las *propiedades gravimétricas*: peso hectolítrico, densidad real, porosidad, peso de 1000 granos y ángulo de reposo. Se encontró que las propiedades dimensionales no fueron influenciadas por los distintos tratamientos de secado; en cambio, las propiedades gravimétricas, en algunos casos, sí lo fueron.

El secado artificial disminuye el peso hectolítrico ($p < 0,0001$; $n=81$), aumenta la porosidad ($p < 0,002$; $n=81$) y el ángulo de reposo ($p < 0,003$; $n=81$), lo que contribuye a una elevación del costo del procesamiento post-cosecha con la consecuente reducción del valor comercial del grano.

148RA. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MICOFLORA DE EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS DE DIFERENTES REGIONES DEL PAIS

VILA, V.¹; CANEL, R.¹, SEGURA, J.², POSE, G.^{1,2,3}, LUDEMANN, V.¹.

1. Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) Roque Saenz Peña 352 Bernal (B1876XD). gvila@uolsinectis.com.ar
2. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente - Universidad Nacional de Río Negro.
3. CONICET

RESUMEN

La microbiota particular que coloniza la superficie de los embutidos elaborados artesanalmente se debe a determinadas condiciones ambientales que se presentan en los lugares donde éstos son manufacturados. En Argentina las principales áreas productoras de salames se encuentran localizadas en la región centro-este del país.

El objetivo del trabajo fue aislar e identificar los hongos que colonizan la superficie de embutidos secos fermentados producidos en: Tandil y Mercedes en la provincia de Buenos Aires, centro y norte de La Pampa y Colonia Caroya en Córdoba. Fueron muestreados 24 establecimientos de producción artesanal (setiembre/2010 y abril/2011).

El aislamiento directo de hongos se realizó sobre Agar Dicloran Glicerol 18% (DG18) y Agar Extracto de Malta (MEA). El recuento total fue expresado como ufc/cm². Los hongos se identificaron a nivel de especie (Pitt y Hocking, 2009).

El recuento total en DG18 se encontró entre 10⁴ y 10⁸ (promedio 2,61.10⁷ ufc/cm²) y en MEA entre 10⁵ y 10⁷ (promedio 2,13. 10⁷ ufc/cm²).

Se obtuvo un total de 133 aislamientos, pertenecientes a 6 géneros diferentes: *Penicillium* (73%), *Mucor* (14%), *Aspergillus* (6%) *Scopulariopsis* (3%), *Cladosporium* (3%) y *Eurotium* (1%). Dentro de estos se encontraron 15 especies: *P. nalgiovense*, *P. chrysogenum*, *P. solitum*, *P. citrinum*, *P. griseofulvum*, *P. implicatum* *M. racemosus*, *M. circinelloides*, *M. hiemalis*, *C. cladosporoides*, *C. herbarum*, *C. sphaerospermum*, *A. ochraceus*, *E. Amstelodami* y *S. candida*.

Los aislamientos predominantes fueron en Tandil *P. nalgiovense* 44% y *P. chrysogenum* 19%, en Mercedes *P. nalgiovense* 37%, *A. ochraceus* 28% y *P. implicatum* 21%. En La Pampa *P. nalgiovense* 41,67% y *M. racemosus* 33%. En Colonia Caroya *P. nalgiovense* 72% y *M. racemosus* 17%.

Las frecuencias de aparición de los aislamientos predominantes fueron en Tandil *P. nalgiovense* 67%, *P. chrysogenum* 40% y *M. racemosus* 40%. En Mercedes *P. nalgiovense* 75%, *A. ochraceus* 62,5%, *P. implicatum* 50% y *P. chrysogenum* 12,5%. En La Pampa *P. nalgiovense* 100%, *M. hiemalis* 75% y *P. implicatum* 25%. En Colonia Caroya *P. nalgiovense* 100%, *M. racemosus* 50% y *S. candida* 10%.

En todas las regiones estudiadas existe una alta predominancia de aislamientos de *P. nalgiovense*, lo cual concuerda con estudios anteriores en otras regiones y países, ya que el principal nicho ecológico ocupado por *P. nalgiovense* son los embutidos siendo utilizado como cultivo iniciador. Sin embargo, se pudo determinar una amplia diversidad de especies fúngicas y distribución de las mismas sobre la superficie de los embutidos pertenecientes a las distintas regiones.

149RA. EFECTO DEL FRITADO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE PAPAS FRESCAS Y PREFRITAS SUPERCONGELADAS

MARCHESICH C., CABRERA M, MARCHINI M., MEDANICH M. Y RÍOS S.

Nutrición. Dpto. Tecnología. -Universidad Nacional de Luján-Cruces de rutas 5 y 7 n
mccmnut@mail.unlu.edu.ar

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum*) ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento y es uno de los alimentos considerados prioritarios por FAO. Por su versatilidad integra la dieta habitual de los argentinos como parte de diferentes preparaciones culinarias e industriales. Los hábitos de consumo actuales imponen la demanda de alimentos de fácil preparación. Entre éstos, las papas fritas, preparándolas a partir del tubérculo fresco o procesado.

Si bien suele asociarse el consumo de los productos fritos con obesidad, no existe información sobre su composición.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del fritado sobre los macrocomponentes de papas frescas y prefritas supercongeladas y establecer si existen diferencias significativas en ambos productos fritos. Los datos obtenidos permitirán actualizar y ampliar los datos en la Base de Datos de Composición de Alimentos UNLu, desarrollada en el marco del proyecto INFOODS y poner a disposición de los usuarios los datos de estos productos consumidos masivamente.

Los resultados obtenidos muestran que el VC de los productos procesados fritos es superior al de las papas frescas fritas en un 84% (3.02 vs 1.64 Kcal/g). Esta diferencia se debe al mayor contenido de lípidos (17g% vs 6.9g%) y menor contenido de agua (41.3 g% vs 63.3 g%) de las papas fritas a partir de los productos congeladas.

Además estos productos son prefritos por lo que presentan un contenido de humedad menor y de lípidos superior a las papas frescas crudas (69 g% vs 82 g% y 3.6 g% vs 1.1 g%, respectivamente).

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows. Se realizó la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas a $P < 0,05$.

Este análisis arroja diferencias significativas para el contenido de humedad y grasas según sean papas frescas o procesadas, mientras que para el proceso de fritado no hay diferencias ($p < 0,5$). El efecto del proceso de fritado, en sus dos variantes, no muestra diferencia significativa ($P < 0,5$) para contenido de proteínas, cenizas y fibras para los dos tipos de papas.

Se concluye que el consumo de papas fritas elaboradas a partir del producto prefrito congelado debería ser mucho más eventual que las papas fritas a partir del tubérculo fresco dado su aporte calórico y lipídico .

Los datos obtenidos de composición centesimal de papas fritas están en condiciones de ser incorporados a la Base de Datos que sustenta a la tabla de composición de alimentos UNLu (www.unlu.edu.ar/~argenfood/).

**150RA. INFLUENCIA DE LA EXPOSICIÓN A LA LUZ Y TEMPERATURA
SOBRE EL COLOR DE VINOS ROSADOS EMBOTELLADOS**

CÁCERES, C.*; PIA, J.; CÁCERES, R.; JAIME PÓSLEMAN, L.

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.

Av. Libertador San Martín Oeste 1109, (5400) San Juan, Argentina. E-mail:

xcaceres@unsj.edu.ar

RESUMEN

La calidad del vino se puede definir como la composición armoniosa, natural de las sustancias contenidas en él, que provocan un efecto óptimo sobre los sentidos y la salud. Además de los azúcares, alcoholes y ácidos, se trata de las sustancias del bouquet y el aroma (ésteres) y de las sustancias colorantes. El color constituye un factor determinante al igual que otras características dependientes de la concentración de polifenoles

Durante la maduración del vino las antocianinas monoméricas o libres procedente de uva (y responsables del color rojo de los vinos), que son componentes reactivos, poco a poco se convierten en antocianinas poliméricas. Durante esta etapa, también antocianinas y taninos están involucradas en un fenómeno complejo de copigmentación.

En el presente trabajo se estudia la influencia de diferentes condiciones de almacenamiento (luz y temperatura) sobre el contenido de antocianos totales, antocianos libres, taninos, polifenoles totales e intensidad de color en vinos rosados. Las determinaciones antes mencionadas se realizan utilizando métodos espectrofotométricos.

151RA. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ALFALFA EN LA DIETA SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA, EN POLVO Y QUESO REGGIANITO

TAVERNA, M.¹, COSTABEL, L.^{1*}, PÁEZ, R.¹, DESCALZO, A.², ROSSETTI, L.², NEGRI, L.², CUATRÍN, A.¹, LANGMAN, L.², AUDERO, G.¹, VELEZ, A.³, PEROTTI, C.³, HYNES, E.³, CASTILLO, A.⁴

1. INTA EEA Rafaela. ²ITA Castelar. ³INLAIN, UNL/CONICET. ⁴University of California
lcostabel@rafaela.inta.gov.ar

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar cambios diferenciales en la leche y en los productos lácteos elaborados con la misma, atribuibles al consumo de cantidades crecientes de alfalfa. Las experiencias se llevaron a cabo con leche obtenida en dos estaciones del año (primavera, EP y otoño, EO). Para cada época del año se alimentaron tres rodeos de vacas con diferentes porcentajes de alfalfa en su dieta: una sin alfalfa (A0), la segunda con un 35% de alfalfa (A35) y la tercera incluyó un 70% de alfalfa (A70). La leche de cada tratamiento fue destinada a la elaboración de quesos y leche entera en polvo (LEP) a escala piloto, utilizando tecnologías estandarizadas. En leche cruda, LEP envasada en bilaminado y analizada post-ensado y quesos de 180 días de maduración, se analizó composición fisicoquímica, minerales, perfil de AG, color objetivo, vitaminas liposolubles, compuestos volátiles y terpenos. Las LEP y los quesos al final de la maduración fueron evaluados sensorialmente por un panel entrenado que realizó la descripción cuantitativa. Además los quesos se evaluaron por un panel de 187 consumidores para conocer la preferencia de los mismos. Se realizó análisis de la varianza para series de experimentos repetidos en el tiempo en el que se evaluó el comportamiento de los tratamientos y la interacción de estos con la estación del año.

Las leches crudas del EO presentaron las mayores concentraciones de grasa, proteína, Mg y Na ($P < 0,01$). La de Cl fue mayor en EP y en los tratamientos A35 y A70 ($P < 0,01$). De los compuestos volátiles, solo el hexanal mostró diferencias por tratamiento. Las evaluaciones sensoriales de los quesos detectaron diferencias entre los diferentes tratamientos. Como resultado de la descripción cuantitativa, se encontró que existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los atributos color, aspecto de la masa y corte granular, presentado los quesos A70 mayor score para estos atributos. Respecto del ensayo de preferencia, se encontró que 103 consumidores encuestados prefirieron la muestra A70, primero por color, segundo por sabor picante y en tercer lugar por textura. En LEP, sólo hubo efecto significativo de la dieta ($p < 0,039$) sobre la proteína en LEP (A0 = 25,54%, A35 = 25,10%, A70 = 24,86%). Los compuestos volátiles asociados a oxidación que manifestaron cambios significativos con la dieta fueron el hexanal, T2 heptenal y octanal. Las mayores concentraciones se dieron para el tratamiento A0 en el EP. Las vitaminas antioxidantes presentaron efecto combinado dieta – estación, alcanzado las mayores concentraciones en primavera tanto para los tratamientos A35 y A70. El FRAP, indicador de poder antioxidante global, presentó un efecto estacional significativo con un valor mayor en otoño (EO=307 vs. EP=178). En el mismo sentido, las LEP de otoño presentaron menor intensidad de los defectos oxidado y rancio que las leches de primavera. A través de estos descriptores de off flavor se indica la presencia de rancidez hidrolítica y oxidativa. De los parámetros sensoriales sólo presentó efecto significativo asociado a la dieta el descriptor oxidado, con máxima intensidad para el tratamiento A0 en primavera.

En los tres productos evaluados, la inclusión de alfalfa a la dieta se tradujo en un aumento de las vitaminas liposolubles gama tocoferol, retinol y β -caroteno. Los AG que sufrieron un efecto asociado a la dieta fueron: C8, C10, C12, C14, C15, C16, C17, isómeros de C18:2 n6 (tt,ct y tc), C18:3 n3 y C20:5 n3. Estos cambios redundaron en un incremento en los AG omega 3 (n3), en una disminución de los omega 6 (n6) y en el logro de una relación óptima n3/n6 para la dieta con máximo contenido de alfalfa.

La inclusión de la pastura de alfalfa en la dieta modificó en un sentido positivo propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales de la leche cruda y de los productos lácteos elaborados con la misma.

152RA. VINIFICACIÓN A ESCALA PILOTO CON LEVADURAS AUTÓCTONAS SELECCIONADAS DEL OASIS SUR DE MENDOZA

CARRIÓN, R. O.; VARELA, A., CABEZA, M. S., MORATA, V. I.

Departamento de Biología- Alimentos- Planta Piloto de Procesos- Facultad de
Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo -
rcarrion@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, las exigencias del mercado hacen necesario asegurar el curso de la fermentación vínica, además de la calidad y la reproducibilidad del producto final, por esto se deben realizar siembras con levaduras aisladas y seleccionadas en forma adecuada. Su inoculación en el proceso fermentativo favorece un inicio más rápido de fermentación y un consumo total de los azúcares fermentecible, reduciendo los posibles desvíos de la fermentación. Sin embargo, en nuestra región, aquellas bodegas que hacen uso de mayor tecnología y emplean levaduras para siembras programadas, deben recurrir a comprar fermentos producidos en el exterior o bien recurrir a cultivos desarrollados en el país en otras regiones vitivinícolas, ya que no se cuenta hasta el presente con cultivos propios. Con el objeto de generar un cultivo iniciador para la región sur de Mendoza, que fuese la mejor expresión de las levaduras ecotípicas es que, en trabajos previos, se realizó un aislamiento de levaduras fermentativas propias de este ecosistema y un estudio de su dinámica poblacional. De estos aislados se hizo una selección en microensayos en función de sus cualidades organolépticas del producto y al poder fermentativo de las levaduras ensayadas. Esta selección dio lugar a 4 cepas fermentativas, que fueron identificadas como pertenecientes al género *Saccaromyces*. Estas cepas seleccionadas y una cepa comercial (IOC-18-2007, Institut OEnologique de Champagne) fueron ensayadas, en el presente estudio, en vinificaciones a escala piloto, en tanques de 80 litros. Se emplearon 600 kgs de uva Malbec como materia prima, esta fue sometida a molienda e inoculada con los pie de cuba elaborados con las cepas de levadura seleccionadas, de la siguiente manera: A (mezcla de las cuatro cepas), B (cepa 9-4), C (cepa 4-3), D (cepa 13A-21), E (cepa 8A-16) y F (cepa comercial). La cinética del proceso fermentativo fue muy buena en todos los casos y comparable a la cepa comercial, a excepción de la cepa correspondiente a la experiencia B, identificada como “9-4”, que inició el proceso con mayor lentitud y dejó mayor cantidad de azúcares residuales al término de la fermentación. Los vinos obtenidos fueron analizados sensorialmente mediante un panel de catadores expertos y resultó que la mezcla de cepas autóctonas (ensayo A), presenta una calidad comparable a la cepa comercial. En el análisis individual (B; C; D y E) resulta ser mejor cepa la “13A-21”, correspondiente al ensayo D, responsable del comportamiento de la mezcla de levaduras (ensayo A).

153RA. EXTRACCIÓN DE POLISACÁRIDOS DEL FRUTO DE MEMBRILLO

CALVO G.A.₁; BERMEJO D.₁; MORENO S.M.₁; MALDONADO V.N.₁; CAMUSSO C.₁

1 - Instituto de Tecnología Agroindustrial-Universidad Nacional de La Rioja
Avda. Luis M. de La Fuente S/N° - (5300) La Rioja- Argentina.
e-mail: ita@unlar.edu.ar

RESUMEN

Se estudiaron distintos métodos para extraer polisacáridos solubles (pectinas) y polisacáridos insolubles (protopectinas) de membrillo a partir de una pasta del fruto escaldado y también de semillas obtenidas del fruto fresco.

El análisis físico-mecánico del fruto dio 88,70% de pulpa, 10,80% de piel y 1,5% de semilla. El peso medio del fruto es de 185,05 gramos. Se determinó el contenido de fibra soluble (pectina) del fruto fresco por el método de sólidos insolubles en alcohol a partir de un cremogenado con medias de 13,9°Brix y 80.50% de humedad obteniéndose 1,9% p/p (base húmeda) de pectina.

Se prepararon muestras de pasta del fruto escaldado y triturado, que luego se homogeneizó y congeló a -30°C. Los ensayos de extracción se realizaron en dos etapas. La primera, una extracción acuosa a 1 Kg de pasta usando un volumen de 20 veces el peso de sólido, a 95°C por una hora y la segunda una hidrólisis ácida acuosa (pH 3) de la pulpa filtrada de la primera etapa. Se extrajeron de la pasta, en la primera etapa de 5,34 a 10,66 % p/p BS. En la segunda etapa se extrajeron 0,46 % p/p base húmeda.

Otro método consistió en la extracción acuosa a partir de 100 gramos de semillas obtenidas de 6,60 Kg de fruto fresco, a las condiciones de temperatura y tiempo anteriormente indicadas, en tres etapas, agregando un volumen total de agua de 50 veces el peso de las semillas. La concentración máxima de los extractos fue de 0,4% p/v, extrayendo de la semilla 18,35 % p/p. La prueba de Fehling para el extracto dio negativo. El índice de metoxilo de la pectina purificada fue mayor a 70%.(C.A.A.).

Se realizó una prueba de gelificación a partir de un extracto acuoso con 0,4% p/v de pectina y pH=3,4. Se agregó sacarosa en cantidades de 16, 20, 32, 40, 50 y 60 % p/v y se concentró hasta 65 °Brix. Se observó la formación de un gel consistente a altas concentraciones de azúcar lo que corresponde a una pectina de 150° SAG. Los ensayos se triplicaron.

El contenido de fibra soluble del fruto es de 1,9 % p/p y una hidrólisis posterior rinde un valor medio de 0,46 % p/p. La pectina extraída es de alto metoxilo y 150° SAG. El extracto de semillas no posee azúcares disueltos, facilitando la posterior purificación de pectina.

154RA. ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE SECADO EN ORUJOS TINTOS (VARIEDAD MALBEC COSECHA 2011) Y SU INFLUENCIA EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

TOSI, E.¹, MASCIARELLI, R. ¹, FORMENTO, J. C. ², LUCERO, H.D.¹, SILVESTER, S. ¹

(1) Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de los Alimentos - Facultad
Regional Rosario - Universidad Tecnológica Nacional

(2) Cátedra de Enología II - Universidad Nacional de Cuyo
mascia@netcoop.com.ar

RESUMEN

Los orujos de uvas, formados por el residuo de semillas, tallos y pieles resultantes luego del prensado de las uvas, en la fabricación de vinos y otras bebidas alcohólicas, constituyen una fuente de antioxidantes naturales, por lo general se tratan de compuestos polifenólicos. Estos polifenoles muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo.

El objetivo del presente trabajo fue realizar el estudio de la cinética de secado de orujos tintos a diferentes temperaturas (60 y 110 °C) en una estufa de secado de tiro forzado a velocidad constante de secado y en un horno a microondas. Los datos experimentales fueron ajustados al modelo difusional de Fick.

Mediante molienda del material seco se obtuvo una harina pasa tamiz malla 40. A partir de ésta se prepararon extractos etanólicos, se tomaron 5 gramos de harina y se dispersaron en 25 mL de etanol, para extraer los flavonoides solubles. Las dispersiones se mantuvieron con agitación, durante 4 horas al abrigo de la luz. Luego se filtraron (papel de filtro Whatman N° 40), desechando el sólido remanente. A partir del filtrado, se preparó una solución para cada uno de los tratamientos de secado.

Los extractos obtenidos fueron utilizados para evaluar los siguientes parámetros: el efecto captador de radicales libres (ECRL) y el contenido de flavonoides totales (CFT).

Los tiempos requeridos para secar el producto fueron de: 9 hs y 10 minutos, de 5 horas y 25 minutos y de 0.40 horas para los secados a 60, 110 °C y microondas alcanzándose humedades de equilibrio en base húmeda de $3,2 \pm 0,1\%$, $4,2 \pm 0,1\%$, y $1,4 \pm 0,1\%$ respectivamente.

El ECRL de los extractos de las harinas provenientes de los tratamientos a 60-110 °C y horno a microondas fueron de 96.5, 94.2 y 94.1% respectivamente para la concentración de 15.1 mg de ss/mL.

El CFT de los extractos etanólicos fueron: 4.97, 4.83 y de 5,3 mg QE/mL, para estufa a 60 °C, 110 °C y horno a microondas respectivamente para la concentración de 1.456 mg de ss/mL.

El incremento de la temperatura del aire acorta los tiempos de tratamiento en el secado por convección y estos son aún menores en el secado por microondas.

Los resultados indican que los orujos tintos son una buena fuente de compuestos antioxidantes y que no se presentan diferencias significativas en su capacidad antioxidante de los orujos tintos para los distintos tratamientos de secado.

Palabras claves: orujos tintos - cinética de secado - flavonoides totales - actividad antioxidante.

155RA. EMPLEO DE LA CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL (DSC) COMO HERRAMIENTA PARA ESTUDIAR LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE PUFAS PRODUCIDOS POR MICROALGAS

SANTAGAPITA, P. R.¹; ROSA, S. M.²; MAZZOBRE, M. F.¹; CUETO, M.¹;
BUERA M. P.¹; GALVAGNO, M. A.^{3,4,*}

¹ Departamentos de Industrias y de Química Orgánica - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires & CONICET - Argentina; ² INGEBI-CONICET, Argentina; ³ Lab. Microbiología Industrial – Departamento de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires – Argentina; ⁴ IIB-CONICET, Buenos Aires, Argentina. * mag@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

El uso de microalgas heterótrofas (*Aurantiochytrium limacinum* SR21) como fuente de ácidos grasos poli-insaturados (PUFAs) constituye una alternativa a las fuentes convencionales (mayoritariamente pescado). Las ventajas de su empleo radican en su rápido crecimiento y alta producción de biomasa, que se realiza en condiciones controladas, asegurando una calidad constante del producto. El principal PUFA producido por estas microalgas es de la serie ω -3: el ácido docosaheptaenoico 22:6(n-3) (DHA) que constituye el 15,3% (m/m, materia seca) o 25 % de los lípidos totales. La oxidación es la principal causa de deterioro de estos aceites. Existen numerosos métodos analíticos para determinar su deterioro, pero muchas veces requieren de tiempos largos y/o del uso de químicos peligrosos. El empleo de métodos instrumentales relativamente rápidos y simples como la calorimetría de barrido diferencial (DSC) podría ser ventajoso para estudiar oxidación y parámetros de calidad de estos materiales. Nuestro objetivo fue evaluar la estabilidad a la oxidación de células y extractos de microalgas productoras de PUFAs en sistemas congelados a través de DSC. Las microalgas crecieron aeróbicamente en medios con una relación C:N 55:1 a 28°C a 200 rpm por 4 días. Luego, se conservaron a -20°C hasta 18 meses. Previo al análisis por DSC, las células se liofilizaron o se sometieron a una extracción lipídica en cloroformo:metanol (2:1). Se prepararon mezclas de ácido palmítico (C16:0) y DHA (componentes mayoritarios de la cepa estudiada) en diferentes proporciones. Se determinó la temperatura de inicio de la oxidación (OOT) por DSC en condiciones oxidativas entre 25 y 350°C a 5°C/min. Las células liofilizadas y el extracto lipídico mostraron termogramas similares, con OOT de 128 y 113°C, respectivamente. La diferencia en las temperaturas observadas podría atribuirse a la presencia de antioxidantes en las células, particularmente β -carotenos. En las mezclas, la OOT aumentó al incrementar el contenido de ácido palmítico. El valor de OOT en la mezcla palmítico:DHA (75:25) fue similar al obtenido para las microalgas. Se obtuvieron menores OOT a mayor tiempo de congelación así como una sustancial modificación de los termogramas obtenidos, atribuible a la probable oxidación de los PUFAs durante el almacenamiento en congelación y/o al consumo de los antioxidantes. Se puede concluir que mediante DSC es posible analizar la estabilidad a la oxidación de los PUFAs en células, sin la necesidad de pasos previos de extracción. El tiempo de congelación afectó la estabilidad de los PUFAs, aún dentro de las células de las microalgas.

156RA. EVALUACION DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LECHE UNA PASTEURIZADORA ARTESANAL

SALDIVAR, C.¹; DUMKE, T.¹, FERNÁNDEZ, P.^{1,2}; IURINIC, M.¹; TRELA, V.¹;
PUCCIARELLI, A.¹

¹ Laboratorio de Microbiología de Alimentos y Biotecnología “Dr. Fernando Benassi”,
Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales, Universidad Nacional de
Misiones, 3300 Posadas, Misiones.

E-mail: mima@fceqyn.unam.edu.ar

² Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT, Pcia. Mnes)

RESUMEN

En Misiones, la venta de leche cruda aumento como alternativa de comercialización en ferias francas, consecuencia del déficit de las industrias lácteas que nuclea a los pequeños productores y absorbe este producto. Debido a que el Código Alimentario Argentino (CAA) prohíbe la venta de leche cruda, el CEDIT desarrolló una “pasteurizadora en bolsa” para pequeños productores. El equipo consiste en un dispositivo artesanal semiautomático de forma cilíndrica que incluye un sistema electrónico de control de temperatura y tiempo, conteniendo en la parte inferior una resistencia para el calentamiento y una canastilla con capacidad para 10 sachets de un litro dispuestos en 2 columnas y 5 filas.

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la influencia de la ubicación del sachet dentro del equipo en la efectividad del tratamiento térmico (72°C) mediante la destrucción de microorganismos y evaluar además, el tiempo de pasteurización (120, 60 y 40 segundos).

En principio se determinó la carga inicial de la leche cruda y luego se analizaron las muestras de leche pasteurizada durante 6 días. La metodología utilizada está basada en el CAA y en el International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Los resultados demostraron que existe influencia de la posición del sachet dentro del equipo en el tratamiento térmico, siendo mayor la destrucción de microorganismo en la parte central del equipo que en los extremos. Según los análisis microbiológicos en el transcurso de los días, se determinó que en el caso de la leche tratada durante 120 segundos es apta para el consumo hasta el sexto día, en cambio, las que fueron tratadas en menor tiempo (60 y 40 seg), a partir del cuarto día, sobrepasaron el limite permitido por el CAA.

Debido a que la posición del sachet dentro del equipo tiene influencia en la efectividad del tratamiento térmico, se concluye que es necesario implementar un agitador para mejorar la distribución de calor dentro del sistema. Por otra parte, con respecto al tiempo del proceso se verificó que el tratamiento más efectivo fue el que se realizo durante 120 seg, No obstante, se sugiere seguir realizando experiencias para optimizar el tratamiento.

157RA. ANÁLISIS DE ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO EN VINOS Y AGUAS MEDIANTE UNA METODOLOGÍA QUÍMICA AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE

ESCUADERO, L. B.¹; OLSINA, R. A.²; WUILLOUD, R. G.^{1,3}

1- Grupo de Investigación y Desarrollo en Química Analítica (QUIANID), LISAMEN – CCT – CONICET – Mendoza, Av. Ruiz Leal S/N Parque General San Martín, M 5502 IRA Mendoza, Argentina.

Email: lescuadero@mendoza-conicet.gob.ar; rwuilloud@mendoza-conicet.gob.ar

2- INQUISAL-CONICET, Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis, Argentina.

Email: rolsina@unsl.edu.ar

3- Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

RESUMEN

Los recursos hídricos en zonas áridas, por ejemplo la región de Cuyo, son importantes para el desarrollo de poblaciones, cultivos y la vida en general [1]. Es así que disponer de agua con una elevada calidad es una de las mayores preocupaciones y objetivos. Por otro lado, la industria vitivinícola tiene un papel protagónico en nuestra provincia y los mendocinos son asiduos consumidores de vino. Por dicho motivo, este trabajo pretende ser un aporte al propósito de conocer la calidad del agua de consumo humano y de vinos del mercado interno. Así, el contaminante que se evaluó en las muestras de interés fue Arsénico (As). La metodología analítica desarrollada se fundamentó en el concepto de la Química Ambientalmente Sustentable (“*Green Chemistry*”), a través del empleo de líquidos iónicos (ILs). Estos solventes manifiestan un sinnúmero de propiedades beneficiosas, que los convierten en una alternativa atractiva de reemplazo a los solventes convencionales que causan contaminación atmosférica [2]. De esta manera, hexafluorofosfato de 1-octil-3-metilimidazolio [C₈mim][PF₆] IL se utilizó como agente extractante en una microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) implementada en un sistema de análisis en flujo. Inicialmente, la especie As³⁺ fue complejada con dietilditiocarbamato de sodio (DDTC), seguido de DLLME con 40 mg del IL. Luego de la extracción del analito, la fase enriquecida se retuvo en línea mediante una microcolumna con diseño adecuado, eluyéndose luego para la determinación de As mediante espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica (ETAAS). La concentración total de As inorgánico se obtuvo previa reducción de la especie As⁵⁺ con KI, mientras que la determinación de As total se realizó por degradación previa de las especies organoarsenicales, seguido de la reducción. Finalmente, el método fue aplicado satisfactoriamente para la determinación de especies de As (As³⁺, As⁵⁺ y As total orgánico) en diversas muestras de agua y vinos elaborados en la provincia de Mendoza. Las concentraciones en aguas de consumo oscilaron entre 0,21 – 1,52 µg L⁻¹ para As⁵⁺, no detectable – 0,61 µg L⁻¹ para As³⁺, y no detectable para As orgánico. En las muestras de vinos se obtuvieron valores de concentración entre 3,20 – 6,51 µg L⁻¹ para As³⁺, 6,40 – 9,20 µg L⁻¹ para As⁵⁺ y 0,25 – 0,83 µg L⁻¹ para As orgánico. En resumen, un método simple y compatible con el ambiente utilizando solventes de última generación como los Líquidos Iónicos, se aplicó exitosamente para determinar especies de As con elevada exactitud y reproducibilidad.

[1] N. Kalthoff, M. Fiebig-Wittmaack, C. Meißner, M. Kohler, M. Uriarte, I. Bischoff-Gauß, E. Gonzales, *Journal of Arid Environments*, 65 (2006) 420.

[2] Y. Chen, Z. Guo, X. Wang, C. Qiu, *Journal of Chromatography A*, 1184 (2008) 191

158RA. VARIACIONES EN LA CINÉTICA DE BIOOXIDACIÓN DE FENOL, SUERO DE QUESO Y ACETATO EN BARROS ACTIVADOS INDUCIDAS POR CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LA ALIMENTACIÓN

LOBO, C. C.¹; BERTOLA, N. C.¹; CONTRERAS, E. M.^{2,3}

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, 47 y 116 (1900), La Plata, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA). CONICET-Mar del Plata. UNMdP. Av. Juan B. Justo 4302 (7600) Mar del Plata, Argentina. ³Facultad de Ingeniería, UNLP, La Plata, Argentina.

edgardo.contreras@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Los fenoles son compuestos ampliamente utilizados en diversas industrias tales como fabricantes de plásticos, refinerías de petróleo, detergentes, pesticidas y farmacéuticas. Aunque el fenol es un compuesto tóxico para muchos microorganismos, también puede resultar una fuente de carbono y energía para consorcios microbianos que se han aclimatado a su presencia. Por lo tanto, a pesar de su toxicidad intrínseca, el fenol y sus derivados pueden ser removidos de las aguas residuales (AR) mediante procesos biológicos. Una vez conocida la cinética de los procesos involucrados, generalmente para el dimensionamiento de sistemas biológicos de tratamiento se asumen condiciones de estado estacionario. Sin embargo, diversos factores (descartes, cambios de procesos, accidentes) determinan que en la realidad existan variaciones tanto en la composición de las AR como en la concentración de sustancias tóxicas o inhibitorias. Estos cambios en las AR producen alteraciones en la composición microbiana de barros activados modificando la cinética de degradación de los compuestos presentes en las AR, los cuales pueden ser monitoreados empleando técnicas respirométricas. Las técnicas respirométricas se basan en la medición e interpretación de la velocidad de consumo de oxígeno por parte de los microorganismos presentes en los barros activados en condiciones definidas y controladas. En particular, la respirometría puede ser empleada para monitorear los cambios que se producen en los barros activados como respuesta a variaciones en la composición del AR. En el presente trabajo se empleó una técnica respirométrica para estudiar, mediante barros activados, los cambios que se producen en la cinética de degradación de tres sustratos típicos (suero de queso, acetato y fenol) frente a una variación en la composición del AR. Los barros activados fueron obtenidos en un reactor semicontinuo alimentado con un modelo de AR de industria láctea con suero de queso como fuente de carbono y energía. Una vez alcanzado un régimen de operación estable se cambió la alimentación del reactor a un medio mineral que contenía 300 mgL^{-1} de fenol como única fuente de carbono y energía. Los resultados obtenidos demostraron que los barros activados alimentados con suero no poseen una capacidad significativa de biooxidar acetato ni fenol. En cambio, los barros activados aclimatados a fenol fueron capaces de biooxidar activamente acetato, fenol y además conservaron la capacidad de biooxidar suero de queso. Finalmente, los resultados obtenidos en este trabajo permitieron el desarrollo de un modelo matemático para describir la biooxidación de los compuestos estudiados.

159RA. AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MINIMILHO EM CONSERVAS CULTIVADOS NO BRASIL

**ABREU, F.¹; CARLOS, L. A. ¹; ARRUDA, A.C. ¹; QUEIROZ, V.A.V. ²; PEREIRA
FILHO, I. A. ²**

**¹Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas - Rod. MG 424,
KM 47 - Caixa Postal 56, Cep:35701-970, Sete Lagoas-MG, Brasil.
E-mail: acarruda@ufsj.edu.br**

**²Embrapa Milho e Sorgo. Rod. MG 424, KM 45 - Caixa Postal 285 - CEP 35701-970,
Sete Lagoas – MG, Brasil.**

RESUMEN

O minimilho é o nome dado à espiga de milho jovem, em desenvolvimento, não fertilizada, muito apreciada para o consumo. O Brasil constitui mercado promissor para minimilho devido ao aumento da demanda e a produção ser insignificante. As condições de clima e solo brasileiras são propícias ao cultivo do milho e vários estudos têm sido conduzidos a respeito do manejo cultural do minimilho, contudo, em relação às técnicas de conservação pós-colheita e às características químicas, físicas, nutricionais e sensoriais, há escassez de dados na literatura, implicando em vasta área a ser explorada. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a aceitação sensorial de minimilhos em conservas elaborados a partir de três cultivares fornecidas pela Embrapa Milho e Sorgo/MG: BR 106, AG 1051 e Doce Tropical. Para tal, após colheita, as amostras foram desempalhadas, sanitizadas e branqueadas em água fervente. Em seguida as espigas foram resfriadas e envasadas em frascos de vidro de 300 mL com tampa rosqueável de metal preenchidos com salmoura contendo 2% de ácido cítrico. Após trinta dias de armazenamento as amostras foram avaliadas por 56 provadores, em cabines individuais do laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal de São João Del Rei/CSL, usando escala hedônica estruturada de nove pontos, para os atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão global. As amostras foram servidas monadicamente, em pratos descartáveis previamente codificados e sob luz branca. Os resultados foram avaliados por meio de ANOVA e teste de Tukey. A análise dos dados revelou que não houve diferença significativa entre as amostras para os atributos aroma e textura. Para os atributos cor, sabor e impressão global houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras provenientes da cultivar Doce Tropical e AG 1051, sendo esta última a amostra menos aceita entre os provadores. A cultivar BR 106 não diferiu das demais em todos os atributos avaliados. A cultivar Doce Tropical obteve maior média de aceitação, situando-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Conclui-se que todas as cultivares mostraram-se adequadas para o processamento em conserva, porém a cultivar Doce Tropical é a mais indicada por obter maiores médias de aceitação em todos os atributos avaliados.

AGRADECIMENTOS: FAPEMIG

160RA. ESTABILIDAD QUÍMICA DE COMPUESTOS ORGANOAZUFRADOS Y SUS MEZCLAS PRESENTES EN AJO

LUCERO, A.¹; LOCATELLI, D.^{1,2}; GONZÁLEZ, R.^{1,2}; BERTÓN, P.²;
ALTAMIRANO, J.² y CAMARGO, A.^{1,2}

¹Laboratorio de Análisis de Residuos Tóxicos - Facultad de Ciencias Agrarias –
Universidad Nacional de Cuyo- Mendoza - Argentina

²CONICET – Mendoza - Argentina

danielocatelli85@gmail.com

RESUMEN

El ajo (*Allium sativum* L.) miembro de la familia *Liliaceae*, es una especie que ha sido utilizada tanto como alimento como planta medicinal por más de 4.000 años. Numerosas investigaciones científicas sugieren que las propiedades biológicas y medicinales que esta especie posee son debidas a su alto contenido de compuestos organoazufrados, principalmente alicina, considerada el compuesto biológicamente activo más importante en ajo fresco picado. Alicina en presencia de altas temperaturas o solventes orgánicos, sufre una serie de transformaciones que dan origen a otras especies químicas. Algunos compuestos de degradación de la alicina son sulfuros (diallil mono-, di-, y oligosulfuros); vinilditiinas y ajoenos. Si bien estos organoazufrados poseen mayor estabilidad química que su precursor, presentan cierta inestabilidad desde el punto de vista fisicoquímico. Por esto el objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad química de compuestos organoazufrados y sus mezclas frente a variables tales como: temperatura, tiempo y solventes orgánicos. Para ello se realizó un diseño experimental factorial de dos niveles, en donde las variables consideradas fueron: temperatura (°C), tiempo (días) y solventes orgánicos (metanol, acetonitrilo, hexano y cloroformo). Los compuestos organoazufrados estudiados fueron: alicina, diallil sulfuro (DAS), diallil disulfuro (DADS) y diallil trisulfuro (DATS). Se obtuvieron soluciones de cada organoazufrado y sus mezclas en los solventes incluidos en este trabajo. Las muestras fueron sometidas a temperaturas de -10°C y 45°C y analizadas a los 2 y 21 días. La estabilidad química fue determinada evaluando los cambios en las áreas correspondientes a cada compuesto en los cromatogramas obtenidos mediante Cromatografía Líquida (RPHPLC-UV). El análisis estadístico evidenció que la estabilidad química de la alicina fue fuertemente afectada por la temperatura, mientras que para DAS, DADS y DATS el factor influyente fue el solvente. Para estos polisulfuros, se obtuvieron la mejor respuesta en el detector al utilizar acetonitrilo y metanol como solventes. No obstante, al emplear metanol, las respuestas no varían en función de la temperatura y el tiempo; lo que sí sucede al usar ACN como solvente en el que se observa mayor amplitud de área del analito frente a estos dos factores. Además fue posible evidenciar a partir de los cromatogramas nuevas especies químicas. Este estudio demostró que existe inestabilidad química de los analitos frente a los distintos factores evaluados.

**161RA. EFFECTS OF SIMULATED INTESTINAL FLUIDS AND BILE SALTS ON
HYDROXYPROPYLMETHYLCELLULOSE INTERFACIAL PROPERTIES AND
SUBMICRON O/W EMULSIONS**

CAMINO*, N.A. , PIZONES RUIZ-HENESTROSA, V.M. AND PILOSOFF, A.M.R.

**Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad
Universitaria, Intendente Guiraldes s/n, 1428, Universidad de Buenos Aires, Buenos
Aires, Argentina.**

* nacamino@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

Emulsions are widely used in the formulation of food, pharmaceutical, and cosmetic products. The hydroxypropylmethyl celluloses (HPMC) are surface active polysaccharides that offer the ability to mimic the texture of lipid and they are also submicron emulsion stabilizers, used as a vehicle for bioactive components encapsulation that can provide physiological benefits or reduce the risk of chronic diseases. An understanding of the gastrointestinal processing of emulsions and, consequently, lipid digestion is critical to successfully manipulate interfacial structures and design processed foods with the aim of improving bioavailability of bioactive nutrients or reducing the absorption of saturated fats. The objective of the present work was to analyze the influence of the addition of bile salts (BS) under simulated intestinal conditions in HPMCs behavior at the oil-water (O/W) interface and in HPMC-stabilized emulsions, made by high intensity ultrasound at 2 % wt concentration (Vibra Cell Sonics, model VCX 750 at a frequency of 20kHz and an amplitude of 20%) during 20 minutes at controlled temperature (20- 25 °C). The emulsions size distributions were measured by laser light scattering (Mastersizer 2000, Malvern Instruments). The global stability of emulsions was determined by an optic vertical analyzer (Turbiscan). The microstructures were monitored as a function of time using a confocal microscopy (Olympus FV 300). The interfacial measurements were determined by an automatic drop tensiometer (SINTERFACE PAT I).

The interfacial activity was dominated by the bile salts after their injection, similar to that corresponding to bile salts alone. The simulated intestinal fluid (SIF) did not change their behavior.

When BS were added to recently prepared submicron emulsion, a higher volume mean diameter was obtained ($D_{43} = 2.26 \mu\text{m}$) and a higher polydispersity. The same trend was observed upon time (up to 3 hours of analysis). A high creaming velocity and flocculation grade was observed for all the emulsions with BS added. Coalescence was also observed. These phenomena were also evidence by confocal images, where a high grade of flocculation was observed. These structures changed with time, with smaller droplets after 3 hours, indicating coalescence due to the presence of bile salts.

The results would reveal the total displacement of HPMC from the O/W interface by the bile salts, so the release of the bioactive compounds encapsulated in submicron-emulsions in the small intestine would be possible.

162RA. EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FRITURA SOBRE LA CALIDAD Y VALOR NUTRICIONAL DE ACEITES MACERADOS DE AJO

VIDONI, N.¹; LOCATELLI, D.^{1,2}; CAMARGO, A.^{1,2}; GONZÁLEZ, R.^{1,2}

¹Laboratorio de Análisis de Residuos Tóxicos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

² CONICET, Mendoza, Argentina.

danielocatelli85@gmail.com

RESUMEN

El ajo es una especie que ha adquirido un particular interés por parte de los consumidores debido a las propiedades medicinales, tanto preventivas como curativas, que este posee frente a una amplia variedad de enfermedades crónicas que afectan a la población. Un subproducto de ajo que se destaca es el aceite macerado de ajo. Esto se debe a que posee compuestos organoazufrados (disulfuros, ajoeno y vinilditiinas) con propiedades biológicas. Entre ellas se destacan propiedades anticancerígenas, antiplaquetarias, hipercolesterolémicas e hipolipidémicas evidenciadas a través de estudios *in vitro* e *in vivo*. Existen antecedentes del efecto de diferentes condiciones de cocción sobre la composición y propiedades biológicas del ajo fresco, pero poco se ha investigado acerca de los efectos de los distintos métodos de cocción, en particular las frituras, sobre la composición y calidad de aceites de ajo macerado. A partir de ello se planteó como objetivo de este trabajo evaluar las transformaciones en el perfil de compuestos organoazufrados y la calidad de aceites de ajo macerados sometidos a distintas condiciones de fritura. Para ello aceites macerados de ajo obtenidos en el comercio local fueron sometidos a diferentes temperaturas de fritura (180 °C, 220 °C y 300 °C) durante 3 min. Se evaluaron aceites macerados de ajo en aceites vegetales de oliva, canola y girasol. Paralelamente, como testigos se sometieron a las condiciones de frituras mencionadas anteriormente, los aceites vegetales sin macerados de ajo. El perfil de compuestos organoazufrados fue determinado mediante Cromatografía Gaseosa utilizando un detector fotométrico de llama, mientras que la calidad de los aceites fue evaluada mediante las determinaciones analíticas de índice de peróxidos, acidez e índice de color de los aceites mediante las metodologías propuestas por la AOAC. Los resultados evidenciaron diferencias en el perfil y concentración de compuestos organoazufrados presentes en los aceites comerciales. Los compuestos hallados fueron principalmente disulfuros: diallil disulfuro y diallil sulfuro. Las temperaturas de fritura afectaron tanto la calidad como el perfil y concentración de organoazufrados. Para todos los aceites evaluados el índice de peróxidos incrementó significativamente cuando la temperatura de fritura fue de 180 °C no así a 220 °C y 300 °C ($P < 0,05$). En cuanto a los índices de acidez, no se evidenciaron diferencias significativas bajo las condiciones de estudio. En conclusión, el presente trabajo permitió evidenciar que el perfil de compuestos bioactivos y la calidad nutricional de los aceites macerados de ajo son afectados por las condiciones de fritura.

163RA. COCCIÓN AL VAPOR DE AJO: PERFIL DE COMPUESTOS ORGANOAZUFRADOS Y POSIBLES BIOTRANSFORMACIONES

LOCATELLI, D.^{1,2}; GONZÁLEZ, R.^{1,2}; FUSARI, C.²; LUCERO, A.²;
ALTAMIRANO, J.³ y CAMARGO, A.^{1,2}

¹Instituto de Biología Agrícola (IBAM), CONICET,

²Laboratorio de Residuos Tóxicos, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo.

³LISAMEN CONICET.

danielocatelli85@gmail.com

RESUMEN

Existe evidencia sustancial del rol de la dieta en la prevención del cáncer, las enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Las frutas y los vegetales, son considerados particularmente protectivos debido a que poseen fitoquímicos. El ajo (*Allium sativum* L.) se destaca desde tiempos ancestrales como especie y como alimento fitoterápico. Entre sus componentes bioactivos se distinguen los compuestos organoazufrados (OSCs) con probadas actividades biológicas y efectos benéficos para la salud humana. El perfil de compuestos organoazufrados determina las propiedades biológicas que el ajo posee y esto ha sido evidenciado a través de diversas transformaciones que sufren dichos compuestos y que dan origen a nuevas especies químicas. Por otra parte, muchos vegetales son comúnmente cocidos antes de consumirse. Se ha reportado que la cocción induce significativos cambios en la composición química, lo influye en la concentración y biodisponibilidad de compuestos bioactivos en los vegetales. A partir de ello surge como objetivo del presente trabajo evaluar el efecto de la cocción al vapor sobre el perfil de compuestos organoazufrados y las posibles transformaciones que pudieran ocurrir. Para ello, ajo fresco picado fue sometido a cocción al vapor en condiciones controladas. Se tomaron una muestra testigo de ajo fresco y muestras por triplicado durante el proceso a diferentes intervalos de tiempo. Las muestras fueron extraídas con tres solventes: agua, etanol y acetonitrilo. Posteriormente fueron analizadas mediante Cromatografía Líquida (RPHPLC-UV). Los analitos evaluados fueron: allicina, diallil-monosulfuro (DAS), diallil-disulfuro (DADS) y diallil-trisulfuro (DATS). A partir de los 3 min de cocción la concentración de allicina evidenció un descenso pronunciado de alrededor del 50%, hasta reducirse a un 15% a los 6 min. Los compuestos DAS, DADS y DATS fueron identificados desde los 3 min. DAS y DADS incrementaron su concentración en función al tiempo de cocción. DAS evidenció una concentración máxima a los 3 min que luego fue disminuyendo. En cuanto a los solventes de extracción evaluados las mayores recuperaciones se obtuvieron con etanol para allicina, DADS y DATS, mientras que para el DAS resultó más efectivo el empleo de acetonitrilo. En conclusión se evidenció que durante la cocción al vapor allicina (principal compuesto bioactivo del ajo) se descompone a polisulfuros tales como diallil mono-di y trisulfuros compuestos que han demostrado poseer importantes bioactividades como antioxidantes y anticancerígenos.

164RA. DESGRASADO DE AMARANTO POR MOLIENDA ABRASIVA

ROA ACOSTA, D.F.; BAEZA, R. I.; TOLABA, M. P.

Departamento de Industrias - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -
Universidad de Buenos Aires - mtolaba@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

Se estudió la molienda abrasiva del grano de amaranto como estrategia para obtener amaranto desgrasado. El desgrasado facilita el procesado del grano mediante molienda húmeda para la obtención de almidón y otros subproductos. El objetivo fue determinar usando un molino arrocero escala laboratorio, las condiciones de molienda abrasiva más convenientes para reducir sustancialmente el contenido de grasa original (6,8%). Para ello se realizaron ensayos según el diseño de Box Behnken siendo los factores: humedad del grano (8-12%), carga del molino (100-200g) y tiempo de molienda (30-90 minutos). El tiempo máximo se estableció considerando que tiempos más largos provocan el empastado del molino. Se analizaron los contenidos de grasa y proteína del grano desgrasado así como también se evaluaron los cambios de color del grano mediante fotocolorimetría. Utilizando el método de superficies de respuesta se determinó el efecto de las condiciones de molienda abrasiva sobre: a) la reducción de grasa y proteína; b) la diferencia de color (ΔE) respecto del color original del grano. Se encontró que la carga (efecto lineal) y el tiempo (efecto cuadrático) afectaron significativamente los contenidos de grasa y proteína así como también el valor de ΔE . El efecto de la humedad del grano fue despreciable. La disminución de la carga y un mayor tiempo de molienda contribuyeron para un desgrasado más efectivo. Se comprobó la significativa correlación entre grasa y proteína ($r = 0,98$), ΔE y grasa ($r = 0,84$) y entre ΔE y proteína ($r = 0,85$). Para contenido graso superior al 1,5 % se encontró una relación lineal satisfactoria entre nivel de grasa y ΔE ($r^2 = 0,9029$). De la optimización multirespuesta se obtuvieron las condiciones óptimas: 8% (humedad), 100 g (carga) y 85 minutos de molienda que proporcionaron un contenido mínimo de grasa (1,2%) y proteína (4,7%) y una máxima diferencia de color (22,6). A pesar de las dificultades asociadas a la medición de color en un sistema heterogéneo, la medida fotocolorimétrica de la diferencia de color demostró ser eficaz para el seguimiento de la molienda abrasiva. Puede concluirse que la medición del ΔE , como medida del desgrasado, se presenta como un método alternativo rápido y de fácil implementación respecto de las determinaciones químicas tradicionales.

Palabras clave: amaranto; molienda; color; degerminación, optimización multirespuesta

165RA. CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES Y ESTUDIO DE SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO PATEGRÁS ARGENTINO

WOLF, I.; REBECHI, S.; VÉNICA, C.; PEROTTI, M.

Instituto de Lactología Industrial – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional del Litoral.

vwolf@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

El flavour de los quesos está asociado a un delicado balance cuali y cuantitativo de un gran número de compuestos generados durante la maduración, principalmente a través de reacciones de naturaleza enzimática. Los compuestos volátiles y particularmente las relaciones de concentración entre los mismos han demostrado ser característicos de cada variedad. En nuestro país, recientemente se han comenzado los primeros estudios sistemáticos de la fracción volátil de algunas variedades de quesos. Sin embargo, no se encuentra información disponible sobre los quesos Pategrás, un típico queso semiduro elaborado comúnmente con la adición de bacterias propiónicas, responsables de los característicos ojos. Por esta razón, en este trabajo se propone caracterizar los perfiles de compuestos volátiles de quesos Pategrás comerciales y de quesos elaborados a escala piloto, analizando en este último caso la evolución de los compuestos volátiles durante la maduración, a fin de establecer el rol de las bacterias propiónicas en la generación de compuestos de flavour.

Diez muestras de quesos Pategrás comerciales de reconocidas marcas fueron analizadas en cuanto a los parámetros de composición global y grado de maduración con métodos normalizados, y respecto a los perfiles de compuestos volátiles usando la microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a GC-FID/MS. Por otra parte, se elaboraron a escala piloto utilizando la tecnología estándar quesos Pategrás con adición de bacterias propiónicas, los cuales se muestrearon en cuatro oportunidades y se analizó la composición de volátiles.

Los quesos comerciales presentaron parámetros fisicoquímicos y grado de maduración normales para esta variedad. En los perfiles de volátiles se identificaron un total de 38 compuestos, presentando los ácidos, principalmente acético, propiónico y butírico, un claro predominio en la fracción volátil. Otros grupos importantes de compuestos fueron los alcoholes y las cetonas y en menor medida los ésteres.

El estudio del perfil de volátiles durante la maduración reveló el incremento de algunos compuestos en el período analizado, particularmente los ácidos de cadena corta.

De acuerdo a estos resultados, las bacterias propiónicas tendrían un rol fundamental en la formación de compuestos claves en el flavour de esta variedad, lo cual se encuentra en concordancia con información publicada para quesos tipo suizos. Esto plantea la necesidad de profundizar en el estudio de la relación entre el flavour de los quesos y el empleo de diferentes cepas de bacterias propiónicas en la elaboración, que permita una selección de aquéllas que otorguen las mejores características sensoriales a los quesos.

166RA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO DE LECHE DE OVEJA

⁽¹⁾ CUFFIA, F; BERGAMINI, C; REBECHI, S; HILGERT, S; MEINARDI, C.
Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), Fac. Ing. Qca, UNL - CONICET.
Santiago del Estero 2829, C.P. 3000, Santa Fe, Argentina. ⁽¹⁾ E-mail: srebechi@fiq.unl.edu.ar

El presente trabajo tiene por objetivo, a partir del estudio de las variables inherentes al protocolo de elaboración, el proceso de salado y la maduración, diseñar un queso fresco de leche de oveja para el consumo directo y que además se adapte en usos culinarios, particularmente para gratinar.

La leche de elaboración se pasteurizó a 65 °C por 20 minutos, se enfrió hasta 40 °C, se adicionó un fermento directo (*Streptococcus thermophilus*) y luego de 10 minutos se incorporó quimosina producida por fermentación. Cuando el coágulo alcanzó la consistencia adecuada se cortó en trozos de 1,5 a 2 cm de lado y se agitó suavemente hasta alcanzar el grado de secado deseado. La cuajada se colocó en cuatro moldes donde se dejó acidificar llegando en 5 h±15 min a pH 5,1±0,1. Los cuatro quesos (Q) de aproximadamente 1 Kg cada uno se llevaron a cámara a 4±1 °C. Un queso Q₁ no se saló, mientras que Q₂ y Q₃ se sumergieron en agua y salmuera al 20% respectivamente por el mismo tiempo y el Q₄ se saló en seco. Al cuarto día se envasaron al vacío. Se realizaron tres réplicas.

A los 1, 30 y 60 días se determinó: pH, calcio, sodio, composición global y nitrógeno soluble a pH 4,6 (NS 4,6), en ácido tricloroacético al 12% (TCA 12) y en ácido fosfotúngstico al 2,5% (PTA 2,5). Se calculó el grado de maduración (GM) como el cociente entre el NS 4,6 y el nitrógeno total. Asimismo, se analizaron los perfiles peptídicos al inicio y al final de la maduración, y a los 60 días se evaluó el comportamiento a la fusión en estufa a 130 °C por 15 minutos.

En el primer día de maduración los pH tuvieron evoluciones distintas (Q₁: 5,40±0,03; Q₂: 5,60±0,04; Q₃: 5,58±0,02; Q₄: 5,46±0,04). El enfriamiento rápido en los quesos Q₂ y Q₃ detuvo el desarrollo de los fermentos y los equilibrios salinos subieron el pH. Mientras que el enfriamiento lento de Q₁ y Q₄ permitió una evolución de la acidez que compensó el ascenso del pH propio de estos quesos.

La humedad (Q₁: 45,7±0,2%; Q₂: 47,4±0,1%; Q₃: 45,7±0,4%; Q₄: 43,1±0,3%) fue: mayor en Q₂, semejante en Q₁ y Q₃ y sensiblemente menor en Q₄.

El estudio de la proteólisis mostró diferencias en el GM que osciló entre un valor de 9,8 para Q₁ y Q₂ y 7,7 para Q₃ y Q₄. Los perfiles peptídicos también mostraron algunas diferencias, principalmente relacionadas con la presencia o no de salado de la cuajada. Estos resultados son probablemente consecuencia del efecto de la sal sobre los distintos agentes enzimáticos responsables de la proteólisis durante la maduración. Asimismo, un panel no entrenado detectó sabores amargos en los quesos no salados, lo que se correlacionó con una mayor cantidad de péptidos hidrofóbicos en los perfiles peptídicos de estos quesos. El comportamiento a la fusión reveló que Q₁ y Q₂ cubrieron la mayor superficie, lo siguió Q₃ y el que tuvo más dificultades fue Q₄ asociado a su baja humedad.

Se puede concluir que los quesos salados en seco disminuyen significativamente la humedad, los quesos sin salar otorgan sabores amargos y los salados por inmersión, donde el efecto de enfriamiento y salado se combinan, lleva a un ascenso de pH que retarda la maduración y dificulta su fusión. Por ello se propone en el protocolo de elaboración de queso fresco de leche de oveja enfriar las hormas en cámara durante 24 horas y posteriormente salar por inmersión.

Palabras Clave: Leche ovina– Queso de oveja – Queso fresco.

**167RA. ESTUDIO DEL EFECTO DE a_w , PH Y TEMPERATURA EN EL
CRECIMIENTO DE CEPAS AUTÓCTONAS DE *SALMONELLA* AISLADAS DE
POLLO**

JIMENEZ, S., ARCHELASQUI, R.; PIROVANI, M.

**Instituto de Tecnología de Alimentos – Facultad de Ingeniería Química –
Universidad Nacional del Litoral
mpirovan@fiq.unl.edu.ar**

RESUMEN

La carne de ave después del sacrificio de y durante la elaboración de derivados queda a menudo contaminada por agentes patógenos para el hombre, frecuentemente *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. La información sobre el crecimiento de cepas de *Salmonella* según pH, actividad de agua (a_w) y temperatura (T), así como los de susceptibilidad a diferentes ácidos orgánicos u otros antimicrobianos es de origen extranjero, no existiendo antecedentes en nuestro país. Sería útil contar con datos de cepas autóctonas para la evaluación de los factores que afectan la prevalencia y proliferación de *Salmonella* spp. y así determinar las estrategias de intervención que tendrían mayor efecto para su control.

Los objetivos fueron a) determinar valores mínimos de crecimiento de cepas autóctonas de *Salmonella* sp. bajo diferentes pH, actividad de agua y temperatura, b) comparar el crecimiento de cepas nativas de *Salmonella* spp. extraídas de pollos y del ambiente avícola con cepas exóticas tomados de la bibliografía internacional y c) determinar la influencia del inóculo. Se aislaron numerosas cepas de *Salmonella*, cuyas serovariedades fueron identificadas en el Instituto Malbram por Caffer y Pichel durante 2010. Para el crecimiento/no crecimiento de las cepas aisladas se utilizaron: Infusión Cerebro Corazón (BHI) y Caldo Nutritivo (CN). Los resultados indican que las cepas mostraron comportamientos diferentes con respecto a cepas de colección internacional. Según la ICMSF la mayoría de las cepas de *Salmonella* no desarrollan a temperaturas inferiores a 7°C. En nuestros estudios, a la temperatura a 5,5°C creció una de las cepas (S10). Ninguna de las cepas creció a pH 3,7 en BHI pero sí en CN (a_w 0,988 y T 35°C) ni a a_w 0,94 (BHI, pH 7,6 y T 35°C). Cuando la a_w fue 0,95, desarrolló el 80% de las cepas evaluadas, a pH 3,8 el 60% de las cepas analizadas. Se demostró la influencia del inóculo para el desarrollo según las condiciones establecidas y del medio de cultivo utilizado para el desarrollo de la cepa bajo una barrera dada, especialmente en combinación con el pH. Los mínimos establecidos a partir de estos estudios constituyen el primer aporte sobre la dinámica de *Salmonella* en la región, que se completará con modelos predictivos para precisar mejor las condiciones de control del patógeno.

168RA. ALOE SAPONARIA COMO RECUBRIMIENTO EN POSCOSECHA

TAPIA¹ O.; VIGNONI¹, L.; GIMÉNEZ¹ A.; VENTRERA¹ N.; MIRÁBILE¹ M.; GUINLE¹ V.; RODRIGUEZ¹, M. E.; CÉSARI², M.

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo.

² UTN Mendoza

RESUMEN

Existen investigaciones referidas al uso de *Aloe vera* en la elaboración de alimentos funcionales existiendo una patente española para uso del gel de esta especie como recubrimiento de frutas y hortalizas. En Argentina la especie mayoritaria es *Aloe saponaria*; de ésta no hay suficiente investigación referida a alimentos.

Se estudió el efecto del gel de *Aloe saponaria* aplicado en forma de inmersión. Se experimentó en poscosecha de zanahorias, cerezas y uva.

Se realizaron tratamientos de inmersión de 5 minutos en zanahorias; 10 min en cereza Brooks y uva Red Globe. Estos fueron comparados con testigos sin gel; escurridos, secados por circulación de aire a temperatura ambiente y envasados en bolsas de PE perforadas.

Las raíces de zanahoria se conservaron 30 días (4 °C +/-1 °C – 90%HR); se controló periódicamente: peso, aspecto, firmeza, color y defectos.

Las cerezas, cosechadas en dos estados de madurez se conservaron 8 días a 5 °C y 90% HR; se cuantificó el número de defectos visibles en fruto y pedúnculo; y se realizó evaluación sensorial.

En uva Red Globe se evaluó el efecto del gel respecto al testigo y a la vez con y sin generadores de SO₂. Se conservaron 30 días (2 °C y 90% HR). Se evaluó peso, sólidos solubles, acidez, firmeza, color del pedúnculo y evaluación sensorial.

Los resultados se evaluaron mediante estadística descriptiva.

Zanahoria: la pérdida de humedad en los tratamientos con gel fue del 9%, mientras que el testigo perdió un 11,5%. La firmeza (2Kg) fue mejor que en el testigo (6Kg) porque éste al deshidratarse se tornó más elástico. El color se mantuvo mejor.

Cerezas: el tratamiento con gel redujo la aparición de signos de deshidratación del pedúnculo en ambos estados de madurez.

Uva: menor pérdida de peso (1,76%) con gel y SO₂; sin SO₂ el testigo presenta menor pérdida (1,61%). Mayor valor de firmeza con gel y SO₂. La utilización de gel mantuvo mejor la coloración verde del raquis. No se percibieron sabores extraños.

Conclusión: la aplicación de gel de *Aloe saponaria* no se percibe sensorialmente y mejora la vida poscosecha de las especies estudiadas. Se presenta como una alternativa interesante de seguir estudiando como posible reemplazo del SO₂; es natural, inocuo y compatible con el medio ambiente.

169RA. ESTUDIO DEL PROCESO DE ENCALADO DURANTE LA ELABORACIÓN DE CEREZAS EN CONSERVA

GIMENEZ, A.; ZURITZ, C.; GUINLE, V.; VIDONI, N.; DELLA GASPERA, E.

Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.

E-mail: agimenez@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Introducción: Tanto en la elaboración artesanal como en la industrial de las cerezas en conserva, los procesos llevados a cabo se realizan en forma empírica, sin embargo, para maximizar la calidad del producto final como para minimizar los costos de elaboración, es necesario cuantificar los fenómenos fisicoquímicos involucrados en cada etapa.

Objetivo: conocer la cinética del encalado durante la elaboración de cerezas con destino a conservas.

Materiales y métodos: se trabajó con cerezas cv Rainier de la zona de Chacras de Coria Mendoza.

Se cosecharon manualmente y trasladaron en bandejas de 10 kg hacia la zona de procesado donde se realizó la selección y acondicionamiento para el tratamiento de sulfitación y encalado.

Para posibilitar la evaluación estadística se realizaron dos ensayos en paralelo colocando las cerezas en soluciones de anhídrido sulfuroso a 6, 11, y 15 g/kg y cloruro de calcio a 0.5, 1 y 1,5 gCa/kg, en proporción de 3 kg de cerezas por 3 kg de solución. Se trabajó a temperatura constante de 18 ± 1 °C.

Se realizaron extracciones de muestra líquida (aprox.50 g) y sólida (aprox.50 g) por separado, periódicamente. Esta metodología aseguró mantener el balance másico sólido-líquido, constante.

Se cuantificó el calcio en la fracción líquida y sólida según técnica por complexometría con EDTA.

Resultados:

El ingreso de calcio a las cerezas se estabilizó a las 200 horas.

La velocidad de ingreso varía en relación a los niveles de calcio en la fracción líquida, las mismas son:

- 0.021 gCa/kg de cereza/día para la concentración inicial de 0.4 a 0.5 gCa/kg
- 0.04 gCa/kg de cereza/día para la concentración inicial de 0.7 a 1.1 g Ca/kg
- 0.065 gCa/kg de cereza/día para la concentración inicial de 1 a 1.4 gCa/kg

El contenido de anhídrido sulfuroso en el líquido no influyó en la velocidad de ingreso del calcio.

Conclusiones: El ingreso de calcio a las cerezas concluye a las 200 horas de estar en contacto con el líquido.

La velocidad de penetración de calcio es función de la concentración del mismo en el líquido de gobierno.

La velocidad de encalado es independiente de la concentración de anhídrido sulfuroso presente en el líquido de gobierno.

**170RA. POSCOSECHA DE 8 CULTIVARES DE ZAPALLO *Cucurbita moschata*
(ANCO) UTILIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**

GUINLE, V¹; VIGNONI, L¹; ARCE, E¹; TAPIA, O¹; GIMÉNEZ, A¹; VENTRERA, N¹;
DELLA GASPERA, P²; CÁNOVAS L¹.

**1. Cátedra de Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown
500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.**

yguinle@fca.uncu.edu.ar

2. INTA EEA La Consulta. Mendoza. Argentina

RESUMEN

Conociendo que la principal causa de deterioro en poscosecha de zapallo es debida a la deshidratación y al ataque fúngico, se ensayaron alternativas de recubrimientos que pudieran tener acción preventiva respecto a éstos problemas.

El objetivo fue evaluar la acción de los recubrimientos ensayados sobre distintos materiales en estudio.

Se trabajó con ocho cultivares: Paquito, Cosmos, Frontera, Atila, Cuyano, Waltham Butternut, Cokena y Pepe; provistos por INTA La Consulta, Mendoza.

Se conservaron previa selección y limpieza, en acondicionamientos: testigo, recubiertos con vaselina y con vaselina más fungicida.; posteriormente fueron secados por aire y conservados en galpón (16°C ±4°C y 90% ±4%HR).

Se realizaron al inicio y mensualmente, determinaciones de: observación visual de características externas e internas, pérdida de peso, consistencia (presiometría), sólidos solubles, azúcares totales (volumetría), y pigmentos carotenoides (espectrofotométrico).

El final de la conservación lo determinó la aparición de síntomas externos de deshidratación y/o podredumbre. La conservación se extendió 71 días.

Resultados: se pudo establecer que el cultivar menos resistente fue Cokena que presentó externa e internamente mayor deshidratación y podredumbre; mientras que Cuyano fue el más resistente sin ninguna manifestación durante el período de conservación considerado. No hubo pérdidas en los tratamientos con vaselina y vaselina más fungicida.

La pérdida de peso fue mayor en el tratamiento testigo, sin diferencias entre los recubrimientos. En los testigos, las pérdidas fueron mayores en los cultivares Waltham y Cokena, y menores en Frontera y Cosmos, no superando el 15%.

La consistencia interna y externa no mostró diferencias entre los cultivares, ni entre las formas de acondicionamiento.

Con respecto a los sólidos solubles y azúcares totales los valores no mostraron diferencias entre los tratamientos y se mantuvieron constantes. El cultivar Cokena fue el de mayor contenido y Atila el de menos sólidos solubles.

Respecto a los β-carotenos, no hay diferencias entre los tratamientos, pero se destaca el cultivar Cokena por tener el mayor contenido.

El cultivar Cokena a pesar de tener mayor contenido de azúcares y de β-carotenos, es el de menor resistencia a la conservación (32 días).

Conclusión: los tratamientos con recubrimiento evaluados actuaron positivamente evitando la deshidratación y el ataque por hongos.

ÁREA INGENIERÍA QUÍMICA, PETROQUÍMICA Y MINERALURGÍA.

RESÚMENES

01RQ. INFLUENCIA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA EFICIENCIA FRACCIONAL DE UN CICLÓN

BORSA, E; BARBOSA, M. R.

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av Del Valle 5737 - (7400) Olavarría, Buenos Aires - Argentina
eborsa@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

La separación de partículas se emplea industrialmente desde hace mucho tiempo, especialmente para purificación de gases. Sin embargo, en los últimos años se está perfeccionando la tecnología de los separadores para utilizarlos como clasificadores de polvos con distribución de tamaños muy bien controlado.

Los ciclones que alcanzan mayor remoción de partículas pequeñas se denominan de alta eficiencia. En el diseño del dispositivo influyen variables geométricas y de operación (temperatura, contenido de partículas, caudal de entrada, etc.). La distribución de tamaños de partícula juega un importante rol en la eficiencia fraccional de separación que se puede lograr.

En este trabajo se determina la eficiencia fraccional de separación de partículas y se analiza la influencia de la distribución de tamaño para diferentes materiales particulados. Además se comparan modelos matemáticos capaces de predecir la eficiencia de colección de partículas finas, analizándose para cada uno de ellos la influencia de las variables de operación.

Se trabajó con polvos de tres granulometrías diferentes, correspondientes a caliza ($\rho = 2650 \text{ kg/m}^3$), filler calcáreo ($\rho = 3150 \text{ kg/m}^3$) y cuarzo molido ($\rho = 2530 \text{ kg/m}^3$). De las curvas de grado de eficiencia de cada material, se determinaron los respectivos valores de x_{50} (tamaño de partícula para el cual la eficiencia fraccional de separación es del 50%).

Se calculó la eficiencia fraccional aplicando los modelos de Leith y Licht, del número de vórtices y de Dirgo y Leith. Se trabajó con un separador ciclónico de tipo Stairmand considerando diferentes temperaturas de operación y caudales de entrada, respetando que la relación de velocidad de entrada (V_i)/velocidad de saltación (V_s) (valor de V_i al que ocurre el fenómeno de resuspensión del sólido) sea de 1.25, valor correspondiente a la máxima eficiencia de colección.

Los resultados muestran mayor eficiencia fraccional para el filler calcáreo, lo que está en concordancia con el mayor contenido de partículas pequeñas que contiene este polvo. Los modelos de Dirgo y Leith y el modelo de número de vórtices presentan curvas similares, mostrando un valor de x_{50} mejor definido que el obtenido a partir de la teoría de Leith y Licht.

Las curvas de grado de eficiencia obtenidas con los dos primeros modelos indican menor eficiencia fraccional que la obtenida a partir de Leith y Licht. Cabe aclarar que este último modelo es, en términos generales, menos confiable debido a que el peso relativo de los parámetros geométricos es mayor que el correspondiente a las variables de operación.

02RQ. DESARROLLO DE GELES ESTABLES DE SEPIOLITAS NACIONALES PARA LIBERACIÓN CONTROLADA DE DROGAS

CASTILLO, L.1; LESCANO, L.2; MARFIL, S.2; BARBOSA, S.1; MAIZA, P.2

1. Planta Piloto de Ingeniería Química – (Universidad Nacional del Sur– CONICET)

2. Departamento de Geología – (Universidad Nacional del Sur–CIC–CONICET)

lcastillo@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

El interés tecnológico e industrial de las sepiolitas se ha incrementado notablemente en función de las diversas prestaciones que este mineral puede ofrecer. Sus usos más frecuentes van desde fotocatalisis, adsorción de metales pesados, soporte de nanopartículas metálicas con biocida o propiedades plasmáticas, soporte de vacunas, conductores electrónicos o como refuerzo en compuestos de base polimérica. Este amplio campo de aplicaciones se sustenta en que la sepiolita presenta características especiales tales como estructura fibrosa, elevada área superficial, porosidad, presencia de canales internos, morfología cristalina y actividad superficial, entre otras.

Este mineral, debido básicamente a sus características absorbentes, posee la habilidad de formar suspensiones estables con una elevada viscosidad y a bajas concentraciones. Estas suspensiones forman verdaderos geles con propiedades interesantes de liberación controlada de diversas drogas (Viçosa *et al.*, 2009). Los principales solventes utilizados son el agua y otros que forman puente hidrógeno con los hidroxilos superficiales del mineral. En tal sentido, estos materiales son muy amigables con el medio ambiente.

Los mayores depósitos de este mineral se encuentran en España y son ampliamente explotados. Sin embargo, en la Argentina, particularmente en Mina La Adela (Río Negro), se han hallado yacimientos de sepiolita con desarrollo cristalino diferencial, superando en algunos casos los 8 cm de longitud, lo que la hace destacable frente al resto de las sepiolitas.

En este trabajo se propone el uso de las sepiolitas nacionales para la formación de geles estables, en base acuosa, conservando mayoritariamente su desarrollo cristalino, pero separando las fibras a niveles nanométricos. La principal ventaja es que éstas aumentan notablemente su relación de aspecto (longitud/diámetro), incrementando sus entrelazamientos físicos y obteniendo geles más rígidos y estables con menor concentración de mineral. Se prepararon geles con distinta concentración, en ultrasonido, a fin de encontrar las condiciones óptimas para la obtención del gel estable para una factible aplicación de liberación controlada. Se estudió la influencia de la concentración de sepiolita y tiempo de exposición al ultrasonido. La estabilidad del gel se caracterizó usando técnicas reológicas a través de reometría rotacional a temperatura ambiente. Las propiedades viscoelásticas del gel se relacionaron con la estructura del mismo, que fue caracterizada por Microscopía Electrónica de Barrido.

Referencias

Viçosa, A.L.; Gomes, A.C.O.; Soares, B.G.; Paranhos, C.M. (2009). Effect of sepiolite on the physical properties and swelling behavior of rifampicin-loaded nanocomposite hydrogels. EXPRESS Polymer Letters, 3 (8): 518–524.

03RQ. PLASTIFICACIÓN DE METALES USANDO SILANOS COMO COMPATIBILIZANTES. ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE REACCIÓN

ETCHEVERRY, M.*; ZANINI, G.*; BARBOSA, S.**

***INQUISUR; Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur. Av. Alem
1253, 8000 Bahía Blanca- Argentina**

**** PLAPIQUI (UNS-CONICET), Camino La Carrindanga, Km 7, 8000 Bahía
Blanca- Argentina**

mariana.etcheverry@uns.edu.ar

RESUMEN

La modificación de las superficies metálicas a través del uso de pinturas y recubrimientos poliméricos, es el mecanismo más común de introducirle nuevas propiedades para aplicaciones de mayor valor agregado. La función primaria de esos recubrimientos es generalmente aislar del medioambiente al metal para evitar su oxidación. Sin embargo, los métodos actuales de procesamiento y protección como pintado, laminación por extrusión y laminación por calor, están en general limitados por los requerimientos de procesamiento de los polímeros y el desafío de establecer una interfase estable entre el recubrimiento y el metal. En los recubrimientos convencionales, la adhesión de los polímeros a la superficie del metal depende de interacciones no específicas. La destrucción de la interfase metal-polímero resulta en una falla estructural y/o funcional, y a la larga, deviene en un daño por corrosión irreversible. Estos daños constituyen enormes pérdidas económicas en los países industrializados.

Dentro de los sistemas más usados para modificar las superficies metálicas, el uso de los agentes de acoplamiento de tipo alquiltrialcoxisilanos han atraído considerable atención en los últimos años, particularmente como reemplazo potencial de los tratamientos tóxicos con hexacromo y de otros tratamientos superficiales tradicionales como galvanizado, electrogalvanizado, zincado, etc. Una estrategia alternativa para la formación de recubrimiento poliméricos funcionales sobre la superficie metálica, es la polimerización in-situ desde grupos reactivos sobre la superficie para formar polímeros “químicamente pegados” formando cadenas que crecen desde la superficie. Este polímero, dependiendo del largo y de la frecuencia y distribución de su anclaje, permitirá formar una película homogénea sobre el metal, mejorando notablemente la resistencia a la corrosión por limitación a la difusión de los agentes corrosivos hacia la superficie metálica.

El objetivo de este trabajo es optimizar las condiciones de reacción de silanado sobre láminas de Fe puro (> 99%) para su posterior polimerización con poliestireno (PS). La reacción propuesta se llevó a cabo sobre la capa de óxido inherente a todo metal activo y que particularmente en el Fe es muy adherente. Sobre ella se injertó 3-(trimetoxisilil)propil metacrilato, en solución de isopropanol al 95%, ajustando el pH con ácido acético. Se analizó la influencia de la concentración de silano y la temperatura de reacción sobre la ocurrencia y homogeneidad del recubrimiento obtenido. Todas las superficies se caracterizaron mediante micro-FTIR, lo que permitió determinar la presencia de los grupos funcionales que avalan la ocurrencia de la reacción.

04RQ. ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL TUBO DE RANQUE HILSCH

PROVENZANO, P. G.¹, TOLABA, M. P.², AGUERRE, R. J.¹

¹Depto. de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, 6700 Luján, Argentina.

E-mail: rjaguerre@gmail.com

²Depto. de Industrias - Fac. de Cs. Exactas y Naturales -UBA - Bs As – Argentina.

RESUMEN

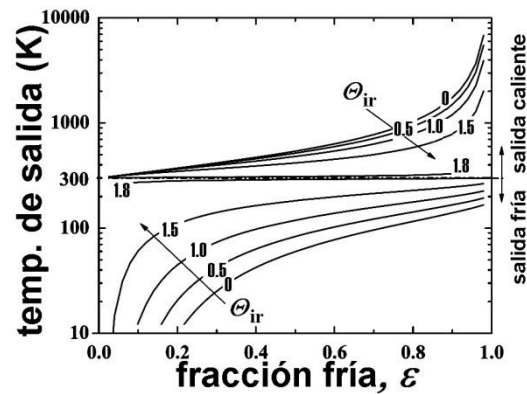
Este trabajo se basa en el modelo de circulación secundaria propuesto por Ahlborn. Se presentan modificaciones al mismo que permiten simular adecuadamente el comportamiento del Tubo de Ranque Hilsch. Se estudia la influencia de cámara vortex y el flujo compresible (dinámica de gas), en el análisis de la tobera de entrada. Finalmente, se definen las eficiencias térmicas, se analizan y se relacionan con las propiedades de entrada y salida del gas. La Figura.1 muestra el volumen de control considerado en el análisis termodinámico. Este volumen de control se toma como caja negra. Para el análisis, sólo las propiedades de gas en las paredes, en la admisión y escape son de interés, es decir, para el análisis no deben considerarse detalles del proceso interno. En este sistema, hay tres límites abiertos: A_i . Las propiedades de gas en estos límites abiertos son: $p_i, T_i, \rho_i, V_i, H_i$, con subíndice $i = in$ (entrada), h (salida caliente), c (salida fría). En estado estacionario, el balance macroscópico de materia, la primera ley de la termodinámica y la segunda ley de la termodinámica, en condiciones adiabáticas conduce a:

$$T_h^{1-\varepsilon} T_c^\varepsilon = T_{in} \left(\frac{P_a}{P_{in}} \right)^\Gamma \exp(\Gamma \Theta_{ir}) \quad \text{con} \quad \Theta_{ir} = \frac{\dot{S}_i}{\dot{m}_{in} R_m} \geq 0$$

Si $T_{in} = 300$ K, $p_{in} = 608$ kPa, $p_h = p_c = p_a = 101$ kPa, se obtienen dos temperaturas de salida para diferentes fracciones frías ε , y diferentes valores de Θ_{ir}

Para evaluar el Tubo de Ranque Hilsch como maquina térmica, puede utilizarse como referencia la eficiencia del ciclo de Carnot. Se obtienen así las expresiones:

$$\eta_{cn,cr} = \frac{\varepsilon (T_{in} - T_c)^2}{\Gamma T_{in} T_c \ln \left(\frac{P_{in}}{P_c} \right)}; \quad \eta_{cn,hp} = \frac{(1-\varepsilon)(T_h - T_{in})^2}{\Gamma T_{in} T_h \ln \left(\frac{P_{in}}{P_c} \right)}$$



Se ha realizado el análisis termodinámico y encontrado expresiones de las eficiencias del Tubo de Ranque Hilsch. El análisis termodinámico sugiere que el proceso puede ser considerado como una compresión y expansión isentrópica. Se encontró que el efecto de Ranque-Hilsch existe solo cuando el factor de irreversibilidad es menor que el valor crítico, que sólo depende de la relación de presiones p_{in}/p_0 . Con el modelo de Ahlborn modificado, se encuentra que la relación de presión depende también de la geometría de la cámara del Tubo de Ranque-Hilsch. Por último se han encontrado, las relaciones entre las tres temperaturas (T_{in}, T_h, T_c), la fracción fría ε y la relación de presión. El modelo de Ahlborn modificado muestra que el rango de las relaciones de temperatura predicha es menor que la de modelo de Ahlborn en las mismas condiciones de funcionamiento.

**05RQ. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE PROCESO SHREDDER Y
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO COMO AGREGADOS EN
MATERIALES CERÁMICOS**

QUARANTA, N. E.^{1#}; PELOZO, G. G.¹; CRISTOBAL A.²

¹Grupo de Estudios Ambientales – Facultad Regional San Nicolás – Universidad Tecnológica Nacional.

[#]Investigador CIC.

²Instituto INTEMA, CONICET, Universidad Nacional de Mar del Plata.

gpelozo@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

La recuperación de metales provenientes de vehículos fuera de uso, electrodomésticos y otros tipos de chatarra metálica consiste en la fragmentación de estos artículos y luego la recuperación de los metales del material fragmentado. La fracción no metálica remanente, comúnmente llamada residuo de trituradora de automóviles (ASR: Automotive Shredder Residue) o finos de merma de proceso Shredder, está constituida por plásticos, vidrio, caucho, textiles, papel, piezas metálicas residuales, arena y tierra; y normalmente se dispone en vertederos. Actualmente, la reducción de este residuo se realiza mediante incineración en procesos termo mecánicos, como pirolisis o gasificación. Es posible su aplicación en hornos de cemento y procesos metalúrgicos, prestando atención al posible impacto ambiental.

En este trabajo se estudia el residuo ASR, proveniente de una empresa siderúrgica, seleccionando como muestra el material pasante de malla 2mm. Con el fin de determinar su propiedades fisicoquímicas y microestructurales y su aptitud ambiental para ser reutilizado como agregado fino en mezclas arcillosas, se emplearon diferentes técnicas de caracterización del material residual tales como microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido, análisis dispersivo en energía de rayos X, difracción de rayos X, análisis de tamaño y morfología de partículas, análisis térmico diferencial y termo gravimétrico, pérdida de peso por calcinación, sólidos solubles, conductividad y pH, análisis de lixiviados y análisis de emisiones durante la calcinación.

Este residuo presenta una composición química con importantes contenidos de Fe, C y Na. Su aspecto microscópico es muy heterogéneo debido a la diversidad de compuestos que lo integran. Presenta una pérdida de peso por calcinación menor a 3% y un contenido de sólidos solubles muy bajo, lo que concuerda con los resultados de los ensayos de pH y conductividad realizados. El análisis de emisiones de este material presenta CO₂ en el rango 300°C-500°C que no superan los 600 ppm.

El análisis de estos resultados conduce a establecer una alta factibilidad de uso de este residuo en mezclas con arcilla comercial, que resulten adecuadas a procesos industriales de ladrillos cerámicos.

Teniendo en cuenta los componentes mayoritarios resultantes de mezclas con contenidos de hasta 30 % de descarte, se estudiaron los diagramas de fases correspondientes para establecer el rango de temperaturas de sinterización probable.

06RQ. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES REFRACTARIOS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

QUARANTA, N.^{1#}; CRISTOBAL A.²; DÍAZ, O¹.

**¹Grupo de Estudios Ambientales – Facultad Regional San Nicolás – Universidad
Tecnológica Nacional.**

[#]Investigador CIC.

²Instituto INTEMA, CONICET, Universidad Nacional de Mar del Plata.

odiaz@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Los refractarios son materiales que en condiciones de servicio resisten elevadas temperaturas, erosión, abrasión, impacto, ataque químico. No constituyen materias primas del proceso de fabricación del acero, pero su utilización y selección implican una parte importante en la producción y en el costo final del producto, formando parte de revestimientos de hornos, canales de colada, etc., por lo que resulta cada vez más importante el reciclaje o reutilización de los mismos.

Para el diseño de mezclas y la incorporación de los residuos en la fabricación de nuevos materiales es indispensable su análisis físico químico y caracterización microestructural, constituyendo este el objetivo fundamental de esta investigación.

La metodología de trabajo consiste en una primera etapa de la selección de las diversas muestras de refractarios post mortem, que son sometidas a molienda. Luego se utilizan diferentes técnicas analíticas de caracterización tales como: distribución de tamaño y morfología de partículas, microscopías óptica y electrónica de barrido, análisis químico por espectroscopía de dispersión electrónica de rayos X, difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y termo gravimétrico, test de lixiviados, entre otras.

Los resultados iniciales realizados evidencian una gran diversidad de composiciones y estructuras, pero sin embargo pueden clasificarse en dos grandes grupos: refractarios silicoaluminosos y refractarios de MgO-C. Estos últimos pueden contener diversos aditivos metálicos como Si, Al, Fe, observados en los análisis realizados.

El ensayo de difracción de rayos X permite determinar las fases cristalinas presentes en cada muestra, en vista de analizar la compatibilidad en relación a posibles mezclas entre muestras de composiciones similares.

La caracterización exhaustiva de los residuos objeto de estudio, permite proceder al diseño de mezclas con la incorporación de los mismos en la fabricación de nuevos materiales, aptos para su uso como refractarios o como mampuestos cerámicos de uso civil. Los resultados obtenidos indican propiedades aceptables en estos descartes industriales en relación a las características fisicoquímicas y ambientales que permitan su factibilidad de reuso en las aplicaciones mencionadas.

07RQ. CERÁMICA ROJA A PARTIR DE ARCILLA COMERCIAL CON INCORPORACIÓN DE LODOS DE ALTO HORNO

QUARANTA N., UNSEN M., LÓPEZ H.

**Grupo de Estudios Ambientales – Facultad Regional San Nicolás – Universidad
Tecnológica Nacional**
munsen@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Durante la producción de acero, por cada tonelada de producto obtenido se generan entre dos y cuatro toneladas de descartes diversos. Entre estos residuos sólidos pueden mencionarse escorias, lodos de alto horno, lodos de acería, polvos blancos de calcinación, polvos rojos de procesos de decapado químico, entre otros.

En Argentina si bien se está instalando el concepto de reciclado en el sector industrial desde un punto de vista ético-ambiental, el desarrollo de procesos de reciclado o reutilización de los descartes en la mayoría de los casos aún se encuentra condicionado por una evaluación netamente económica.

En este trabajo se ha estudiado la factibilidad de incorporar un material residual proveniente de una industria siderúrgica, lodos de alto horno, en la fabricación de mampuestos cerámicos.

Se prepararon mezclas de arcilla comercial con el agregado de lodos secos en proporciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en peso. Ambas materias primas (arcilla y residuo) se utilizan con la distribución granulométrica original, con un único control de tamaño máximo de partida de 1,7 mm. Todas las mezclas con un agregado de 8% de humedad se conformaron en moldes de 70 mm x 40 mm, resultando probetas con espesores de aproximadamente 20 mm, utilizando una presión de compactación de 25 MPa. Estas probetas se trataron térmicamente a 950 °C durante 3 horas (velocidad de calentamiento 1°C/min), reproduciendo las condiciones utilizadas en el proceso industrial.

El material residual ha sido exhaustivamente caracterizado desde el punto de vista fisicoquímico y ambiental [1], por técnicas de distribución de tamaño de partículas, microscopía óptica y electrónica, difracción de rayos X, dispersión electrónica de rayos X, análisis termogravimétrico y térmico diferencial, test de lixiviados, entre otras. La caracterización de los productos obtenidos se realizó orientada a la determinación de su aptitud comercial: porosidad y absorción de agua, variación volumétrica permanente y determinación de propiedades mecánicas, entre otras.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que es posible incorporar importantes cantidades del descarte estudiado a las arcillas comerciales utilizadas para la producción de ladrillos cerámicos, estableciendo así una alta factibilidad de reutilización para su aprovechamiento en la industria de la construcción.

[1] N. Quaranta, M. Caligaris, H. López, M. Unsen, N. Lalla, G. Pelozo and A. Cristobal. "Environmental aptitude analysis of residues from metallurgical industries for their reutilization in diverse uses". *Procc. Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. R. Cossu, P. He, P. Kjeldsen, Y. Matsufuji, D. Reinhart, R. Stegman Eds. CD614, pp1137, (2011).

08RQ. DEPOSICIÓN ELECTROLÍTICA DE ALEACIONES DE NI-CU-W SOBRE SUSTRATOS METÁLICOS

**OMAR ARAB^A, NANCY BERTANI SILVIA CLAVIJO^A, FRANCISCO MEMBRIVES^A,
MARIA JOSE SANTILLAN^A**

^A Grupo Materiales, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, UNCuyo, Argentina
fmembriv@fcai.uncu.edu.ar , scclavijo@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

Los tratamientos aplicados por procedimientos electroquímicos tienen como fin, proteger la superficie a tratar contra la corrosión o el desgaste, o también simplemente buscar el embellecimiento superficial. Las piezas de acero recubiertas mediante la deposición electrolítica de níquel-cobre-wolframio (Ni-Cu-W) se caracterizan por su dureza, su resistencia al desgaste y a la corrosión. También se los utiliza, como base para tratamientos posteriores con fines decorativos. Su durabilidad es superior a la de los recubrimientos de Ni químico obtenidos mediante el mismo procedimiento. Además, las películas de Ni-Cu-W, presentan una alta adherencia del film al sustrato. Lo novedoso de este tipo de recubrimiento radica en la posibilidad de servir como base para recubrimientos de diferentes composiciones, con el fin de aumentar la dureza del sustrato y de servir a fines decorativos. En este trabajo se utilizan probetas de acero, las que se recubren con aleación Ni-Cu-W, mediante deposición electrolítica; se estudian las características y parámetros que influyen en la velocidad de la deposición, tales como densidad de corriente, pH, temperatura del baño y naturaleza del ánodo empleado. Como conclusión, se analiza el comportamiento del recubrimiento frente a la corrosión. Los resultados muestran que es posible emplear películas de aleación de Ni-Cu-W con fines anticorrosivos y para recubrir acero, que servirán de base para tratamientos posteriores con wolframio-cobalto o cromo hexavalente.

09RQ. EFECTO DE LA FUNCIONALIDAD DEL ENTRECruzANTE EN GOMAS MODELO DE SILICONAS

GONZALEZ, V. A.; SARMORIA, C.; CIOLINO, A. E.; VALLÉS, E. M.

**Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Camino La Carrindanga Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires – Argentina
E-mail: vagonzalez@plapiqui.edu.ar**

RESUMEN

La silicona es un polímero inorgánico con propiedades muy interesantes. Es inerte y estable a altas temperaturas, lo que la hace útil en diversas aplicaciones industriales. Modificando químicamente estas cadenas con el agregado de un agente entrecruzante se obtienen lo que se conoce como elastómeros o gomas, en los cuales las cadenas están unidas entre sí formando un esqueleto reticulado, dando al material características de un sólido. Durante los últimos años se han desarrollado diversos trabajos cuyo objetivo es interpretar la relación que existe entre la estructura molecular y las propiedades físicas macroscópicas de las redes de polímero. Se sabe, a partir de la teoría de elasticidad de las gomas, que la funcionalidad del reactivo entrecruzante incide profundamente en las propiedades de los elastómeros. Para poder apreciar si estas predicciones se corresponden con la realidad, es necesario comparar las propiedades de redes entrecruzadas por reactivos que difieran notoriamente en su funcionalidad. Las diferencias medidas en las propiedades de redes preparadas con puntos de entrecruzamientos tri y tetra funcionales, obtenidas a partir de reactivos comúnmente disponibles, son poco perceptibles y, por consiguiente, menos convenientes para evaluar las predicciones teóricas. Debido a esto, en este trabajo se sintetizaron gomas haciendo reaccionar cadenas lineales de un prepolímero difuncional monodisperso con entrecruzantes de alta funcionalidad, del tipo dendrímeros, en presencia de un catalizador de platino. Los dendrímeros se sintetizaron utilizando técnicas convencionales, partiendo de tetravinilsilano como molécula central y diclorometilsilano como unidad de propagación y crecimiento, para dar generaciones con 8 y 16 extremos reactivos. Como prepolímero se empleó polidimetilsiloxano modelo sintetizado por polimerización aniónica. Las redes obtenidas se caracterizaron mediante ensayos dinámicos a distintas temperaturas, utilizando geometría de platos paralelos determinándose el módulo elástico o de almacenamiento ($G'(\omega)$) y el módulo de pérdida o viscoso ($G''(\omega)$) en función de la frecuencia. Luego de estas mediciones reológicas, se realizó la extracción de material soluble utilizando tolueno como solvente obteniendo la fracción en peso de material soluble y el grado de hinchamiento de equilibrio de las redes preparadas. A través de los resultados obtenidos se demuestra la magnitud en que el cambio de la funcionalidad de los puntos de entrecruzamiento afecta los valores de los módulos de elasticidad. En sí, un aumento en la funcionalidad se traduce en un aumento de $G'(\omega)$.

10RQ. DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE YODO POR OXIDACIÓN DE N, N-DIMETIL-p-FENILENDIAMINA

ARAYA, M.¹; NICKEL, U.²; SAÁ, G.³

1. Facultad de ciencias, Departamento de Química – Universidad de la Serena, Domingo Iñiguez 2484, Coquimbo – Chile.
E-mail: mmaraya@userena.cl
2. Institut für Physikalische Chemie I, Friedrich-Alexander Universität Erlangen Nürnberg, Egerlandstr. 3 D-91058, Erlangen – Alemania.
E-mail: Ulrich.nickel@chemie.uni-erlangen.de
3. Facultad de ciencias, Departamento de Química – Universidad de la Serena, Colina el pino, La Serena – Chile.
E-mail: gaa@userena.cl

RESUMEN

Se ha desarrollado un método espectrofotométrico para la determinación in situ de yodo. La molécula de N,N, dimetil-p-fenilendiamina (DMPPD), en un rango de pH 3-6, y manteniendo una relación DMPPD-oxidante (20:1), experimenta una reacción de “syn-proporción”, donde la quinona formada por la oxidación del yodo, reacciona con el exceso de DMPPD produciendo el doble de la concentración de la especie semiquinondiimina, estable en estas condiciones y con una marcada absorbancia a 550nm (ξ 10000). La absorbancia es proporcional a la concentración de yodo, y ésta puede ser calculada. Curvas de calibración pueden ser construidas con un R=0,998. La aplicabilidad del método es amplia aún en matrices alcohólicas, y funciona aún cuando se encuentra el yodo como yodato.

Introducción

El yodo juega un papel principal en muchas determinaciones de química analítica. El problema que presentan los métodos volumétricos tradicionales, es que dependen de patrones secundarios para su estandarización, como la dependencia yodo-tiosulfato. El método aquí estudiado proporciona una alternativa para la cuantificación de yodo, utiliza bajas concentraciones y pequeños volúmenes.

Objetivo

Desarrollar una metodología espectrofotométrica simple, reproducible y robusta para la cuantificación de yodo.

Metodología.

Se preparó 1mM de DMPPD 2HCl bajo corriente suave de argón y 0.1mM solución de yodo (I_3^-). Dos cubetas de cuarzo de 1.0cm son utilizadas, referencia y muestra. Para la medida ambas cubetas deben contener 1000 μ L de la solución de DMPPD y 1000 μ L de agua destilada, entonces auto cero. Luego a la referencia se agrega 500 μ L de agua, y a la muestra 500 μ L de la solución de yodo y se mide a 550nm.

Resultados

El método puede ser aplicado a muestras de yodo aún en matriz alcohólica. El rango de aplicación de pH es de 3-7. Se puede liberar el yodo con exceso de KI, para muestras que contienen yodo como yodato. Algunas desviaciones pueden ocurrir a concentraciones mayores a 0.3mM.

Conclusión

La reacción de oxidación de DMPPD proporciona una manera simple y exacta de cuantificación de yodo. Una buena precisión, reproducibilidad, sensibilidad y aplicabilidad son demostradas.

11RQ. MEJORA EN LAS PROPIEDADES DE BARRERA DE PELÍCULAS DE POLIETILENO USANDO SPRAY DE NANOPARTÍCULAS MINERALES

GRAFIA, A. L.; BARBOSA, S. E.

Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI) – Universidad Nacional del Sur
agrafia@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

El polietileno (PE) es la poliolefina más utilizada debido a su inmejorable relación propiedades-costo- performance. Por esta razón se utiliza como base de la mayoría de los envases plásticos flexibles. No obstante, su aplicación como envase activo para alimentos y productos farmacéuticos se ve limitada por su alta permeabilidad al oxígeno y a otros gases como los aromas. Una de las formas más comunes para mejorar las propiedades de barrera del PE es mediante la introducción de partículas de filosilicatos laminares o aciculares. Esto se consigue por distintos mecanismos dentro de los cuales los más importantes son los de aumento de tortuosidad y de interacciones fisicoquímicas con la matriz polimérica (ej. aumentando la cristalinidad). Así entonces, la dispersión de las partículas en la matriz polimérica es un factor crucial en la reducción de la permeabilidad a gases. Existen diferentes procedimientos para preparar estos materiales, entre los que se destacan la polimerización in situ, en solución y el mezclado en fundido. En el caso del PE lo más usado es el mezclado en fundido que, aunque se aplica industrialmente, para obtener una buena dispersión requiere la modificación previa tanto de la carga como de la matriz. La compatibilización carga-matriz afecta la sencillez, practicidad y costos de operación.

En este trabajo se propone disminuir la permeabilidad a gases de películas de PE incorporando partículas minerales mediante un novedoso método de procesamiento. Se usan tres tipos de partículas: una de estructura acicular, sepiolita y dos de estructura laminar: montmorillonita y talco. La particularidad del procedimiento propuesto reside en que las nanopartículas agregadas forman “capas” sobre la superficie del PE. Estas “capas” actúan como impedimento al paso de gases disminuyendo los valores de permeabilidad y mejorando las propiedades de barrera. Se trabaja directamente sobre películas comerciales aplicando spray de suspensiones de filosilicatos en un sencillo proceso de fácil extensión tecnológica.

Con el objeto de optimizar la dispersión se examinaron distintas concentraciones de mineral así como distintos solventes. También, se testeó la adherencia mineral-PE para lo cual, una porción de cada muestra fue sometida a un intenso lavado con agua bajo ultrasonido durante 2hs. Todas las muestras, tanto lavadas como no lavadas, se caracterizan usando Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), microanálisis de rayos x por energía dispersiva (EDX), Espectroscopía Infrarroja por transformadas de Fourier en modo de Reflectancia Total Atenuada y las propiedades de barrera se evaluaron mediante las medidas de permeabilidad a vapor de agua y oxígeno obteniéndose una notable mejora.

12RQ. OBTENCIÓN DE PARTÍCULAS CON ACTIVIDAD ESPECÍFICA A PARTIR DE MINERALES DE BAJO COSTO

GRAFIA, A. L.; CASTILLO, L. A., BARBOSA, S. E.

Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI) – Universidad Nacional del Sur
agrafia@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

Los filosilicatos son un grupo de minerales que se caracterizan por su disposición en capas de hábito hojoso o escamoso, muy abundantes en la corteza terrestre, de bajo costo y gran aplicabilidad industrial. La importancia comercial radica en sus cualidades tecnológicas tales como elevada superficie específica, óptimas propiedades reológicas y excelentes capacidades sorpcitivas. Aprovechando estas características y combinándolos con especies químicas de interés, se pueden obtener nuevos materiales “activos”, con los más variados propósitos. A su vez, se logra ampliar el rango de utilidad y agregar valor a los mismos.

El uso de partículas minerales como portadoras de actividad biocida ha ganado especial interés en los últimos años debido al creciente empleo de materiales compuestos cargados con filosilicatos en aplicaciones biomédicas y a la reglamentación cada vez más exigente relacionada con la inocuidad microbiológica de productos y procesos en industrias como la alimenticia y farmacéutica. De acuerdo a la especie química utilizada para modificar el mineral, se pueden dividir en dos clases: materiales biocidas inorgánicos, modificados con cationes de metales como Ag^+ , Cu^{2+} y Zn^{2+} y orgánicos, modificados con haluros de alquilamonio, acetato de clorhexidina, clorofenol, etc. A pesar de la baja estabilidad comparada con los materiales inorgánicos, los orgánicos presentan algunas ventajas sobre los primeros. Las condiciones de síntesis y almacenaje son menos estrictas y se mejora la compatibilidad con matrices de predominante carácter orgánico como lo son las textiles, pinturas, poliméricas, etc.

En este trabajo se propone la obtención de materiales activos a partir de distintos filosilicatos por combinación con especies aromáticas, de propiedades antisépticas, como el azul de metileno y violeta cristal, y de propiedades antifúngicas, como el ácido benzoico. Se llevaron a cabo diferentes experimentos de adsorción por contacto directo del filosilicato con la solución de la especie química activa. En tal sentido, se exploraron distintas condiciones de concentración, tiempo, agitación, y temperatura con el fin de encontrar las condiciones óptimas. Finalmente, se verificó la adsorción de cada compuesto en el mineral por espectroscopía de infrarrojos (FT-IR) y se evaluó la capacidad de adsorción a través de medidas de absorbancia ultravioleta (UV) del sobrenadante. Los resultados fueron positivos, indicando el éxito de la modificación. Posteriormente, se plantea llevar a cabo estudios microbiológicos con el fin de probar la eficacia de la actividad biocida.

13RQ. MODIFICACION DE POLIESTIRENO COMERCIAL EMPLEANDO COPOLÍMEROS BLOQUE DE PS-*B*-PDMS

NINAGO, M.; CIOLINO, A.; VILLAR, M.

Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET)

Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur

E-mail: mninago@plapiqui.edu.ar, aciolino@plapiqui.edu.ar , mvillar@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

El poliestireno (PS) es un polímero ampliamente utilizado en la industria debido a la facilidad de su fabricación y sus buenas propiedades. Posee baja densidad, alta estabilidad térmica y bajo costo. Una de sus principales características es que permite ser procesado en fundido, siendo uno de los termoplásticos de mayor uso a nivel industrial. El hecho de ser rígido y quebradizo a temperatura ambiente es una de sus desventajas. Por tal motivo, es común que se lo modifique mediante la incorporación de polímeros que mejoren dicha propiedad. El PS de alto impacto (HIPS) es una mezcla de reactor de PS homopolímero y copolímero de injerto (PS-*g*-PB). El PB se incorpora al estireno monómero el cual polimeriza en presencia de éste formando además de homopolímero, un copolímero de injerto mejorando sus propiedades mecánicas a baja temperatura. Entre las principales aplicaciones que posee, se encuentra la fabricación de electrodomésticos, juguetes, etc. En este trabajo se estudió la modificación de PS comercial mediante simple mezclado en fundido con copolímeros dibloque (PS-*b*-PDMS). El motivo por el cual se eligió mezclar al PS comercial con el copolímero, se debe principalmente a que el bloque de PS actúa como compatibilizante. Para llevar a cabo la modificación, se eligió PS cristal (homopolímero) y copolímeros bloque de poli(estireno-*b*-dimetilsiloxano) (PS-*b*-PDMS) sintetizados en el laboratorio. La modificación se llevó a cabo en una mezcladora rotacional Brabender® Plastograph a 200°C y se eligió una carga del 5% de copolímero, similar al contenido de PB empleada en la síntesis de HIPS. De los ensayos mecánicos realizados, se observó un incremento cercano al 300 % en la elongación a la rotura para el PS modificado con el copolímero con mayor contenido de PDMS ($w_{PDMS} = 0,54$), lo cual demuestra, que la incorporación de un copolímero al PS comercial mejora su elongación cuando es sometido a esfuerzos de tracción. Asimismo, ensayos térmicos mostraron que la temperatura de transición vítrea del PS modificado no mostró cambios significativos comparados con el PS cristal (homopolímero).

14RQ. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD AMBIENTE SOBRE EL COMPORTAMIENTO DIELECTRICO DE COMPUESTOS DE BATIO₃/EPOXI

GONZALEZ AGUILAR, C; RAMAJO, L; REBOREDO, M; CASTRO, M

INTEMA (CONICET – UNMdP) - Facultad de Ingeniería, Juan B. Justo 4302 -
(7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

E-mail: mcastro@fi.mdp.edu.ar, mrebored@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

Las resinas epoxi y sus derivados compuestos particulados son ampliamente usados en las industrias aeroespacial, automotriz, de los revestimientos y en la microelectrónica. La absorción de humedad durante su uso en ambientes ingenieriles de servicio pueden deteriorar todas las propiedades de estos materiales. Generalmente, muchos factores influyen en el proceso de absorción de agua, como por ejemplo el número de grupos hidroxilo y la temperatura de transición vítrea de la resina epoxi, así como la presencia de una segunda fase dispersa. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es determinar el comportamiento de la matriz polimérica, y del compuesto en distintos ambientes húmedos (80%, 50% y 30% de humedad relativa) y a temperatura constante.

Se utilizó una resina epoxi tipo bisfenol A, denominada D.E.R. 331, con un agente de curado D.E.H. 24 (12,5 % p/p), ambos de Dow Chemical, junto con un diluyente reactivo Epodil 747 (10% p/p) y tetrahidrofurano (9% p/p) (THF) para disminuir la viscosidad.

Para la formación de los compuestos se utilizó Titanato de Bario (TAM Ceramics Inc.), que se dopó con 0.6% mol de óxido de niobio (Nb₂O₅, Aldrich) mediante el mezclado en medio alcohólico, evaporación del alcohol y tratamiento térmico a 1350°C durante 3 horas.

Finalmente, el material obtenido se molió con mortero de ágata en una primera etapa, y luego se continuó la molienda en un molino planetario y se tamizó. Posteriormente, se formularon los compuestos con 0, 10, 20 y 30% de carga cerámica en la matriz epoxi. Los compuestos se curaron a 120 °C durante 2 horas. Se determinaron las propiedades dieléctricas (permitividad y pérdidas dieléctricas) de las muestras para cada uno de los tiempos utilizando un impedancímetro Hewlett Packard 4284A en el intervalo de frecuencias de 20 Hz a 1 MHz.

Los resultados obtenidos, muestran que las propiedades dieléctricas aumentan con la absorción de humedad, y que este aumento es mayor en las placas expuestas a ambientes más húmedos. Asimismo, se determinó que el agregado de la carga cerámica además de incrementar las propiedades dieléctricas de los materiales compuestos, también disminuye la absorción de agua en los ambientes húmedos.

15RQ. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ZnO

CRUZ, M; CASTRO, M; REBOREDO, M

INTEMA (CONICET – UNMdP) - Facultad de Ingeniería, Juan B. Justo 4302 -
(7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

E-mail: mcastro@fi.mdp.edu.ar, mrebored@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

El óxido de cinc (ZnO) es uno de los materiales semiconductores más promisorios debido a sus múltiples aplicaciones, especialmente en el campo de la optoelectrónica por sus excelentes propiedades ópticas y buena estabilidad térmica y química. Si bien al presente se han usado un gran número de métodos de síntesis, aún resulta dificultoso lograr el control del tamaño y la forma de las partículas obtenidas. Por otro lado, la ruta de síntesis sonoquímica se ha convertido en una opción para obtener una gran variedad de materiales nanoestructurados. En este sentido, se pueden controlar diferentes factores a través de cambios en la potencia de sonicación, en los precursores químicos o el pH de la mezcla de reacción.

Se sintetizaron nanopartículas de ZnO mediante la adición de una solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH) a una solución de sulfato de cinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) o de acetato de cinc ($\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), respectivamente. Se utilizaron diferentes valores de pH de trabajo (9 - 12.5). Luego, a cada muestra se le aplicó una potencia de sonicación de 65W, utilizando una sonda Sonics VCX 130, durante 15 minutos. Posteriormente las suspensiones fueron centrifugadas a una velocidad de 2100 rpm, y a los precipitados obtenidos se los limpiaron con agua desionizada y etanol, y fueron secados en estufa a 60° C hasta peso constante. En el caso de las muestras sintetizadas a partir de acetato de cinc, los polvos debieron ser calcinados para lograr la eliminación total de los residuos orgánicos. Los polvos fueron analizados mediante Difracción de Rayos X (DRX, Philips PW 1830/40, con radiación CuK_α) y Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR, Nicolet 6700, Thermo Scientific), mientras que la morfología y tamaño de las partículas fue analizada mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM, JEOL 6460LV).

Los resultados obtenidos mediante XRD y FTIR mostraron un mayor contenido de impurezas cuando se utilizaron los menores valores de pH independientemente del precursor utilizado. En el caso de los polvos sintetizados a partir de acetato de cinc, los residuos orgánicos fueron eliminados luego de realizar un tratamiento térmico de las muestras. Las imágenes SEM de los polvos de ZnO determinaron un cambio en la morfología de los nanopolvos obtenidos con el cambio del pH y del precursor utilizado.

16RQ. INFLUENCIA DE LA FUNCIONALIDAD DEL ENTRECRUZANTE EN LAS PROPIEDADES FINALES DE REDES MODELO DE POLIDIMETILSILOXANO CON CADENAS PENDIENTES

AGUDELO, D.C.¹; VEGA, D.A.²; VILLAR, M.A.¹

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Camino “La Carrindanga” Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina

² Instituto de Física del Sur, IFISUR (UNS-CONICET), Av. Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

E-mail: cagudelomora@plapiqui.edu.ar, dvega@uns.edu.ar, mvillar@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

Las propiedades finales de polímeros entrecruzados comerciales dependen de la estructura molecular obtenida. Sin embargo, en reacciones de entrecruzamiento al azar es difícil conocer con precisión parámetros de interés como concentración y características de las cadenas elásticas o pendientes que forman la red. Para realizar el análisis de las propiedades viscoelásticas y su relación con los diferentes parámetros moleculares es necesario conocer detalladamente la estructura molecular motivo por el cual se emplean redes modelo. Uno de los factores determinantes al estudiar las propiedades viscoelásticas de redes modelo es la funcionalidad del punto de entrecruzamiento. En trabajos previos sobre redes modelo con cadenas pendientes se ha estudiado la influencia de la funcionalidad del punto de entrecruzamiento al comparar el comportamiento viscoelástico de redes obtenidas con entrecruzantes tri- (A_3) y tetrafuncionales (A_4), observándose un cambio en las propiedades finales de las redes así como en el tiempo de relajación de las cadenas pendientes presentes en las mismas. En este trabajo se estudió la influencia de la funcionalidad del punto de entrecruzamiento sobre las propiedades viscoelásticas, mediante la caracterización molecular y reológica, de redes modelo con cadenas pendientes.

Redes modelo de PDMS fueron obtenidas por reacción entre un prepolímero difuncional, α,ω -divinilpolidimetilsiloxano (B_2), un entrecruzante octafuncional conteniendo grupos silanos (Octasilano POSS[®], A_8), y cantidades conocidas de prepolímero monodisperso monofuncional ω -vinilpolidimetilsiloxano (B_1), en diferentes concentraciones, en presencia de una sal de Pt como catalizador. Los reactivos fueron pesados para obtener mezclas estequiométricas, con distintas concentraciones de polímero monofuncional (B_1) entre 1 % y 20 %. Las redes sintetizadas fueron caracterizadas molecularmente mediante extracción de material soluble y mediante la utilización de modelos que permiten evaluar la estructura molecular en función del avance de reacción final obtenido. Desde el punto de vista reológico se caracterizaron en un reómetro rotacional, en el cual se realizaron ensayos dinámicos, obteniéndose el módulo elástico ($G'(\omega)$) y el módulo de pérdida ($G''(\omega)$), y ensayos de relajación de tensiones, con el que se obtuvo el módulo de relajación ($G(t)$).

Las propiedades viscoelásticas en redes modelo de PDMS se ven notoriamente afectadas por la presencia y concentración de cadenas pendientes y las mismas dependen de la funcionalidad del punto de entrecruzamiento.

17RQ. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE CÓPOLÍMEROS TERMOSENSIBLES PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS

LENCINA, M.M.S.¹; ANDREUCETTI, N.A.²; VILLAR, M.A.¹.

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Camino “La Carrindanga” Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

² Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur, Av. Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

E-mail: mlencina@plapiqui.edu.ar, andruce@criba.edu.ar, mvillar@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

La radiación es una técnica muy importante para la modificación de las propiedades fisicoquímicas de los materiales poliméricos, presentando atractivas ventajas tales como la simple manipulación de los materiales de partida así como la ausencia de agentes iniciadores de polimerización.

Los alginatos son biopolímeros lineales constituidos por unidades 1,4 β-D-manuronato (M) y unidades 1,4 α-L-guluronato. La N-isopropilacrilamida (NIPAAm) puede ser polimerizada con el fin de obtener poli(NIPAAm), polímero sintético termosensible que presenta una transición hidrófila-hidrófoba (LCST) a una temperatura cercana a los 32 °C.

En este trabajo se sintetizaron y caracterizaron copolímeros de injerto entre alginato y poli(NIPAAm) los cuales fueron luego entrecruzados con iones Ca⁺² para obtener hidrogeles sensibles al pH y a la temperatura, con respuesta a estímulos externos para aplicaciones biomédicas como liberación controlada de fármacos, entre otras.

La copolimerización se llevó a cabo mediante radiación gamma de ⁶⁰Co. Las muestras fueron irradiadas como soluciones acuosas de alginato y NIPAAm almacenadas en ampollas de vidrio cerradas al vacío aplicando dosis y velocidades de dosis controladas. Los materiales fueron caracterizados utilizando distintas técnicas tales como FTIR, TGA, NMR y análisis elemental. En base al análisis realizado se obtuvo el porcentaje de injerto (G%), la eficiencia de injerto (EG%) y el porcentaje de homopolímero (%H) siendo éste un material no deseado. Las reacciones de injerto fueron exitosas, observándose una correspondencia entre el contenido de NIPAAm en el copolímero y la intensidad relativa en las bandas en el espectro FTIR características del NIPAAm frente a las propias del alginato. Los termogramas presentaron tres pérdidas de masa correspondientes a la deshidratación (~ 120°C), a la degradación del alginato (~ 250°C) y a la degradación del poli(NIPAAm) (~ 400°C.) A partir de los resultados de análisis elemental, NMR y TGA se observa que el grado de injerto (G%) es principalmente una función del contenido inicial de NIPAAm en la mezcla de reacción, mientras que la eficiencia de injerto (EG%) es función del contenido de NIPAAm y de la dosis aplicada. Los espectros de NMR permiten inferir que la reacción de injerto tiene lugar en el anillo del polisacárido sin la apertura del mismo.

La posibilidad de controlar la composición del producto es de gran interés dada la estrecha relación existente entre composición y propiedades finales en los copolímeros obtenidos.

18RQ. BIOSÍNTESIS DE POLI (B-HIDROXIALCANOATO)S POR *Bacillus Megaterium* BBST4 EMPLEANDO MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR COMO FUENTE DE CARBONO

PORRAS, M.A.¹; PRIETO, A.E.¹; LAIR, M.¹; CUBITTO, M.A.^{2,3}; VILLAR, M.A.¹

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Camino “La Carrindanga” Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

² Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

³ Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, CERZOS (UNS-CONICET)

E-mail: mporras@plapiqui.edu.ar, mcubitto@criba.edu.ar, mwillar@plapiqui.edu.ar

RESUMEN

Los poli(β -hidroxialcanoato)s, PHAs, constituyen una familia de poliésteres biodegradables de origen natural producidos por bacterias como reserva de fuente de carbono y energía en gránulos intracitoplasmáticos. Poseen propiedades similares a polímeros no biodegradables de origen petroquímico como el polietileno y el polipropileno. Sin embargo, una de las principales limitantes del uso masivo de los PHAs radica en el costo de producción de los mismos.

En este trabajo se estudió la potencialidad de producción de PHAs por la cepa *Bacillus megaterium* BBST4 (GenBank: HM119600.1), aislada del estuario de Bahía Blanca, en un medio de bajo costo, utilizando melaza de caña de azúcar como única fuente de carbono y energía. La melaza es una materia prima renovable que se obtiene como un subproducto final en la elaboración de azúcar de caña. La melaza es una mezcla compleja constituida principalmente por sacarosa y en menor proporción por glucosa, fructosa y rafinosa, minerales, vitaminas y otros constituyentes que pueden ser utilizados como fuente de carbono, micronutrientes y factores de crecimiento.

Para la obtención de PHA se utilizó un medio salino mínimo de Winogradsky adicionado con 1 g/L de urea como fuente de nitrógeno y 20 g/L de melaza de caña de azúcar como fuente de carbono y energía. El medio se inoculó con un cultivo de 48 h de la cepa BBST4 en medio nutritivo. La incubación se llevó a cabo a 30 °C y 150 rpm. Se obtuvieron muestras a las 30 horas de incubación para la determinación del peso seco de la biomasa y de la producción de PHA intracelular.

El PHB obtenido fue caracterizado molecularmente por Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y por Cromatografía por Exclusión de Tamaños (SEC). En las condiciones de cultivo se obtuvo una acumulación de PHB de 16 % respecto a la biomasa y una productividad de 0,024 g_{PHB}/L h. El biopolímero obtenido presentó masas molares relativamente altas, un espectro (FTIR) y una temperatura de fusión y grado de cristalinidad similares a los reportados para PHB. Estos resultados indican que la cepa *Bacillus megaterium* BBST4 es capaz de crecer y producir PHB en un medio mínimo con melaza de caña de azúcar como única fuente de carbono. Actualmente se están optimizando las condiciones de producción de modo tal de maximizar el rendimiento de PHB obtenido.

19RQ. EFECTO DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE TIMOL ENCAPSULADO POR LIOFILIZACIÓN EN UNA MATRIZ POLIMÉRICA.

PONCE-CEVALLOS, P. A.¹; PERIN, S.A¹, BUERA, M. P.^{1,2} y ELIZALDE, B.E.¹

¹*Departamento de Industrias, Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (1428), Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. Tel/Fax 054 (11) 4576-3366.* ²*CONICET*
betty@di.fcen.uba.ar

RESUMEN

La exposición de biomoléculas lábiles (pigmentos, vitaminas, productos farmacéuticos, aceites esenciales y flavors) a condiciones de humedad y temperatura extrema pueden promover su degradación. La encapsulación de flavors en matrices amorfas y/o polímeros formados durante el proceso de deshidratación se ha incrementado notablemente en la industria alimentaria para mejorar la estabilidad y retención de compuestos lábiles. La eficiencia de la encapsulación y la estabilidad de las moléculas lábiles pueden ser analizadas en relación a las propiedades físicas de la matriz deshidratada y sus interacciones con el compuesto encapsulado. El timol es un monoterpeneo que caracteriza a los oréganos y tomillos. Además de sus propiedades aromáticas es muy reconocido por sus propiedades antisépticas y antimicrobianas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la cinética de liberación del timol encapsulado en un derivado del almidón (HI-Cap100), en relación a las propiedades de sorción y estado físico de la matriz.

Una solución al 40% P/P de HI-Cap 100 y 1g de timol fueron mezclados con la ayuda de un agitador mecánico y empleando Tween 20 como emulsificante. La emulsión resultante fue homogeneizada por 1 min a 9500 RPM con un Ultraturrax T25, congelada durante 24 horas y a continuación liofilizada. La matriz deshidratada obtenida fue almacenada en cámaras de humedad relativa constante (HR%) (0, 11, 43, 58, 75, 92, 97 %) a 25° C durante 120 días. A intervalos de tiempo determinados, el timol encapsulado fue determinado espectrofotométricamente a 275nm. La ecuación de GAB fue adecuada para describir las isotermas de sorción de los sistemas estudiados. La retención de timol siguió una cinética de primer orden a todas las HR. Las constantes cinéticas de retención de timol (k) fueron dependientes de la HR del sistema. A 11 y 43 % RH los valores de k fueron bajos incrementándose notablemente a 58 % seguido de una disminución a partir de 70 % HR. A bajas HR, la matriz permaneció en el estado vítreo mientras que a partir de 58% la matriz es plastificada y entonces el timol adquiere mayor movilidad. A mayores HR se produce el colapso estructural de la matriz y la superficie efectiva disminuye y la evaporación del timol también. Estos resultados muestran que la retención del timol fue determinada por el estado físico de la matriz estando relacionada al colapso de la misma y pueden contribuir al conocimiento de los factores fisicoquímicos que afectan la retención de biomoléculas lábiles encapsuladas en matrices deshidratadas.

20RQ. CORROSION: ASPECTOS TERMODINAMICOS Y CINÉTICOS INTEGRADOS

GRASELLI, MA. CRISTINA; TASCA, JULIA E.; KESSLER, TERESITA.

Facultad de Ingeniería, UNCPBA

Avda. Del Valle 5737, B7400JWI, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

cgrassel@fio.unicen.edu.ar; jtasca@fio.unicen.edu.ar; tkessler@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Introducción. La corrosión es un tema importante en la formación del ingeniero para su futuro desempeño profesional, dado que corresponde al deterioro del material por su exposición en el medio. El proceso global está gobernado simultáneamente por la termodinámica química y la cinética electroquímica; la primera responde a la pregunta sobre espontaneidad de la reacción y la segunda permite estimar tiempos de vida de estructuras y establecer métodos de protección. Estos aspectos son analizados en forma separada en la bibliografía, dificultando el análisis.

Objetivos. Lograr la integración de los conceptos termodinámicos y cinéticos involucrados en la corrosión a través del manejo en forma conjunta de los diagramas de Pourbaix (termodinámicos) y de Evans (electroquímicos).

Metodología. Los contenidos de la asignatura Fisicoquímica se desarrollan en clases teóricas y prácticas de escritorio y laboratorio coordinadas. La ecuación de Butler-Volmer y su representación en las curvas anódica y catódica permiten reconocer el comportamiento del material en diferentes zonas (estabilidad, disolución, pasividad) y determinar la corriente y el potencial de corrosión. En las gráficas de potencial en función del pH de los diagramas de Pourbaix, se tienen representadas las diferentes formas oxidadas, pasivas y estables de los metales. Después de discutidas las bases teóricas y habiendo resuelto ejercicios de escritorio, un caso especial es presentado a los estudiantes para su análisis y resolución, enmarcado en un metal sumergido en un medio de un pH establecido, proponiéndoles aunar ambos diagramas en forma esquemática en un mismo gráfico.

Resultados. Guiados por los docentes, los estudiantes pueden hacer predicciones tales como establecer las transformaciones espontáneas en la interfase metal/solución, estimar las especies resultantes de la reacción anódica y reconocer el efecto de cambios en el medio y su impacto en el comportamiento del metal. También pueden ser discutidas las formas de protección electroquímica. Además, se presentan casos especiales de diagramas potencial-pH para metales a otras temperaturas diferentes a las establecidas en el Atlas de Pourbaix y de aleaciones tales como $\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{70}$.

Conclusiones. Para el mejor entendimiento del fenómeno de corrosión se aplica la integración de los conocimientos básicos de cinética electroquímica y de termodinámica y su aplicación en la predicción del comportamiento del conjunto material-medio bajo análisis. A través de este tipo de enfoque, es posible aprovechar los conocimientos y habilidades adquiridos por el alumno en este tema en los diferentes contextos (aula, laboratorio) y motivar a la observación crítica del aspecto visible de piezas oxidadas en diferentes ambientes.

21RQ. NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC SOPORTADAS SOBRE HEXAFERRITA DE ESTRONCIO: ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA

BERCOFF, P.¹; HERME, C.²; JACOBO, S.²

1. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba. IFEG, Conicet. Ciudad Universitaria, 5000, Córdoba, Argentina.
2. LAFMACEL - INTECIN, Dep. de Química, Facultad de Ingeniería, UBA. Av. Paseo Colón 850, C1063EHA, Buenos Aires, Argentina.

Introducción

Las industrias textiles consumen grandes volúmenes de agua y emplean una variedad de colorantes químicamente estables. En consecuencia se deben desarrollar métodos para tratar los desechos que se producen, a fin de prevenir la contaminación de ríos y otros acuíferos.

El uso de óxido de zinc en suspensión para descomponer moléculas orgánicas ha sido ampliamente investigado, ya que este semiconductor tiene reconocidas propiedades fotocatalíticas (Yogendra et al., 2011). No obstante, hasta nuestro conocimiento no se ha explorado el empleo de ZnO soportado sobre material magnético para favorecer su remoción del sistema.

Objetivos

Se ensayó el material compuesto ZnO-SrFe₁₂O₁₉ como catalizador en la fotodescomposición de eosina, un colorante orgánico que absorbe en el visible, en solución acuosa a pH 7, recuperándose posteriormente de la suspensión mediante un campo magnético.

Metodología

1) *Preparación del catalizador*: nanopartículas de hexaferrita de estroncio sintetizadas en nuestro laboratorio (Jacobo et al., 2010) se dispersaron en solución de citrato sódico con agitación ultrasónica. Luego se decantaron, lavaron y resuspendieron en agua destilada. Sobre diferentes volúmenes de dicha suspensión se hicieron gotear simultáneamente soluciones de acetato de zinc y carbonato de amonio (adaptado de Hong et al., 2008).

2) *Caracterización*: morfológicamente (DRX y TEM) y magnéticamente (*M-H*).

3) *Experiencias de descomposición del colorante*: el catalizador suspendido en agua destilada se mezcló con solución de eosina 50 ppm y se sometió el sistema a la luz de una lámpara de tungsteno. A distintos tiempos de exposición se separaron magnéticamente las partículas y se siguió la degradación del colorante fotocatalizada por el ZnO midiendo la absorbancia a 517 nm en el sobrenadante.

Resultados

En las experiencias realizadas la degradación fotocatalizada de eosina a pH = 7 al cabo de 1 hora fue de 29,7%, significativamente mayor que el valor en muestras expuestas a la luz sin suspensión de ZnO.

Conclusiones

Se prepararon satisfactoriamente nanopartículas de ZnO sobre ferrita de estroncio, modificándose las propiedades magnéticas del material. El sistema formado se empleó exitosamente para fotocatalizar la degradación de eosina en solución acuosa.

22RQ. ESTUDIO DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE CARBÓN EN UN LECHO FLUIDIZADO BURBUJEANTE MEDIANTE EL USO DE FLUIDODINÁMICA COMPUTACIONAL (CFD)

REYES, A; ZAMBON, M.T.; MAZZA, G.D.

Instituto Multidisciplinario de Investigación y Desarrollo de la Patagonia Norte
(IDEPA, CONICET-UNCo).

Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del
Comahue .

E-mail: mariana.zambon@fain.uncoma.edu.ar

RESUMEN

Actualmente en el mundo existe una tendencia hacia nuevas formas de energía generada principalmente por el aumento progresivo en la demanda de recursos de tipo no renovable y por la necesidad de utilizar combustibles que resulten menos contaminantes para el medioambiente. En este sentido, el uso de reactores de lechos fluidizado se ha convertido en una alternativa más que interesante debido a las condiciones de operación en las cuales permite llevar a cabo la generación de energía que resultan menos contaminantes y más eficientes que otro tipo de unidades con el mismo fin.

En el presente trabajo se ha utilizado la licencia académica del *software* ANSYS-Fluent 13.0 para simular la gasificación de carbón en una unidad de lecho fluidizado a escala laboratorio. Las reacciones heterogéneas de gasificación y combustión han sido programadas en lenguaje C++ y acopladas al algoritmo de resolución del *software* utilizado. También se han considerado en la simulación las reacciones homogéneas que no requieren una programación adicional.

Se han considerado condiciones operativas típicas para este tipo de procesos. El reactor cuenta con una entrada lateral que permite el ingreso de la alimentación de carbón. La altura de la unidad es de 2 m y la del lecho en reposo, conformado por arena, es de 1 m.

Las simulaciones se realizaron en un sistema de dos dimensiones con la utilización del modelo multifásico Euleriano, en régimen transitorio. Las partículas de arena y de combustible se consideraron esféricas, de tamaño uniforme. Como modelo de arrastre, entre de las alternativas disponibles en el *software*, se seleccionó la función de Gidaspow. Adicionalmente, para la transferencia de calor entre la fase gaseosa y la fase granular, se utilizó el modelo de Gunn. Las colisiones entre partículas han sido resueltas por el programa mediante la teoría cinética granular.

En este trabajo se presentan los resultados de la composición del gas a la salida del reactor y se compara con los resultados experimentales reportados en bibliografía. Adicionalmente se ha obtenido la curva que muestra el aumento en la temperatura de la arena del reactor producto del conjunto de reacciones.

Ambos resultados muestran una buena concordancia con resultados experimentales lo que valida la utilización de la fluidodinámica computacional en la escala en la que aquí se ha simulado.

23RQ. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE PARAMETROS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS DE INTERES REGIONAL

CARULLO, C.¹, CASTRO, D.¹ MARTINEZ, S.¹

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.
Email: ccarullo@fcai.uncu.edu.ar**

RESUMEN

La transferencia de calor en convección forzada sin cambio de fase, constituye la etapa controlante del transporte global de energía, tanto en operaciones de calentamiento como de enfriamiento u otros intercambios. En este contexto se propone, como continuación de la etapa previa, diseñar equipamiento y metodologías que permitan estimar coeficientes peliculares convectivos de transferencia de calor y comparar con los modelos vigentes, aplicados a fluidos específicos de interés regional como son las soluciones acuosas de sacarosa. Se reportan además, corridas preliminares de calentamiento de agua. El equipamiento de transferencia de calor en convección forzada, formado por un intercambiador de doble tubo de 4.0 metros de longitud, sistema de calefacción, intercambiador complementario, y sistema de operación, medición y control, desarrollado en la etapa previa del proyecto, se complementó a fin de ampliar el rango experimental tanto térmico como hidráulico, e incorporar la implementación de corridas de enfriamiento a las de calentamiento ya probadas. Se diseñaron metodologías para la evaluación experimental de parámetros de calor sin cambio de fase en calentamiento y/o enfriamiento de soluciones acuosas de sacarosa. Se desarrollaron estrategias metodológicas de acondicionamiento de datos experimentales y de cálculo de parámetros térmicos, que una vez validadas permitieron calcular los coeficientes peliculares en convección forzada, a partir de los cuales estimar el número de Nusselt experimental correspondiente. Tanto el equipamiento desarrollado como las metodologías operativas implementadas resultaron ser adecuados ya que permitieron estimar coeficientes peliculares convectivos de transferencia de calor cercanos a los predichos por los modelos vigentes. Las corridas preliminares de calentamiento de agua alcanzaron turbulencia desarrollada con números de Reynolds cercanos a 100.000. La verificación y contrastación con los modelos vigentes se implementó tanto por comparación del número de Nusselt experimental con los valores resultantes de aplicar las ecuaciones de Sieder & Tate, Gnielinski (tanto en su forma completa como simplificada) y la ecuación específica para el agua, como por comparación de modelos en el plano coordinado Nusselt teórico versus Reynolds experimental. Se observó, en general, par los distintos modelos, valores similares entre sí con pequeña dispersión; los datos experimentales se alternan con relación a la tendencia general de los modelos vigentes, quedando por encima de ellos para números de Reynolds menores que 10.000, coincidiendo en un rango acotado de turbulencia y ubicándose por debajo para turbulencia desarrollada con Reynolds cercanos a 100.000.

Palabras Clave: transferencia de calor, convección forzada.

24RQ. INTEGRACIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR DE DESODORIZACIÓN DE UNA REFINERÍA DE ACEITES COMESTIBLES

SALINAS, D. L.; YORIS, M.; RUIZ, D.; IRIBARREN, O. A.

**Departamento de Ingeniería Electromecánica - Facultad Regional Reconquista -
Universidad Tecnológica Nacional – oscariribarren@hotmail.com**

RESUMEN

La tecnología tradicional para desodorizar aceites comestibles es ponerlos en contacto con vapor vivo en recipientes consecutivos, cada uno a mayor temperatura que el anterior. Es un arreglo de flujo cruzado: el aceite se encuentra con sucesivas alimentaciones de vapor vivo. La temperatura de cada recipiente se mantiene con serpentines alimentados por fluido térmico (aceites minerales estables a altas temperaturas) procedente de caldera. En plantas nuevas se adopta un arreglo contracorriente: columnas rellenas alimentadas por tope con el aceite y por fondo con el vapor de arrastre. En ambos casos la integración energética del proceso consiste en un intercambio de calor entre el aceite que ingresa a temperatura ambiente y el aceite que egresa a temperaturas del orden de 240 °C en un “economizador” (de energía).

Para plantas antiguas de flujo cruzado, pasar a la tecnología contracorriente implica una importante inversión de capital, y una pérdida de flexibilidad: el flujo cruzado permite (a costa de un mayor consumo de vapor por tonelada de aceite) tratar aceites de muy diferente calidad en la misma instalación. El objetivo de este trabajo fue explorar las ventajas de mejorar la integración térmica del proceso de flujo cruzado, reduciendo el consumo de energía, mediante la adición de intercambiadores inter-etapas.

La metodología utilizada para realizar la integración energética es Análisis de Pinch, una tecnología disponible desde los años 80, a la que se agregó un pre-procesamiento de la información de proceso para detectar las estructuras de contacto de corrientes, relevantes para esta aplicación. Así se evitaron las complicaciones que usualmente presenta la resolución de este problema de optimización de múltiples óptimos locales.

Se obtuvo una red de intercambio calórico que reduce apreciablemente la energía consumida por el viejo proceso de flujo cruzado, reduciendo el calor tomado del fluido térmico y aliviando consecuentemente el consumo de agua de enfriamiento, con una moderada inversión de capital y reteniendo la flexibilidad del proceso de flujo cruzado. El consumo de vapor sigue siendo el mismo, mayor al del flujo contracorriente, porque el vapor aquí no actúa como fuente de energía sino como inerte para arrastrar sustancias volátiles.

El trabajo aporta información metodológica que permitiría replicar este análisis para instalaciones de flujo cruzado diferentes a la aquí estudiada, como una herramienta para la toma de decisiones de mejoras en refinerías de aceite comestible de diseño más antiguo. El nivel de recuperación de calor óptimo depende del costo local de la energía.

25RQ. DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA DE UN LECHO DE SEMILLAS DE COLZA SOMETIDAS A EXTRACCIÓN MECÁNICA

CASTRO, D.¹ BOCCI, D.¹

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.

Email: dcastro@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

Para la extracción mecánica de aceite de semillas oleaginosas la presión aplicada como la temperatura del lecho de semillas constituyen las variables estadísticamente significativas. El aumento de la temperatura produce un aumento en el rendimiento de extracción, que se acentúa a partir de los 30 °C. Muchos tratamientos térmicos utilizados como etapas previas a la extracción causan diferentes efectos que no necesariamente provocan un aumento de rendimiento de extracción. En este contexto se planteó desarrollar equipamiento y metodología para estimar la difusividad térmica de un lecho de semillas de colza sometidas a presión mecánica. Se planteó un diseño factorial empleando 3 niveles para la variable presión de extracción: 0.0; 25.0; y 50.0 MPa. El balance de energía en estado no estacionario descrito por la segunda ley de Fourier se desarrolló en coordenadas cilíndricas. Se utilizó el método de velocidad de calentamiento constante, modificado a partir del modelo propuesto por Dickerson. El equipo de extracción alojó dos sondas termopares Tipo K, y una tercera para medir temperatura ambiente. Las tres sondas calibradas se conectaron cada una a un Multímetro digital marca New Instrument”, modelo Sinometer MS8209 monocanal, de origen U.S.A. La cámara dispuso de una resistencia eléctrica montada sobre su superficie externa provista de aislación térmica. Como fuente de alimentación se usó una fuente digital estabilizada de estado sólido, entrada 220 Volts en corriente alterna, salida ajustable en tensión desde 0.0 a 36.0 Volts e intensidad de corriente en 0.0 a 1.0 Amperes de corriente alterna, marca MICRONICS SYSTEMS, de origen Francia. Para cada corrida se fijó la presión de extracción según el diseño experimental propuesto y se hizo circular corriente eléctrica por la resistencia, y el flujo de calor así aportado se condujo por la pared metálica de la cámara y luego por el lecho de semillas. Se registraron simultáneamente las temperaturas de la envolvente y del centro de la muestra, versus el tiempo, hasta que se alcanzó una velocidad de calentamiento constante. Se calculó la difusividad térmica para los valores de presión fijados. La validación del equipamiento y de la técnica operativa fue realizada para agua, obteniendo valores de difusividad muy cercanos a los reportados por la bibliografía. Los valores estimados para el lecho de semillas bajo presión son algo inferiores a los propios de los alimentos fluidizados y particulados reportados, que oscilan entre 5.0E-8 y 2.0E-7 [m²/s]. Se observó un aumento conservador de la difusividad térmica con el aumento de la presión mecánica aplicada.

26RQ. ESTUDO DA CINÉTICA DE LIBERAÇÃO CONTROLADA *IN VITRO* DE PENICILINA G A PARTIR DE MICROESFERAS DE ALGINATO E CAPSUL

FONTES, G. C. ^{1*}; ROSSI, A. M. ²; ROCHA-LEÃO¹, M. H. M.

¹ Departamento de Engenharia Bioquímica – Escola de Química Universidade Federal do Rio de Janeiro – ² Laboratórios de Biomateriais - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas -
*gizelecf@ufrj.br

RESUMO

As penicilinas constituem um dos grupos mais importantes entre os antibióticos. Desde a sua descoberta, a penicilina vem sendo administrada através de injeções intramusculares. Devido à grande inconveniência provocada pela dor no local de aplicação, tal tratamento, conduz os pacientes ao abandono de terapias prolongadas. A proposta deste trabalho foi desenvolver um sistema de liberação controlada a partir de microesferas de penicilina G (PenG) em alginato e Capsul[®] (amido octenilsuccinato) e estudar a cinética de liberação da penicilina G. As esferas foram preparadas por gotejamento de solução de alginato e Capsul[®] contendo PenG em solução de CaCl₂ (método da extrusão). Os estudos do perfil de liberação *in vitro* foram conduzidos após a otimização da retenção da penicilina G em matriz de alginato/Capsul[®]. Para a realização dos ensaios de liberação, uma quantidade de esferas foi colocada em um tubo Falcon contendo 20 mL de água destilada. Os tubos foram acondicionados a 37 °C e mantidos de forma estática, sem agitação. As equações de cinética de reação de ordem zero, primeira ordem e de segunda ordem e os modelos cinéticos de Higuchi, Baker-Lonsdale e Korsmeyer Peppas foram utilizados para o ajuste das curvas de liberação. O estudo do perfil de liberação *in vitro* visa avaliar a quantidade do fármaco liberado de uma forma farmacêutica por unidade de tempo, sendo utilizado após o desenvolvimento de uma forma farmacêutica. As informações obtidas permitem um controle qualitativo do sistema de liberação de um fármaco fornecendo informações para a realização de etapas posteriores como o estudo *in vivo* em animais e estudos clínicos. Nos ensaios de liberação *in vitro*, a PenG encapsulada em matriz de alginato/Capsul foi liberada de forma gradual até chegar a 65% em 432 horas, sendo o modelo que mais se ajustou foi o de ordem zero. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o alginato, Capsul[®] são biomateriais apropriados para o microencapsulamento da PenG e com possibilidade de aplicação em implantes subdérmicos.

27RQ. *Lobesia Botrana*: UN DESAFÍO

ALCARAZ, E; BALADA, L; BLANCO, A; CASTRO, P; BALADA, E; TULA, E.

Laboratorio de Síntesis Orgánica - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria -
Universidad Nacional de Cuyo – ealcaraz@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

Se deben controlar las plagas para obtener una producción con un alto valor agregado respetando el ambiente y disminuyendo el uso de agroquímicos. La Técnica de Confusión Sexual que hace uso de análogos de feromonas se basa en la interrupción del apareamiento y ha demostrado ser efectiva para mantener las poblaciones de la polilla oriental de las frutas, *Grapholita molesta* en valores de tolerancia industrial del 1% (Trimble et al. 2001). Las feromonas son compuestos semioquímicos secretados por un organismo al exterior que causan una reacción específica en un organismo receptor de la misma especie. Estos compuestos se clasifican en base al tipo de interacción que inducen, tales como feromonas sexuales, de alarma, de agregación, etc. Las feromonas sexuales son los semioquímicos más conocidos. En el Laboratorio de Síntesis Orgánica de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria se ha sintetizado el análogo de la feromona sexual de *Cydia molesta* a través de:

Monotetrahidropiranilización del diol (protección de un grupo alcohólico).

Oxidación del alcohol libre (obtención de un aldehído).

Reacción de Wittig (obtención de una cadena insaturada).

Liberación del grupo alcohólico protegido.

Obtención del acetato.

Conforme a una potencial demanda y atento a la probabilidad de que se instale *Lobesia botrana* como una plaga introducida, en la provincia de Mendoza, es que se considera la feromona sexual de este insecto plaga como compuesto orgánico a sintetizar en esta segunda etapa del proyecto SINTESIS DE COMPUESTOS ORGANICOS PARA UTILIZAR EN TECNICAS DE CONFUSION SEXUAL dando continuidad a lo realizado en la primera etapa.

En 1973 se identifica a la molécula del E7-Z9-dodecadienilacetato como el principal atrayente de los machos mediante electroantenografía (ROELOFS et al. 1973). La importancia de esta síntesis radica en la posibilidad de sustituir insumos de importación por productos de síntesis obtenidos localmente. Este Lepidóptero es una plaga de los cultivos de la vid que tiene una gran incidencia económica dado el elevado costo de control y la forma en que se compromete la calidad de los caldos vínicos por los residuos de plaguicidas.

28RQ. CIS-C17H33COOH / Ni (111): ESTUDIO COMPUTACIONAL

SIMONETTI S.^{1,2}; ULACCO S.¹

1.Universidad Tecnológica Nacional - 11 de abril 461-Bahía Blanca-Argentina.
ssimonet@uns.edu.ar

2.Universidad Nacional del Sur - CONICET - Av. Alem 1253-Bahía Blanca-Argentina.

En la actualidad, el desarrollo empírico de materiales catalíticos para la industria alimenticia implica un extensivo y costoso esfuerzo experimental de prueba y error, y por otro lado, el sistema resultante es muy difícil de caracterizar a nivel microscópico. En consecuencia, los mecanismos de la adsorción y de la reacción química subyacente permanecen poco claros y no son comprendidos a un nivel fundamental. En este contexto, el modelado computacional aparece como una herramienta sumamente útil para explicar las bases físicas y químicas de las reacciones catalíticas a nivel microscópico en planos cristalinos definidos y predecir alternativas viables económicamente, un aspecto importante de la producción de los alimentos.

El catalizador metálico más utilizado para la hidrogenación de aceites vegetales es el níquel, debido a su alta actividad, selectividad, bajo costo y fácil extracción después de la reacción (Jang, y et. al., 2005; Liang y et. al., 2011). Estudios han mostrado que los ácidos grasos trans tendrían implicaciones adversas para la salud. Desde el 1 de enero de 2006, the Food and Drug Administration (FDA) determinó que las etiquetas de nutrición para todos los alimentos convencionales y suplementos deben indicar el contenido de ácidos grasos trans (FDA, 2006). Desde entonces, más estudios son necesarios para satisfacer las nuevas especificaciones de una menor concentración del isómero trans en favor de la del isómero cis.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la adsorción del ácido cis-oleico sobre la superficie Ni (111) del catalizador. Para ello modelamos el sistema y realizamos cálculos computacionales utilizando el método de Superposición Atómica y Deslocalización Electrónica (Landrum, 2004).

Los resultados muestran una fuerte interacción entre ácido cis-oleico y la superficie metálica. El doble enlace carbono-carbono localizado encima de la posición tri-coordinada con simetría octaédrica (3CO), a 1.1 Å de la superficie Ni(111), se ha identificado como la posición energéticamente más favorable para la molécula. Los enlaces Ni-Ni, C=C y C-C que participan en la interacción molécula-superficie, se debilitan luego de la adsorción. Encontramos que los orbitales Ni 5dz² y Ni 5dyz juegan un papel importante en la interacción con los orbitales C 2px y C 2pz; al igual que los orbitales Ni 6px y Ni 6pz. Se observa, además, una interacción Ni-H (H enlazados a C=C) de pequeña magnitud, que facilita la posterior hidrogenación del doble enlace.

Bibliografía

- Food, Drug Administration, FDA, (2006). <http://www.fda.gov/oc/initiatives/transfat/>.
Jang, E. S.; Jung, M. Y.; Min, D. B. (2005). Hydrogenation for low Trans and high conjugated fatty acids. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1: 22-30.
Landrum, G. A. (2004). <http://overlap.chem.cornell.edu:8080/yaehmop.html>.
Liang, S. H.; Yu, T.; Liu, D. P.; Wang, W. X.; Wang, Y. P.; Han, X. F. (2011). Characterization of stearic acid adsorption on Ni (111) surface by experimental and first-principles study approach, *Journal of Applied Physics*, 109: 07C115.

29RQ. ABSORCIÓN QUÍMICA CON SOLUCIONES DE AMINAS PARA PURIFICAR BIOGÁS

MORERO, B. ¹; GROPELLI, E. ²; CAMPANELLA, E. A. ³

1. Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Güemes 3450, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: bmorero@intec.unl.edu.ar

2. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Grupo de Energía No Convencional, Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: gropellieduardo@arnet.com.ar

3. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Ruta Nacional N° 168 Km 472.4, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: tquique@santafe-conicet.gov.ar

RESUMEN

El biogás es un biocombustible con gran futuro porque su utilización soluciona problemas relacionados con la contaminación de diferentes desperdicios biológicos y a la vez contribuye a diversificar la matriz energética actual. La presencia de compuestos diferentes al metano es perjudicial para los equipos de procesamiento de biogás, producen malos olores y problemas de salud y disminuye su capacidad calorífica. De las tecnologías que existen para purificar biogás, la absorción con aminas es una opción con gran desarrollo tecnológico. El objetivo de este trabajo es discutir la influencia de los principales parámetros operativos, comparar distintos tipos de aminas y discutir modificaciones al sistema básico absorbedor-regenerador. Para ello se simuló un proceso convencional de absorción-desorción para seis tipos de aminas o mezclas de ellas (MEA, DEA, DGA, MDEA, MDEA + MEA, MDEA + DEA), donde se utilizó el simulador de procesos ProMax® con TSWEET® y PROSIM®. Las variables analizadas fueron la concentración de metano, anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico en el gas endulzado, el consumo de energía en el proceso y la tasa de vapor utilizada en el rehervidor. En todos los casos se obtuvieron buenos resultados en los niveles de purificación alcanzados, aunque los mayores niveles se obtuvieron con la DGA y con las mezclas de aminas MDEA+MEA, además de presentar el menor consumo de calor en el rehervidor. Sin embargo, es necesario continuar investigando éste y otros procesos para poder desarrollar una unidad óptima de purificación de biogás.

30RQ. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE MEDICIONES DE VARIABLES RELACIONADAS CON EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

REARTES, L. - MENEGUZZI, F. - PONTELLI, D. - INGARAMO, R.

Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611 - (X5016GCA) Córdoba - Argentina
e-mail: limi@efn.uncor.edu

RESUMEN

El Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (FCEFNU-UNC) tiene como Misión “*Difundir en el ámbito de influencia de la Universidad Nacional de Córdoba la necesidad de aplicar metodologías de avanzada para la gestión de procesos industriales, con especial énfasis en el control y mantenimiento de los medios productivos*”. Desde la creación del Laboratorio se vienen desarrollando diferentes Proyectos de Investigación relacionados con el mantenimiento industrial.

En el marco de uno de esos proyectos, un grupo de Docentes-Investigadores del Laboratorio junto con alumnos avanzados de la Carrera de Ingeniería Industrial están trabajando en el diseño y construcción de un banco de ensayos para la medición de variables relacionadas con el desempeño de equipos industriales, como temperatura, vibraciones, desalineación y parámetros eléctricos, con la finalidad de realizar experimentos de laboratorio y prácticas con alumnos.

El objetivo del trabajo es presentar el desarrollo de un banco experimental realizado mediante un procedimiento específico, diseñado para ensayar condiciones anormales de funcionamiento, que convenientemente detectadas a través de la medición de parámetros relacionados con el mantenimiento predictivo permitan anticipar la falla del equipamiento industrial.

Para lograr un diseño más racional del banco se utilizó la metodología QFD (Quality Function Deployment), que es una herramienta que permite sistematizar la información obtenida del usuario para definir las características de calidad del producto siguiendo un determinado orden de prioridades. Para implementar QFD se utilizan varias matrices, cuyo propósito es establecer una manera sistémica de traducir la voz del cliente en parámetros de diseño y fabricación.

Como resultado del procedimiento empleado se diseñó un banco con las siguientes características: robusto, estable y resistente, de tipo modular, con la posibilidad de variar las configuraciones de trabajo, de fácil mantenimiento y transporte, e ideal para la enseñanza práctica del mantenimiento industrial.

El banco de mediciones que se presenta en este trabajo constituye una herramienta tecnológica adecuada para realizar estudios e investigaciones relacionados con el mantenimiento predictivo. Asimismo permite realizar experiencias con alumnos de las materias afines al mantenimiento que se dictan en las carreras de ingeniería de la FCEFNU, posibilitando su formación práctica en el uso de las técnicas más modernas para el control del funcionamiento de equipos industriales. Este desarrollo coloca a la Universidad en la vanguardia en lo que respecta a la enseñanza y la investigación relacionadas con las prácticas del mantenimiento industrial en nuestro medio.

31RQ. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO Y LA DETECCIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE FALLAS DE RECIPIENTES A PRESIÓN.

GODOY, M. L.; PICO, L. O.; ARRIEN, L. M.

Departamentos de Ing. Civil e Ing. Electromecánica - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires - mgodoy@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Se denomina recipiente a presión a todo recipiente que contenga un fluido sometido a una presión interna superior o inferior a la presión atmosférica. Debido a esto y al riesgo de explosiones implicado, requiere medidas de protección para evitar accidentes.

El mantenimiento preventivo y la realización de ensayos periódicos de control constituyen formas de minimización de accidentes.

El diseño y control de los recipientes a presión se realiza utilizando el Código ASME, Sección VIII, Divisiones 1 y 2. Esta última permite el diseño por Análisis de Tensiones y considera factores de seguridad menores que la Div.1.

Mediante la utilización de ensayos no destructivos se pueden realizar la inspección, detección y diagnóstico de grandes estructuras (recipientes a presión, calderas de vapor, compresores etc.). Una metodología alternativa de análisis del comportamiento de dichas estructuras es la implementación de modelos computacionales que representen a realidad física.

El código ASME, Secc. VIII, Div.1 emplea reglas de diseño que no requieren una evaluación detallada de todos los esfuerzos. Se supone que existen esfuerzos secundarios elevados flexionantes pero que son compensados al admitir un factor elevado de seguridad. Sin embargo, como regla general de diseño, cuando se realiza un análisis más detallado de esfuerzos se permite considerar esfuerzos admisibles mayores para evitar usar un factor de seguridad elevado como el utilizado en el código. El diseñador debe familiarizarse con los diversos tipos de esfuerzos y cargas para lograr un diseño económico y seguro, por lo que la utilización de herramientas computacionales representa una alternativa muy interesante.

Las simulaciones numéricas realizadas permiten arribar a las siguientes conclusiones:

- Visualización de mapas tensionales con la consecuente detección de posibles lugares de falla.
- Verificación de espesores límites.
- Alternativas de diseño para la utilización de cabezales planos.
- Evaluación de zonas donde existen discontinuidades geométricas (posibilidad se concentraciones de tensiones).
- Evaluación de recipientes sometidos a presión con fuego.
- Utilización de técnicas de optimización para el diseño de cabezales. Método de los desplazamientos volumétricos y Método de las flexiones volumétricas.

32RQ. DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN MATERIALES CERÁMICOS CON APLICACIÓN EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE ALIMENTOS

VARGAS, A; GUTIÉRREZ, T.

^a Coordinación de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional - UNEFA

^b Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimento, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela

vargasmujica.ac@gmail.com

RESUMEN

Todo sistema que presenta una diferencia de temperatura produce transferencia de calor (TC), cada material es capaz de conducir calor a través de él, por lo que la conductividad térmica (k) de un material, puede definirse como la velocidad de TC a través de un espesor unitario del material por el producto de la unidad de área, y la diferencia de temperatura. Señalado lo preescrito, el objetivo del presente estudio, fue determinar la velocidad de TC en materiales cerámicos mediante el uso de un prototipo diseñado para medir k . Referidos materiales cerámicos pueden ser desarrollados como cubiertas o cavas de almacenes de refrigeración para alimentos. Ello, debido a que los materiales cerámicos poseen excelentes propiedades como aislante. La transferencia de calor, siempre se produce del medio que está a mayor temperatura hacia el medio de temperatura mas baja, y termina cuando ambos medios alcanzan la misma temperatura, es decir, un estado de equilibrio.

El diseño del prototipo se basó en emplear un calentador eléctrico de lámina térmica con resistencia delgada, la cual permaneció en contacto con dos muestras de cerámica idénticas de 30mm de espesor, con dimensiones de 100mm x 100mm, siendo los bordes del sistema, cubiertos de una goma aislante, y en las superficies interiores y exteriores de las muestras se dispuso de termopares cuya función fue registrar la temperatura al alcanzar un régimen estacionario, dada esta situación, se tomó la lectura de la potencia eléctrica empleada en el proceso. Se supuso que el equipo tiene simetría térmica, por ello, se emplearon dos muestras de cerámicas por procedimiento, situación que permitió corroborar y comparar la información suministrada por los lectores.

Para el material empleado, k se determinó estimando las propiedades del material una TC unidimensional y un proceso en régimen estacionario, es decir, que las lecturas de temperatura no varían con el tiempo, a su vez, al estar el mecanismo cubierto de un material aislante, la pérdida de calor a través de las superficies laterales es despreciable y así todo el calor generado por el calentador laminar, se conduce y permanece a través de las muestras de la cerámica.

El uso del equipo, permitió seleccionar diversas cerámicas las cuales se aplicaron en el desarrollo del sistema de refrigeración de alimentos, su uso como elementos aislantes permitió lograr un sistema adiabático, donde la transferencia de calor a través de la frontera o superficie de control (SC) tiende a ser nula.

33RQ. DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE ALGAS DE AGUA DULCE PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS

CERIONI, G.; CERIONI, J.; DI CÉSARE, L.; GONZÁLEZ, A.; LASTRA, F.; LATORRE, C.; MAGGIONI, G.; SAROMÉ, J.; VIANO, M.;

**Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314, C.P. 5600, San Rafael, Mza., Argentina.
E-mail: ingcerioni@yahoo.com.ar**

El lago "EL NIHUIL" en la actualidad tiene una excesiva población de algas de agua dulce (lama), una de las causas principales es la gran disponibilidad de nutrientes de su agua, lo que ocasiona gran proliferación y desarrollo de las mismas. Debido a estos factores se produce la eutroficación de lagos.

Actualmente se lleva a cabo la poda de las algas situadas en la costa del lago, esto es una solución coyuntural.

En la primera etapa de investigación se comprobó la posibilidad de producción de biogás, mediante la digestión anaeróbica de dicha materia prima. También se analizó el residuo obtenido de este proceso, concluyendo que este mismo podría servir como abono mejorador de suelos.

El proceso de digestión anaeróbica se lleva a cabo en biodigestores (toman su término de digestivo o digestión), máquinas simples, o reactores que convierten las materias primas en subproductos aprovechables.

Las condiciones ambientales para la obtención de metano en un digestor son las siguientes: 1°- Temperatura entre 20°C y 60°C; 2°- pH óptimo está entre 7,0 y 7,2; 3°- Ausencia de Oxígeno; 4°- Gran nivel de Humedad; 5°- Materia Orgánica; 6°- Que la materia prima se encuentre en trozos lo más pequeños posible, 7°- Equilibrio de Carbono / Nitrógeno (óptima 16/1).

Para realizar el estudio, se le efectuaron análisis a las algas (húmedas y secas) dando los siguientes resultados: Algas húmedas: Humedad 84-97 %, pH 6.4 unidades de pH, DBO 5.380 g/kg, DQO 27.750 g/kg, Celulosa 8.55 %, Nitrógeno 1.80 %, Fósforo 1.71 mg/hg y Potasio 1.45 % y Algas secas: pH 6.99 unidades de pH, DBO 13.577 g/kg, DQO 30.486 g/kg, Fibra Bruta 15.66 %, Nitrógeno 1.30 %, Fósforo 2.63 mg/hg y Potasio 0.9 % .

En las sucesivas experiencias se ha logrado obtener datos, como son:

Cantidad de gas generado por cantidad de algas: 11dm³/kg de alga húmeda.

Temperaturas admisibles por la materia orgánica durante el proceso: 60 °C.

Tiempos en los cuales se desarrolla el proceso en sus distintas etapas, con una duración mínima total de 60 días.

34RQ. CRECIMIENTO DE AGREGADOS DE PARTÍCULAS CON NÚMERO DE COORDINACIÓN VARIABLE

CARBONETTI J.¹; GARCÍA G. D.^{1,2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1,2}.

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.

2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.

E-mail: fsanchez@frsr.utn.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo el crecimiento de los agregados balísticos es estudiado por medio de simulaciones numéricas. La Deposición Balística (BD) es un modelo numérico útil para representar, entre otros, agregados coloidales, crecimiento de estructuras químicas, etc [Horowitz y et al., 2008]. Una variedad de modelos se han desarrollado para estudiar los fenómenos de deposición en la naturaleza, donde diversos mecanismos de transporte llevan partículas a una superficie. Este tipo de modelos se han utilizado para modelar muchos procesos físicos, químicos y biológicos [Meakin y Stanley, 1983] [Murr y Morse, 2005].

Es de gran importancia la topología del sustrato en la que tienen lugar los fenómenos superficiales. En la literatura se han propuesto geometrías que producen topologías de dimensionalidad fraccionaria mediante DLA. Utilizamos esta idea para generar un una topología particular por deposición balística (BD) con partículas caracterizadas por un número de coordinación por sitio distinto de aquel dado por los sitios de la red, además de presentarse en mezclas de diferentes proporciones.

Una vez generada esta estructura se analiza su topología y la dinámica de crecimiento, lo que ha permitido observar variaciones en las dimensiones que lo caracterizan.

El objetivo de este trabajo es construir de un modo sistemático sustratos fractales bidimensionales con características específicas. Los mismos pueden ser utilizados en estudios computacionales de procesos adsorptivos, difusivos, entre otros.

Horowitz C. M.; Romá F.; Albano, E. V. (2008). Ballistic deposition on deterministic fractals: On the observation of discrete scale invariance. *Phys. Rev. E* 78, 061118.

Meakin, P.; Stanley H. E. (1983). Spectral Dimension for the Diffusion-Limited Aggregation Model of Colloid Growth. *Phys. Rev. Lett.* 51, 1457–1460.

Murr, M. M.; Morse, D. E. (2005). Fractal intermediates in the self-assembly of silicatein filaments. University of California, Santa Barbara, CA.

35RQ. AUTOENSAMBLE QUÍMICO DE ESPECIES MONOATÓMICAS

CÁNDIA L. I.¹; GARCÍA G. D.^{1,2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1,2}.

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.

2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.

E-mail: fsanchez@frsr.utn.edu.ar

RESUMEN

En numerosos trabajos actuales se manifiesta la importancia del fenómeno de autoensamble químico. Esta importancia deviene de varios factores, entre ellos se encuentra la ubicuidad de los fenómenos de autoensamble en procesos naturales de todas las escalas de tamaño.

Su comprensión y análisis cuantitativo nos permite predecir el comportamiento de magnitudes relevantes en estas estructuras. Este comportamiento está relacionado íntimamente con las estructuras fractales emergentes en las más diversas situaciones de la naturaleza [Whitesides y Grzybowski, 2002][Nazzarro y et al., 2002][Shapiro, 1998][Li y et al., 2004].

En el presente trabajo se ha implementado un modelo estadístico que consiste en una variación del modelo tradicional de la generación de estructuras fractales DLA. Dicha variación es la modificación del número de coordinación de las entidades que intervienen en la formación de estas estructuras y la proporción de las mismas. El modelo tradicional consiste en la agregación de partículas con cuatro enlaces (aquellos a primeros vecinos), en este trabajo se presentan estructuras generadas con mezclas de partículas de cuatro y dos enlaces (en distintas proporciones). Esta metodología está inspirado en los mecanismos de unión atómica en el que los átomos que intervienen comparten sus electrones de valencia. De manera análoga, las partículas que se analizan poseen un número de uniones posibles (número de coordinación).

En el trabajo se miden tres parámetros de gran importancia para determinar las características del objeto estadístico logrado: dimensión fractal del caminante (d_w), dimensión fractal (d_f) y dimensión espectral (d_s).

Estos parámetros son estudiados con el fin de analizar la transición entre los dos extremos de coordinación puramente bivalentes ($d_f=1$) y puramente tetravalentes ($d_f=1,7$). Los resultados obtenidos permiten vislumbrar estructuras distintas de las tradicionales.

Li, H., Park, S. H.; Reif, J. H.; LaBean, T. H.; Yan, H. (2004). DNA-Templated Self-Assembly of Protein and Nanoparticle Linear Arrays. *Jour. Am. Chem. Soc.* 9 Vol. 126, NO. 2.

Nazzarro, M.; Nieto, F.; Ramirez-Pastor, A. J. (2002). Influence of surface heterogeneities on the formation of diffusion-limited aggregates. *Surface Science* 497 275–284.

Shapiro, A. (1998). Thinking about bacterial populations as multicellular organisms. *Rev. Microbiol* 52: 81–104.

Whitesides, F.; Grzybowski, G. (2002). Self-assembly at all scales. *Science* 295, 2418 DOI:10.1126/science.1070821.

36RQ. SOPORTE PARA FEROMONAS - ENSAYOS PRELIMINARES

BALADA, L; ALCARAZ, E; BLANCO, A; CASTRO, P; BALADA,E; TULA, E.

**Laboratorio de Síntesis Orgánica - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria -
Universidad Nacional de Cuyo [-luibalada@yahoo.com.ar](mailto:luibalada@yahoo.com.ar)**

RESUMEN

La Técnica de Confusión Sexual (TCS) es un método de control de plagas cada vez más utilizado ya que no produce residuos, es respetuoso del ecosistema, es específico de la especie a tratar y no tiene efecto sobre los enemigos naturales del insecto target. Esta TCS hace uso de feromonas, que deben ser aplicadas de modo tal que se sature el ambiente para lograr la confusión del macho e impedir el acoplamiento. El análogo de la feromona sexual de *Cydia molesta* ha sido sintetizado en el Laboratorio de Síntesis Orgánica de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria.. El producto obtenido es probado a campo utilizando trampas comerciales, en fincas de la región donde se sabe que la plaga produce daños en los frutos.

En este trabajo se ensayan soportes inertes para dicho producto, que resistan la acción de factores climáticos y permitan la liberación lenta del mismo, para que pueda ser usado en TCS y que al igual que el análogo, sean de producción local.

Se realizan ensayos con acetato de celulosa. Se intentan dos caminos: A) obtención del acetato e impregnación con el análogo sintetizado. B) síntesis del acetato e incorporación de la feromona antes de la precipitación final. También se prueban soportes a base de: a) parafina; b) parafina adicionada de lecitina; c) agar-agar-adicionado de glicerina; y otros. En todos los casos se adiciona el compuesto orgánico sintetizado en concentración adecuada.

Cada uno de ellos fue probado a campo optándose por el que presentó mayor resistencia y mejor liberación para preparar 150 dispensadores, con los que se probó la TCS en una finca de la región.

37RQ. PERCOLACIÓN EN MEZCLA DE MONÓMEROS

GARCÍA G. D.^{1, 2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1, 2}.

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.

2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.

E-mail: ggarcia@frsr.utn.edu.ar

RESUMEN

A pesar de más de tres décadas de intenso trabajo, el juego de interrelaciones entre las propiedades de percolación y las transiciones de fase térmica es aún un problema abierto. En este sentido, el estudio de las estructuras geométricas cerca del punto crítico permite una mejor comprensión del mecanismo de transición de fase [Coniglio, 2001][Fortuin y Kasteleyn, 1972] [Hill, 1956].

En este trabajo la relación entre las estructuras de la superficie en monocapa y las propiedades de percolación de la fase adsorbida han sido estudiadas [Jiménez et al, 2006]. Para ello se ha considerado un modelo de gas de red para simular la adsorción de dos gases en presencia de interacciones de repulsión y atracción. Los monómeros se adsorben en una red cuadrada y mediante el uso de la simulación de Monte Carlo, metodología que hace uso del algoritmo de Metrópolis, se acepta un suceso en base a propiedades termodinámicas. En base a esto y mediante el uso de programación y la potencia de cálculo de las computadoras actuales es que se simulan los procesos físico-químicos citados.

El análisis de tamaño de escala finito permite obtener el umbral de percolación ϕ_c de la capa adsorbida. Se observa que este umbral tiene una variación con respecto al umbral de percolación de una mezcla de monómeros clásica. Esto se debe a las estructuras subyacentes en la mezcla de monómeros y que depende de los valores de la interacción entre las partículas.

Coniglio, A. (2001); J. Phys.: Condens. Matter 13, 9039.

Fortuin, C. M.; Kasteleyn, P. W. (1972). Physica, Ámsterdam, 57, 536.

Giménez, M. C.; Nieto, F.; Ramirez-Pastor A. J. (2006). Surface order-disorder phase transitions and percolation, The journal of chemical physics 125, 184707.

Hill, T. L. (1956). Statistical Mechanics, McGraw-Hill, New York.

38RQ. OBTENCIÓN DE UNA ARCILLA PILARIZADA COM ALUMINIO A PARTIR DE UNA MATRIZ NATURAL

DI SANTO, R.¹; MARTÍNEZ, S.¹; DUARTE, M.²; CARBAJAL RAMOS I.¹; GONZÁLEZ, J.¹

(1) Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo - San Rafael - Mendoza (2) Instituto de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (INIEC) - Universidad Nacional del Sur - Bahía Blanca. smartinez@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

Las arcillas del tipo esmectitas poseen importantes aplicaciones industriales, las cuales radican en sus propiedades fisicoquímicas. Dichas propiedades derivan de su pequeño tamaño de partícula y de su morfología laminar.

Las arcillas laminares intercaladas con polihidroxidaciones metálicas constituyen un grupo muy importante de materiales con una estructura microporosa de dimensiones moleculares. Estos materiales se preparan mediante un proceso de síntesis de varias etapas, la primera de las cuales consiste en el intercambio de los cationes interlaminares que compensan la carga neta negativa de las láminas de las arcillas esmectíticas por polihidroxidaciones metálicas, y posterior calcinación. Durante el proceso de calcinación, los policationes son transformados en pilares, los cuales mantienen separadas las láminas arcillosas de manera permanente. De esta forma se origina un entramado microporoso que presenta una elevada superficie específica.

En este trabajo el objetivo fue preparar bentonitas pilarizadas con polihidroxidaciones de aluminio, a partir de bentonita natural de grado enológico.

El procedimiento consistió en una clasificación por tamaño mediante tamizado mecánico, seleccionándose las partículas de malla 80.

Se realizaron varios ensayos utilizando como matriz sólida la bentonita natural lavada para remover las sales solubles. Se elaboraron matrices a las cuales se les removió los carbonatos mediante lavados con solución acético-acetato a pH 4,9. Todas las muestras se centrifugaron a 1000 r.p.m. y se secaron a 120°C.

Se preparó la solución pilareante de acuerdo al procedimiento descrito por Torkatz y Shabtai, mediante adición a 80°C, obteniendo una relación OH/Al de 2,2. Posteriormente, se envejeció esta solución a 80°C, durante dos horas, y a 20°C durante 24 horas y se adicionó lentamente sobre una suspensión de la arcilla en agua al 2% (p/v) a 60°C, teniendo una relación de 12 mmoles Al/g de arcilla. Finalizada la adición inició el proceso de intercalación, el cual consiste en 2 horas de calefacción a 80 °C y 12 horas a 20°C. Las muestras así obtenidas se lavaron con agua destilada, hasta lograr una diferencia de conductividad menor al 1,2% con la solución de lavado.

Los análisis químicos y termogravimétricos comprobaron la pilarización con el polihidroxidación de aluminio de la arcilla natural utilizada. La difracción de rayos X permitió comprobar que a consecuencia del proceso de pilarización, se presentó un aumento de la distancia interlaminares con respecto a la bentonita natural. Con el proceso de pilarización en la arcilla natural se logró un incremento de más del 250% del área específica para las arcillas tratadas.

ÁREA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

RESÚMENES

01RTAm. INFLUENCIA DE LA AISLACION DE UN RELLENO SANITARIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE NAPAS FREATICAS

BERNABEU, A.; PINO, A.

Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 - 3000 Santa Fe. bernabeu@unl.edu.ar; alpino@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

La Ley Provincial N° 11717 prohíbe los vertederos de basura a cielo abierto, y ordena que la misma debe disponerse en rellenos sanitarios, entre otros métodos.

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. Uno de los aspectos que debe tenerse en especial consideración es el referido a los efectos que pueden potencialmente generar la interacción de los líquidos lixiviados con las aguas superficiales o subterráneas. A fin de evitar dicha contaminación, es que se impermeabiliza el fondo y los laterales del relleno, y se efectúan controles que permiten monitorear el estado de la napa.

En este trabajo se analiza la tecnología aplicada para la aislación de las celdas del relleno sanitario de la ciudad de Santa Fe. Asimismo, se evalúa la calidad del agua de la napa freática, con el objeto de verificar si se ha producido contaminación de las mismas, y evaluar la performance de la aislación mencionada.

Para la evaluación del agua de la napa, se tomaron muestras de agua subterránea por año, desde 2001 a 2009, en dos freatrímetros practicados a tal efecto, a las que se le practicaron ensayos normalizados, y se comparan a modo de referencia con lo fijado como límite legal obligatorio para el consumo humano de agua potable, según la Ley Provincial N° 11220. Se determinaron metales pesados, hidrocarburos totales, pH, alcalinidad total, cloruros, DBO, DQO, nitrato, nitrito, fenoles totales, mesófilos, Coliformes totales y Coliformes fecales.

Respecto de la calidad del agua puede observarse en general que la napa no ha sido afectada por cuanto los valores observados tienen variaciones mínimas en general, a excepción de la carga microbiana que aumenta pero no resulta de una afectación significativa de la calidad, siendo su origen probablemente derivado del manejo de lixiviados o la creciente urbanización en la zona de ubicación del relleno sanitario. Por esto, se concluye que el sistema de aislamiento ha resultado satisfactorio a los efectos de preservar la calidad del agua, indicando que la impermeabilización del relleno ha cumplido su función.

02RTAm. ESTUDIO DE LA INACTIVACIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* EN AGUAS UTILIZANDO ACIDO PERACÉTICO Y SU COMBINACIÓN CON RADIACIÓN UV

FLORES, M.J¹; NIERES, P. D¹; CASSANO, A.E^{1,2}; LABAS, M.D^{1,2}

¹Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, UNL – CONICET, Santa Fe, Argentina.

²Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, Santa Fe, Argentina.

mflores@intec.unl.edu.ar

RESUMEN

La contaminación microbiológica del agua es un problema en constante estudio debido a su importancia tanto para la vida como para el desarrollo de toda civilización, el acceso al agua de bebida segura está limitado por la escasez física y económica, produciendo enfermedades y muerte.

La desinfección del agua es un proceso que tiene como objetivo volver inactivo al agente biológico contaminante y generalmente es la etapa final de una serie de procesos que tienen lugar en una planta potabilizadora de agua. En los sistemas de abastecimiento de agua este proceso se puede efectuar a través de agentes físicos, como la radiación UV, y mediante la dosificación de agentes químicos, principalmente el cloro. Sin embargo al reaccionar con la materia orgánica presente en las fuentes de aguas naturales, el cloro genera subproductos perjudiciales para la salud, entre los que se encuentran principalmente los compuestos halogenados.

Surge así la necesidad de desarrollar e implementar nuevas tecnologías que permitan obtener agua de buena calidad sin generar contaminantes químicos peligrosos. El ácido peracético (APA) se presenta como una opción “ecológica” debido a que no genera subproductos tóxicos persistentes, a la facilidad de aplicación del tratamiento, amplio espectro de actividad ante microorganismos, cortos tiempos de contacto y efectividad tanto para efluentes primarios como para secundarios.

El objetivo de este trabajo es estudiar la inactivación de *Escherichia coli* utilizando una solución comercial de ácido peracético como agente desinfectante (APA) y la combinación de la misma con radiación UV (APA/UV).

Se ensayaron diferentes concentraciones de APA (15% v/v) en presencia y ausencia de radiación UV (D= 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 mg APA/L) a diferentes tiempos de contacto. Como dispositivo experimental se utilizó un reactor anular batch bien mezclado de 2000 cm³ con una camisa de refrigeración conectada a un baño termostático que mantiene el sistema de reacción a una temperatura constante de 20°C. Este reactor es irradiado con una lámpara Philips TUV con un poder de radiación 15 W. Las lámparas utilizadas son de baja presión de vapor de mercurio conocidas como germicidas, que producen la mayor parte de su emisión a 253,7 nm.

La solución comercial de APA (15%v/v) resultó ser un agente desinfectante eficiente, incluso a bajas concentraciones, alcanzándose una inactivación de hasta el 99,9% a los cinco minutos empleando concentraciones superiores a 2 mg APA/L.

La combinación de UV/APA generó niveles de inactivación superiores a menores tiempos de contacto.

03RTAm. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE CICLONES CONVENCIONALES

ELORTEGUI, I.; PICO, L.O.; BARBOSA, M.R.

Facultad de Ingeniería. UNCPBA. Avda. A. del Valle 5737. 7400 – Olavarría.

E-mail: mbarbosa@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Los separadores ciclónicos en la industria se emplean, desde hace mucho tiempo, con diversos usos. Su construcción sencilla y bajos costos de mantenimiento han extendido ampliamente su utilización. La industria del cemento los aplica como limpiadores y recuperadores de polvo y como precalentadores del material que ingresa al horno de clínker.

La eficiencia del ciclón (η) está condicionada por un gran número de variables: geométricas, que determinan el tipo de ciclón (convencional, alta eficiencia, alta capacidad) y de operación (temperatura, T ; velocidad de entrada, V_i ; caída de presión, ΔP ; contenido de polvo, C ; etc).

En este trabajo se analiza la influencia de la temperatura sobre la eficiencia de separación en ciclones convencionales. Para estudiar la interrelación entre las variables se desarrolló un algoritmo de cálculo. Éste permite realizar diseños de ciclones cambiando la temperatura, lo que implica cambios en el caudal de entrada. El límite de la V_i corresponde a la velocidad de saltación ($V_S =$ valor de V_i al que ocurre el fenómeno de resuspensión del sólido). Cuando se incrementa la temperatura de operación, la V_i permitida también aumenta, por lo que la eficiencia se ve netamente favorecida.

Los resultados indican que el aumento de la eficiencia ocurre hasta cierto valor de temperatura, por encima del cual comienza una meseta en la curva de η vs. T . Esta meseta se convierte luego en un decrecimiento de la eficiencia cuando T sigue creciendo. Este efecto puede asociarse a combinaciones de las variables de diseño. Para una relación de $V_i/V_S = 1.25$ (óptimo de diseño) y un tamaño de partícula especificado, los ciclones de mayor tamaño logran su máxima eficiencia trabajando a temperaturas más elevadas. El incremento en la temperatura del gas tiene dos efectos: por una parte permite aumentar la velocidad de entrada, con lo cual la eficiencia crece cuando lo hace T . Por otra parte para temperaturas suficientemente grandes, la densidad disminuye y la viscosidad crece notablemente, con lo que el efecto resultante de las propiedades tiene más peso que el caudal de entrada.

En este marco es posible plantear un gran número de diseños factibles para analizar la evolución de la función $\eta(T)$. Sin embargo es necesario tener en cuenta que el conjunto de cálculos se encuentra acotado por la caída de presión admitida.

El estudio de la sinergia de las variables conduce a postular bases prácticas de diseño para estos dispositivos.

**04RTAm. VARIABILIDAD DE ALGUNOS INDICADORES DE MAYOR RIESGO
EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO DIAMANTE: TRAMO AGUA DEL
TORO-LA LLAVE**

GONZÁLEZ, H.J.; MARTÍN, J.C.; ZENOBI, G.; SÁNCHEZ, A.S.; BARRERA, M.

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.
Bernardo de Irigoyen 365 (5600), San Rafael, Mendoza, Argentina. E-mail:
hjgonza@satlink.com**

RESUMEN

Introducción: El Proyecto “**Variabilidad de algunos indicadores de mayor riesgo en la calidad del agua del río Diamante: tramo Agua del Toro-La Llave**” propone como objetivo central, realizar un estudio sobre posible incremento de Uranio, Radio, Plomo y Arsénico en el agua que utiliza el oasis de San Rafael, proveniente del río Diamante. Aguas abajo del embalse Agua del Toro, el río Diamante discurre por un cañón que toma contacto directo con una antigua explotación minera que dejó acumulación de colas y materiales con alto contenido de Arsénico y Plomo. El mismo río, luego de ser contenido en el embalse Los Reyunos, recorre un tramo antes de llegar a zonas urbanizadas donde recibe el aporte del arroyo El Tigre que atraviesa el yacimiento uranífero de Sierra Pintada, explotado por la CNEA.

La metodología empleada para lograr los objetivos es la siguiente: a)elaboración de un diseño de muestreo acorde a la descripción completa geológica, hídrica, morfológica, de modificación antrópica, de características socio-culturales, de la zona en estudio; b)puesta a punto de procedimientos para determinación de los analitos de interés: Arsénico por generación de hidruros, Plomo por AA en llama previa concentración en solvente orgánico, Radio por emanación de Radón y Uranio por fluorimetría; c) determinación de los elementos seleccionados y d)tratamiento de los resultados.

Resultados: se han realizado determinaciones de estos elementos en muestras de aguas superficiales de río, canales de riego, desagües y aguas subterráneas. Respecto al Uranio la media se ubica en 4 µg/L, por debajo de los valores recomendados para aguas de bebida y de riego. Sin embargo algún punto supera los 17 µg/L, lo que debe ser estudiado con atención. Para el Radio la media es de 0,13 pCi/L, y las legislaciones consideran un valor de 3 pCi/L como de alerta para el agua de bebida. El Plomo presenta un valor promedio de 38 µg/L. No son homogéneas las legislaciones respecto del elemento, pero se establece en general un límite de 50 µg/L para el agua de bebida. Algunos puntos superan los 60 µg/L. En cuanto al Arsénico, la media se encuentra en los 2,7 µg/L. Actualmente la legislación recomienda un límite de 10 µg/L para agua de bebida. Estos límites son constatables sólo si se emplea la técnica de generación del hidruro de arsénico y lectura en AA, aplicada en este trabajo. No aparecen riesgos actuales en la calidad del agua del oasis de San Rafael.

05RTAm. ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO PERSONAL

CATTANEO, M. P.; LÓPEZ SARDI, M.

Grupo de Investigación en Ingeniería Sustentable- Facultad de Ingeniería-
Universidad de Palermo.

mcatta@palermo.edu.ar

RESUMEN

La huella de carbono es una medida del impacto que las actividades humanas tienen en el medio ambiente en términos de la cantidad de dióxido de carbono emitido. Es útil para que países, organizaciones y personas, conozcan cuál es la contribución al calentamiento global de cada una de sus actividades.

La huella de carbono personal está determinada por la cantidad de combustibles fósiles que se necesitan quemar para producir la energía que se consume. Todos los productos y servicios que se consumen tienen su propia huella, la cual se hereda en el momento en que dichos objetos o servicios pasan a ser propios.

El objetivo, es hacer tomar conciencia a la comunidad educativa y a la comunidad en general, de la cantidad de CO₂ que cada uno emite con sus hábitos y consumos. En el año 2008 la SAYDS obtuvo mediante datos del INDEC una media de la huella de carbono personal de la Argentina, **de 5,71 toneladas de CO₂**. La huella de carbono media mundial es de **4 toneladas de CO₂**. El objetivo mundial para combatir el cambio climático es de **2 toneladas de CO₂**.

Se desarrolló una encuesta y una planilla de cálculo, para que sea utilizada por aquellas personas que desean conocer y minimizar su incidencia sobre el calentamiento global. A partir de 30 entrevistas que se realizaron (análisis exploratorio), los hallazgos son:

Causa de la emisión de CO ₂	Promedio de emisión anual en tn. de SAYDS	Porcentaje de entrevistados con emisión superior al promedio
Movilidad con colectivo	0,05	11,77 %
Residuos sólidos	0,02	47%
Consumo de electricidad	0,60.	40%
Consumo de gas	0,57	47%
Consumo de energía	1,14	43%
Porcentaje de alimentos de origen animal	1,63	87%
Emissiones totales	5,71	43%

	Porcentaje de entrevistados
Movilidad con autos nafteros particulares	47%
Casi nunca recicla	56,67%
Nunca compra alimentos orgánicos o los cultiva exclusivamente.	40%
Sólo compra alimentos y productos de origen local	3%

Se ha hecho una devolución a cada uno de los entrevistados con sugerencias para minimizar su huella de carbono.

Estos resultados, tan alejados de los objetivos mundiales, ponen de manifiesto la necesidad de difundir el concepto de la Huella de Carbono entre la población, sus recomendaciones para reducirla y para que se transforme en una variable usual a tener en cuenta, a la hora de decidir qué comprar o cual va a ser nuestro estilo de vida.

06RTAm. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE UN EMBALSE DE LA CIUDAD CAPITAL DE LA RIOJA, ARGENTINA

MORENO S.M.¹; MALDONADO V.N.¹, CALVO G.A.¹; BERMEJO D.¹; SANCHEZ CHUMBITA P.N.¹

**1.Instituto de Tecnología Agroindustrial-(ITA).Universidad Nacional de La Rioja
Avda. Luis M. de La Fuente S/Nº - (5300) La Rioja- Argentina.
EMAIL : smoreno@unlar.edu.ar**

RESUMEN

En el departamento Capital, de la provincia de La Rioja a 480 metros sobre el nivel del mar y hacia el Oeste en el límite con el departamento Sanagasta, se encuentra emplazada la única fuente superficial de riego, agua de uso humano, recurso ictícola y de uso deportivo denominado "Dique Los Sauces", siendo sus coordenadas 29°23'16,05'' Sur y 66°58'35,85'' Oeste.

Esta fuente de agua en la última década ha sido utilizada de manera intensiva e indiscriminada para el consumo humano, el riego y actividades deportivas; considerando además que el agua se desplaza por zonas pobladas, es necesario conocer la especificación de los valores en los aspectos microbiológicos del agua del embalse en distintas épocas del año. Permitiendo evaluar con más detalle la calidad de la misma y a partir de esta instancia plantear las estrategias para conservarla o bien mejorarla en sus condiciones ecológicas – sanitarias.

El estudio del agua del Embalse, se realizó durante los meses de Enero a Diciembre mediante muestras individuales, sobre un total de 72 muestras, tomando como unidad de análisis una porción de la misma correspondiente a un litro; se analizaron los siguientes parámetros: pH, temperatura del agua, coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterótrofas.

Los criterios de elección para la muestra fueron:

a) Espacial y estratificada: se fijaron tres estaciones de muestreo, club de pesca, casilla de medición de cota, y canal de salida. Se extrajo una muestra a una de profundidad de dos metros.

b) Temporal: el muestreo se realizó mensualmente, en el transcurso de tres años.

Las técnicas analíticas utilizadas son las recomendadas por APHA, AWWA, WPCF.

Para la interpretación y el análisis de resultados se utilizó el software STATGRAPHICS PLUS 4.0. Se planteó un Diseño Multifactorial Categórico, para los tres factores: Punto de Muestreo (Casilla de Medición, Club de Pesca, Canal de Salida); estación del año (Verano, Otoño, Invierno, Primavera) y periodo 2002 a 2004, en un 95% de nivel de confianza, para cada parámetro.

Las muestras analizadas, en todas las estaciones de muestreo, no superaron los valores normalizados por el C.A.A., bacterias coliformes totales (<2 NMP/100ml) y bacterias heterótrofas(<100UFC/ml), de Abril a Octubre, observándose que en los meses más cálidos, Noviembre-Marzo, se produjo un aumento en los parámetros microbianos indicadores de contaminación fecal(4-16 NMP/100ml); dicho comportamiento estaría influenciado por el aumento de la temperatura y el mayor uso recreativo- deportivo del recurso hídrico.

07RTAm. RECUPERACIÓN DE FENOL CON MLE: VARIABILIDAD DE LA ABSORTIVIDAD EN UV EN FUNCIÓN DEL pH

BALANZA, M. E.; ORDÓÑEZ, A. L.; SANTIBÁÑEZ, M. E.; MARTINEZ, A. S.; CARULLO, C. A.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria- Universidad Nacional de Cuyo -
mbalanza@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

El fenol y sus derivados son contaminantes tóxicos del agua, encontrados frecuentemente en efluentes de varios tipos de industrias. La remoción de fenol mediante MLE viene siendo ampliamente investigada debido a que este método presenta algunas ventajas frente a otros métodos de separación. (Mortaheb et al, 2008). El método en general consiste en la penetración del fenol desde la fase acuosa externa a la interna de stripping, a través de una membrana orgánica. La solución de stripping, en este caso, contiene concentraciones variables de NaOH, en el cual el fenol es muy soluble.

La medición de la eficiencia del proceso se efectúa midiendo las concentraciones inicial y final de fenol en la solución acuosa externa. Si bien existen varios métodos para la determinación de las concentraciones de fenol en una solución acuosa diluida, la mayoría son costosos o requieren de largos procedimientos químicos. Un método muy sencillo y de bajo costo es la medición espectrofotométrica de la absorción de luz UV a 270 nm, longitud de onda a la cual el fenol presenta un máximo de absorción. Sin embargo, la absorptividad o coeficiente de extinción es variable con el pH de la solución, lo que representa un problema, dado que si la emulsión primaria no es muy estable, el NaOH modificará el pH de la solución dadora, pudiendo invalidar la determinación de la concentración final de fenol.

El objetivo fue determinar la variabilidad de la absorptividad de soluciones acuosas de fenol a 270 nm, en función de su pH.

A partir de una solución patrón de 500 mg de fenol/litro se preparó una serie de diluciones a 200 mg/l, cada una con diferencia de 0,5 unidades de pH, entre pH 5,5 y pH 10 y se midió la absorbancia a 270 nm, en cubetas de cuarzo de 1 cm. De los valores obtenidos se calcularon los coeficientes de extinción, que mostraron valores variables en constante incremento a medida que aumenta el pH. En pH ácido y hasta pH 7,5 el incremento ocurre en forma lineal ($A = 0,085 C - 0,340$; $R^2 = 0,993$), aunque superando este valor de pH el incremento se vuelve exponencial. ($A = 0,94 C^2 - 14,5 C + 56,45$; $R^2 = 0,980$).

Se concluye que para utilizar el método en la determinación de la eficiencia de remoción de fenol de una solución acuosa mediante MLE, previo a la lectura debe ajustarse el pH de forma que la variación del mismo entre ambas lecturas sea inferior a 0,1 unidades de pH.

08RTAm. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL CARBON ACTIVADO EN POLVO EN LA REMOCION DE PLAGUICIDAS EN AGUA.

WILLIMAN, C.¹; MONTTI, M.²; NAVARRO, A. ³; RONCO, A.¹; ROSALES, R. ².

¹Centro de Investigaciones del Medio Ambiente. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata.

²Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos.

³Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata.

Av. Monseñor Tavella 1450- Concordia- Entre Ríos- Argentina.

E-mail: willimanc@fcal.uner.edu.ar

RESUMEN

La intensificación de cultivos y la necesidad de aumentar los rendimientos agrícolas han incrementado el uso de agroquímicos, los cuales pueden ser transferidos por diferentes mecanismos a las reservas de agua y ser causales de contaminaciones, generando un impacto negativo en el ambiente y salud humana. Su degradación y/ o eliminación es un mecanismo complejo y la utilización de estas fuentes de agua para el consumo poblacional requiere de la aplicación de diversas metodologías para lograr su remoción en los procesos de potabilización, siendo una de las más relevantes la aplicación de carbón activado y su eficacia dependerá de la solubilidad del compuesto, el adsorbente y el adsorbato. El objetivo planteado fue evaluar la capacidad de adsorción a diferentes concentraciones de carbón activado y tiempos de contacto para distintos plaguicidas tales como: endosulfan, endrin, transclordano, diazinon, malathion, fenitrotrion, clorpirifos, triadimefon, ethion, miclobutanil, penconazole y propiconazole. Se utilizaron blancos de muestras y muestras adicionadas de agua previamente sedimentada a 0,03 µg/l para compuestos organoclorados y 2,0 µg/l para organofosforados y triazoles, teniendo en cuenta los límites máximos permitidos por la legislación vigente. Los ensayos de adsorción se efectuaron con 5, 10, y 15 miligramos de carbón activado en polvo por litro de agua, tiempos de contacto de 5, 10 y 20 minutos y agitación a 40 rpm. Las muestras se procesaron por triplicado, utilizando cartuchos con 0,5 g C₁₈, elusión con acetonitrilo, evaporación hasta sequedad y reconstitución con 300 µl de acetonitrilo. Las determinaciones analíticas se efectuaron por cromatografía gaseosa con detector de micro captura de electrones. Los resultados indicaron que ambas variables tienen efecto en el proceso, aunque el tiempo de contacto es la de mayor incidencia. La remoción de los organoclorados y malathión fue casi total para concentraciones de carbón de 10 y 15 mg/l a 10 y 20 minutos. La remoción para los triazoles varió entre un 30 y 58%. Para los restantes analitos los porcentajes fueron más variables, con un 50 y 92 % para fenitrotrion y diazinon respectivamente. Podemos concluir que la efectividad del proceso es diferente según la naturaleza del plaguicida, sin embargo aumentando la concentración y tiempos de contacto podrán lograrse mejores remociones, aunque en los procesos de potabilización existen otras variables a ensayar para optimizar la misma. Estos resultados podrán ser trasferidos a fin de lograr la toma de decisiones preventivas para el mejoramiento de la calidad del agua.

09RTAm. EL USO DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA EN EL MODELADO DINÁMICO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

PERALTA, J.; ROSA, M.; TROMBINI, G.; BONATERRA F.; CÓRDOBA, C. ¹

**1. Facultad Regional Villa María – Universidad Tecnológica Nacional. Avda. Universidad 450 - (5900) Villa María, Córdoba - Argentina
E-mail: josperalt@yahoo.com**

RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de lodos activados constituye una de las tecnologías más difundidas y de mayor aplicación en la biodegradación aeróbica de efluentes tanto urbano-domiciliarios como industriales. Básicamente consiste en una instalación compacta integrada por un reactor biológico donde la materia orgánica es transformada en biomasa, la cual es luego separada en un sedimentador secundario que clarifica el efluente tratado y desde el cual una cierta cantidad de lodos se recircula a la corriente de alimentación al reactor. Esta última condición es lo que diferencia a este proceso de las lagunas aireadas, en las cuales no existe tal recirculación.

Para lograr un funcionamiento eficiente del proceso en régimen estacionario es necesario un control riguroso de sus variables, siendo por lo tanto de suma importancia conocer en profundidad el comportamiento dinámico del sistema a los fines de poder contrarrestar en el menor tiempo posible las variaciones que afecten la estabilidad del proceso. Por este motivo se plantea como principal objetivo del presente trabajo, analizar el comportamiento dinámico del proceso de lodos activados usando como herramienta la simulación.

Para ello se utilizó el modelo propuesto por Gil Rodriguez (2005), el cual se compone de las ecuaciones que describen las salidas del reactor biológico (S_a y X_a), y del sedimentador secundario, constituidas por la corriente de clarificación (S_e y X_e) y la corriente inferior de lodos (S_r y X_r). Para la simulación se utilizó el programa Simulink, una herramienta interactiva para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos. Como una extensión de Matlab, Simulink adiciona muchas características específicas a los sistemas dinámicos, mientras conserva toda la funcionalidad de propósito general de Matlab. El programa permite construir diagramas de bloque gráficos, desarrollar algoritmos, analizar y visualizar simulaciones para evaluar el rendimiento del sistema y refinar sus diseños (Arce Rubio y Vianna Raffo, 2009).

Analizando los resultados de la simulación se logra determinar, para distintas situaciones de inestabilidad del proceso, las variables más significativas con la finalidad de operar sobre las mismas para lograr la normalización del sistema en el menor tiempo posible.

Como conclusión general del trabajo se puede establecer la versatilidad de la herramienta informática utilizada para el análisis del comportamiento dinámico del proceso convencional de lodos activados.

REFERENCIAS

Arce Rubio A.; Vianna Raffo G. Manual de Simulink para la Asignatura de Teoría de Sistemas. Sevilla, España, 2009.

Gil Rodriguez M. Procesos de Descontaminación de Aguas. Cálculos Informatizados Avanzados. Thomson Editores Spain, España, 2005.

10RATm. APLICACIÓN DE INDICES E INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ESTUDIO DE AREAS HOMOGENEAS EN SAN RAFAEL.

BONINO, A; NAJAR L. E; ZENOBI G.; PRÓSPERI S. B.; FERRARO, L.; MARTINEZ R.; SOBRINO, D.M.; MIGUELO, T.; MARTELLI P. P.; DE ONDARRA, J.

RESUMEN

La sostenibilidad económica del departamento de San Rafael, obliga a implementar estrategias para lograr su eficacia y capacidad competitiva local y regional y para definir sus potencialidades territoriales para la producción y el turismo.

Definir indicadores ambientales que contemplen las actividades socioeconómicas de la región. Consideraciones del medio perceptual en los diferentes entornos, el medio paisajístico y una conexión con los núcleos turísticos.

Los resultados de índices junto con los mapas de sensibilidad ambiental y el registro fotográfico de los entornos del Departamento generados para la identificación y análisis de los elementos naturales y los efectos antrópicas servirá a la definición de planes de ordenamiento territorial y lineamientos de desarrollo basados en criterios de sustentabilidad para nuevas actividades antrópicas y mitigación de las existentes.

Relevar distintas actividades del Departamento que permitan definir indicadores ambientales específicos. Caracterizar unidades de paisaje y evaluar los efectos antrópicos con Indicadores específicos. Se recorren los distintos entornos de unidades homogéneas y se realiza un registro fotográfico específico.

La sostenibilidad económica del departamento de San Rafael, obliga a implementar estrategias para lograr su eficacia y capacidad competitiva local y regional y para definir sus potencialidades territoriales para la producción y el turismo.

Además cabe tener en cuenta el continuo crecimiento económico del Departamento en actividades tradicionales como así también en otros aspectos como el turístico y nuevas industrias.

Las prioridades que, desde nuestra perspectiva, deben ser tomadas en cuenta para la aplicación de indicadores y con éstos para la evaluación de la política ambiental, parten de la necesidad de establecer objetivos ambientales más específicos, promoviendo la definición de metas cuantificables que puedan ser evaluadas mediante indicadores de desempeño y, de esta manera, el establecimiento de compromisos de estrategias y la programación a largo plazo.

En base a los parámetros analizados de suelo, vegetación tanto natural como introducida, estado de desertificación, grado de erosión, curvas de nivel, desarrollo de rutas, áreas ambientales, desarrollo comercial, podemos establecer relaciones y sacar conclusiones respecto del mismo. Como por ejemplo podemos concluir que nuestro departamento de San Rafael tiene un porcentaje de 59.5 % de nivel de desertificación Moderado, y presenta un 13,2 % de muy alto peligro de desertificación.

**11RTAm. IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL DE ZONAS
CONTAMINADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO
SANTA LUCÍA - SAN JUAN**

JAIME, L.¹, AVENDAÑO, N.², IBIZA, V.²; SALINAS, H.²; MARTÍN, C.²

1 - Departamento de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan - Av. Libertador San Martín 1109 (o), San Juan, Argentina.

2 - Instituto de Investigaciones Administrativas y Contables - Facultad de Ciencias Sociales - Universidad Nacional de San Juan - Av. Ignacio de la Rosa y Meglioli, San Juan, Argentina.

E-mail: bettinajaime@gmail.com ; bettinajaime@hotmail.com

RESUMEN

Se analizó la relación existente entre los focos de contaminación provocados por el vertido ilegal de residuos sólidos en Santa Lucía y los vecinos de las zonas afectadas, incluyendo los actores sociales presentes en esos vertederos, situación social, fuentes de trabajo y consecuencias para su salud, resultantes del ambiente circundante. Además se evaluó la contaminación de agua, aire y suelo. Por otra parte se realizó la valoración económica del impacto ambiental que origina la presencia de estos “basurales”.

Los objetivos del trabajo consistieron en detectar y localizar los sitios utilizados como vertederos a cielo abierto o “basurales”, estudiar la situación socioeconómica de los actores presentes y de la población localizada en su área de influencia, analizando además las condiciones de salud de la comunidad, y estimar el costo social, económico y ambiental resultante de esas prácticas ambientales.

Se realizó un estudio de carácter exploratorio descriptivo, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas. Se llevaron a cabo encuestas, entrevistas, observación directa y análisis de contenido. Se utilizó información catastral, observación directa respaldada por material fotográfico y datos brindados por organismos gubernamentales.

Como resultado de este trabajo de investigación se identificaron y localizaron nueve basurales transitorios, clasificados como microbasurales, cuyo volumen aproximado es de 3 m³, cuatro sitios de vertido de residuos de tamaño mediano, entre 3 y 5 m³, y 2 mayores a 5 m³. Las zonas más afectadas se ubicaron en el norte y este del Departamento. Según la información obtenida en los Centros de Salud se detectó la existencia de enfermedades relacionadas con los basurales prevaleciendo enfermedades de piel, respiratorias y del aparato digestivo. Se observó una importante cantidad de menores realizando tareas de separación y recolección en los basurales en horarios escolares, lo que evidenció problemas de ausentismo y deserción escolar. Se determinó que las zonas cubiertas con basurales detienen o interfieren en los planes de urbanización y son factores de desvalorización de las tierras y de los inmuebles situados en sus inmediaciones.

Como conclusión, se detectó situación social vulnerable, inestabilidad laboral, situación habitacional precaria e insegura, presencia de enfermedades infectocontagiosas, contaminación de suelo, agua y aire, e importante desvalorización de los terrenos.

**12RTAm. APLICACIÓN DE ARCILLAS MODIFICADAS QUÍMICAMENTE
COMO POTENCIAL TRATAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DE LA D.B.O Y
D.Q.O. DE ENFLUENTES INDUSTRIALES**

FERNÁNDEZ, L.G; TUMA M.V.; SÁNCHEZ, M. P.

**Departamento de Química-Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del
Comahue-Neuquén
fernalg@yahoo.com**

RESUMEN

El tratamiento y segregación de efluentes industriales de forma correcta y en cumplimiento con el marco legal, se ha convertido en este último tiempo en una tarea difícil de cumplir.

El vuelco de efluentes fuera de los parámetros exigidos, genera en el ambiente un alto grado de degradación y contaminación. La mayoría de los efluentes líquidos tratados tienen como cuerpo receptor cursos de agua, por lo que su correcto tratamiento se convierte en una obligación imperiosa para poder garantizar la calidad del agua, elemento indispensable para la vida.

Esta problemática motivó la posibilidad de estudiar el uso de arcillas modificadas químicamente como una tecnología de tratamiento alternativa con el objeto de disminuir la Demanda biológica de Oxígeno (D.B.O.) y la Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) presentes en un efluente industrial.

Una arcilla natural (montmorillonita) correspondiente a un yacimiento ubicado en las cercanías del Lago Pellegrini, Cuenca Neuquén-Río Negro fue modificada mediante injerto covalente del silano trifuncional viniltrimetoxisilano (VTMS) siguiendo una vía anhidra y posteriormente hidrolizada. La modificación química aumenta la hidrofobicidad con respecto a la natural.

La efectividad de las modificaciones, fue analizada por medio de técnicas cualitativas y cuantitativas como medición del ángulo de contacto al agua, rayos X (DRX), análisis termogravimétricos (TGA-DTA), espectroscopia de Rayos X por Energía Dispersiva (EDX) y espectrofotometría infrarroja (IR).

Las arcillas modificadas fueron contactadas en modo batch con el efluente (con valores máximos de 2830 y 4266 mg/L para D.B.O y D.Q.O respectivamente) para analizar la posibilidad de retención de la materia orgánica, explotando interacciones hidrofóbicas. Se analizaron parámetros de interés sobre la eficiencia en la retención, tales como dosaje de sólido, tiempo de contacto, pH del efluente y técnicas de separación luego del contacto.

Las dos montmorillonitas modificadas (sólo silanizada y silanizada e hidrolizada) resultaron potenciales reductoras de la materia orgánica, alcanzando porcentajes de adsorción del 71 %.

Como resultado puede enunciarse que es posible la aplicación de una arcilla modificada de origen y modificación local para el tratamiento de efluentes industriales con el objeto de disminuir la D.B.O. y la D.Q.O.

13RTAm. POLIMERIZACIONES IN SITU SOBRE UNA MONTMORILLONITA PARA SU APLICACIÓN EN MATERIALES NANOCOMPUESTOS DE INTERÉS INDUSTRIAL

FERNÁNDEZ, L.G; CASTRO, R.; SÁNCHEZ, M. P.

**Departamento de Química-Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del
Comahue-Neuquén
fernalg@yahoo.com**

RESUMEN

Los depósitos arcillosos de La Patagonia han sido explotados desde 1940. Existen yacimientos en las provincias de Santa Cruz, Chubut, Neuquén y Río Negro. En nuestra región existen materiales arcillosos de excelente calidad y son utilizados principalmente con aplicación en la construcción.

Es conocido el hecho que pueden ser utilizados en campos tan amplios como soporte de catalizadores y adsorbentes y que en la actualidad modificaciones químicas de los mismos permite su ingreso al mercado de la síntesis de materiales nanocompuestos, biosensores, electrodos etc. Con una visión tecnológica, en este trabajo se modifica una arcilla regional rica en montmorillonita (Es) sin ningún tipo de tratamiento previo mediante la técnica de polimerización in situ, vía radical libre.

El campo emergente de la síntesis de nanocompuestos, requiere mejorar la afinidad entre los componentes orgánicos e inorgánicos, para evitar la formación de interfases. Dado que nuestro interés se centra en la síntesis de nanocompuestos a partir de polímeros hidrofílicos e hidrofóbicos, se seleccionaron dos polímeros que reunieran estas características para llevar a cabo las polimerizaciones en la montmorillonita.

Es posible utilizar ciertos sitios naturales de estos materiales como anclaje de un componente silano funcionalizado. En dicha funcionalidad, el silano es el portador de sitios activos específicos y por lo tanto, su selección depende de la aplicación que pretende realizarse con el sólido modificado. La selección de la ruta y las condiciones de reacción durante la silanización, determinan la cantidad y configuración del silano injertado sobre la superficie del mineral. En este trabajo se selecciona el viniltrimetoxisilano (VTMS) con el objeto que el mineral arcilloso disponga sobre su superficie del doble enlace $C = C$, grupo que por un lado brinda hidrofobicidad y por otro permite una subsecuente polimerización por el método de crecimiento de polímero desde la superficie, dando lugar a un producto híbrido.

El producto híbrido hidrofílico se lo obtuvo por subsecuentes reacciones: una hidrólisis del mineral silanizado y la polimerización en fase acuosa de 1-vinil-2-pirrolidona (VP) como monómero, utilizando peróxido de hidrógeno como iniciador. Como resultado se sintetiza un material con centro inorgánico y la polivinilpirrolidona (PVP) anclada.

Por otro lado, el producto híbrido hidrofóbico, se lo obtuvo por la polimerización del monómero acetato de vinilo (AcV), utilizando acetato de etilo como solvente (AcE) y peróxido de benzoílo como iniciador, para dar lugar al anclaje del poliacetato de vinilo (PVac).

Los productos resultantes son caracterizados por Difracción de Rayos X, medición de Ángulo de contacto al agua y Espectrofotetría infrarroja.

14RTAm. GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA MINERA

LEFTER M.; GONZALEZ L.; ALMAZAN M.L.

Facultad de Ingeniería-Consejo de Investigacion Universidad Nacional de Salta
leftterm@unsa.edu.ar

RESUMEN

Hoy Salta posee alrededor de un millón de hectáreas destinadas a proyectos de exploración y explotación minera. Entre los minerales no metalíferos que se extraen, los boratos y derivados ocupan los primeros lugares en cuanto a volumen de producción. Los residuos sólidos de esta industria son mezclas del mineral de donde se extraen los compuestos de boro. Los recursos naturales son finitos, y por tanto, el itinerario que recorren estas materias primas en las diferentes bases de elaboración, consumo y uso deberían gestionarse fomentando y facilitando la reutilización y el reciclaje de los materiales para evitar su derroche y perdida ó la contaminación ambiental que producen, de cara a las generaciones futuras. En base a esto, el fin que podemos darle es de utilizar el residuo como materia prima para obtener productos cerámicos que son materiales inorgánicos formados por compuestos no metálicos y estabilizados mediante un proceso de cocción. La cerámica puede ser vidriada o no vidriada, porosa o vitrificada. La cocción de cuerpos cerámicos produce una transformación de los minerales constituyentes, que depende del tiempo y de la temperatura, y que en general da lugar a una mezcla de nuevos minerales y fases vítreas. El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente: preparación de las materias primas, conformación y secado en crudo de la pieza, cocción o cocciones, con o sin esmaltado, tratamientos adicionales, clasificación y embalaje.

La resistencia de las vitro-cerámicas a los choques mecánicos es grande debido, en gran medida, a la eliminación de los poros concentradores de esfuerzo ó disminución en el tamaño de los poros que en el presente trabajo muestran una estrecha relación con los valores de modulo de ruptura, MOR; modulo de elasticidad, E.

Muestra	MOR (MPa)	E (MPa)	Porosidad ap %	Absorcion de agua
Residuo-Arcilla 1:1 900°C	2.60	14,00	1.00	10
Residuo-Arcilla-CaO 5.4:1 900°C	5,40	120.00	0,85	8
Residuo-Arcilla-CaO 5.3:2 900°C	5,80	160,00	0.80	8
Residuo-Arcilla-CaO 7:2:1 900°C	5.00	130,00	0,90	9
Patron comercial	3.00	22,00	1,20	10

Con los ensayos realizados, se demuestra la factibilidad del uso de este residuo como materia prima base, para la obtención de un material vitro-cerámico, de alta resistencia mecánica, apto para la construcción.

Palabras clave: cerámico, boro, residuo, materia prima.

15RATM. RECUPERACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE STRIPPING EN PROCESOS DE MEMBRANAS LÍQUIDAS EMULSIONADAS (MLE)

BALANZA, M. E.; ORDÓÑEZ, A. L.; MARTINEZ, A. S.; CARULLO, C. A. SANTIBÁÑEZ, M. E.; CANALES, W.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria- Universidad Nacional de Cuyo - mbalanza@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

El proceso de separación de solutos de una corriente acuosa a través de membranas líquidas emulsionadas (MLE) consiste fundamentalmente en el uso de dobles emulsiones (W-O-W), en las que una solución acuosa receptora (o de stripping) se emulsiona primariamente en un medio no polar que constituirá la membrana (o contendrá sustancias que actúen como tales) a través de la cual se pueden transportar, por diversos mecanismos, los solutos con interés de recuperación contenidos en la solución acuosa en la que se produce la emulsión secundaria. Estos procesos permiten así remover solutos de grandes cantidades de soluciones diluidas, obteniendo una cantidad menor de una solución receptora con una mayor concentración de las especies removidas. Se requiere, para un buen funcionamiento del proceso, que la emulsión primaria tenga alta estabilidad, a los efectos de que pueda utilizarse el tiempo suficiente y permita una buena separación. En general, en la mayoría de los casos, la emulsión secundaria suele separarse fácilmente dejando una solución acuosa purificada y una fase membrana enriquecida en el soluto conformada todavía por la emulsión primaria. Esta fase membrana puede resultar mucho más difícil de separar a los efectos de recuperar, por un lado, los componentes orgánicos no polares y por otro la solución de stripping enriquecida, debiendo recurrirse a diferentes métodos para la ruptura de la emulsión.

El objetivo del trabajo fue el diseño y la construcción de un equipo de laboratorio que facilite la separación, provocando la coalescencia de la fase acuosa mediante la generación de un campo electrostático.

El equipo construido permite trabajar con volúmenes de emulsión de 50 a 300 ml y el campo electrostático se genera mediante dos electrodos de alambre de acero inoxidable, uno de ellos sumergido en solución saturada de KBr y aislado de la solución a desemulsificar mediante una película de material plástico, conectados a una tensión eléctrica variable de hasta 16000 V, lograda a partir de un transformador alimentado con tensiones variables entre 30 y 220 V.

El equipo cuenta además con protecciones de seguridad para el operador y ha permitido buena separación de diferentes emulsiones empleadas en la recuperación de distintos solutos por MLE, requiriendo que para cada caso particular se establezcan los niveles óptimos de las variables tensión eléctrica y tiempo de la aplicación.

16RTAm. UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA REGIONAL COMO ENERGIAS ALTERNATIVAS

**BOSCHIN E., CEPIRIANI J., CERIONI J., CAMERA M., LUCERO C.,
GARCIA JURI A., QUILES A., SANTISTEBAN J.**

**Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314,
C.P. 5600, San Rafael, Mza., Argentina. Tel/Fax 0260-4421078**

E-mail: aquiles@frsr.utn.edu.ar

RESUMEN

Como objetivo del proyecto se propuso buscar una alternativa para aprovechar la biomasa disponible en la región del sur de la Provincia de Mendoza a partir del tratamiento adecuado de residuos agroforestales y agroindustriales en la fabricación de briquetas, dentro del marco de combustibles alternativos.

La metodología propuesta se canalizó en tres (3) etapas:

1. Caracterización de la biomasa de la región
2. Ensayos para la transformación de la biomasa en briquetas cilíndricas
3. Difusión el proyecto

Los resultados más favorables, se obtuvieron con las briquetas de huesos de aceituna, estas muestras fueron sometidas a ensayos de poder calorífico en los laboratorios del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), bajo las normas ASTM D 1762 y JIS 8814.

El poder calorífico de las briquetas de huesos de aceituna es de 4.844 Kcal/kg. Estos resultados son satisfactorios ya que el poder calorífico de la leña oscila entre las 2.000 - 5.000 Kcal/kg dependiendo de la especie que se trate y sobre todo la humedad que contenga.

Como conclusiones, para obtener briquetas con las condiciones apropiadas de dureza, tamaño y fragilidad se debe considerar:

- Separar el hueso de la pepita. Éste subproducto contiene aceite, y por ende evita la compactación del residuo.
- Secar el producto. La humedad de los carozos no debe superar el 13%.

La máquina para fabricar las briquetas, trabaja bajo el principio de fuerza en la compactación, presentando la ventaja de no necesitar ningún tipo de aglutinante, sin embargo, se puede incorporar aglutinante con el objeto de mejorar las propiedades de compactación del producto.

Bibliografía consultada

Manuales de energías renovables II / Energía de biomasa. Editorial Instituto para la diversificación y desarrollo de energía. Edición 2007.

17RTAm. PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA DEGRADACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS DE FENOL

di LUCA, C., IVORRA, F.D., MASSA, P.A., FENOGLIO, R.J.

INTEMA/Fac. de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata
pamassa@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En los estudios de remediación, el fenol suele considerarse como contaminante orgánico modelo, por su representatividad y su resistencia frente a las técnicas de tratamiento más convencionales. Entre las alternativas de detoxificación más limpias y efectivas se encuentran los procesos de oxidación avanzada, que aprovechan el alto potencial de oxidación de los radicales hidroxilos para mineralizar compuestos orgánicos en condiciones próximas a las ambientales. Una de sus variantes más promisorias es la oxidación catalítica con peróxido de hidrógeno (CWPO). La reacción se lleva a cabo utilizando sistemas tipo "Fenton heterogéneo" que consisten en especies de iones metálicos soportadas sobre materiales sólidos. De esta manera, se superan algunas de las principales desventajas de los sistemas Fenton clásicos que operan en fase homogénea.

Nuestro objetivo general es desarrollar catalizadores heterogéneos que resulten activos y selectivos para la oxidación completa de soluciones concentradas de fenol. Para ello se sintetizaron y caracterizaron diferentes sistemas catalíticos de Fe_2O_3 utilizando *pellets* de Al_2O_3 comercial como soporte. Se estudió el efecto de la concentración de catalizador-contenido de fase activa y de la concentración de oxidante en los niveles de mineralización obtenidos en la reacción de CWPO de soluciones de fenol (5000 ppm). La reacción se llevó a cabo a presión atmosférica y 70 °C, en un reactor tipo *batch* durante 4 hs. Se realizaron determinaciones de concentración de fenol (método colorimétrico estándar con 4-aminoantipirina), concentración de H_2O_2 (titulación iodométrica) y Carbono Orgánico Total (analyzer COT) en función del tiempo y se cuantificaron los niveles de lixiviado de la fase activa del catalizador, por absorción atómica.

Los catalizadores resultaron activos y selectivos en las condiciones estudiadas. El aumento de la concentración de catalizador produjo un incremento en los niveles de mineralización obtenidos (estimados en función de la disminución del carbono orgánico de la solución). Debido al consumo parcial del oxidante, se observaron mejores niveles de mineralización para concentraciones de oxidante subestequiométricas. Durante la reacción se observó la acumulación de intermediarios ácidos, más resistentes a la oxidación, que promueven la lixiviación de la fase activa. Se propone el aumento de la temperatura de calcinación de los catalizadores como estrategia para mejorar su estabilidad en las condiciones de operación.

18RTAm. APLICACIÓN TECNOLÓGICA DE ARCILLAS REGIONALES MODIFICADAS QUÍMICAMENTE PARA LA REMOCIÓN DE PLATA DE SOLUCIONES ACUOSAS

FERNÁNDEZ, L.G; VERGARA BARRIL E.R.; SÁNCHEZ, M. P.

**Departamento de Química-Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del
Comahue-Neuquén
fernalg@yahoo.com**

RESUMEN

En el presente trabajo se planteó como objetivo principal contribuir con la sociedad y el medio ambiente, analizando una tecnología alternativa de desarrollo local para purificar efluentes acuosos contaminados con metales pesados.

Es conocido el hecho que algunas arcillas presentan una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo que pueden ser utilizadas para remover metales pesados. Con el objeto de mejorar la eficiencia en el intercambio, una arcilla constituida por un 98% de montmorillonita (Es), fue modificada mediante el enlace covalente del silano de grado analítico 3-aminopropiltrimetoxisilano (APS). La arcilla obtenida (EsAPS) fue caracterizada por diversas técnicas (TGA-DTA, DRX, IR, Ángulo de contacto, Potencial zeta) que demuestran en su conjunto el intercalado del APS en la estructura de la arcilla y la modificación de las propiedades originales.

Se investigó la capacidad de retener plata de soluciones acuosas con la arcilla natural (Es) y la modificada (EsAPS) en contacto tipo batch y a pH libre. Resulta evidente la mejora lograda en la cinética de adsorción, indicada por una reducción del 25 % del tiempo necesario para alcanzar el equilibrio.

Los datos de equilibrio fueron modelados según las isothermas de Langmuir y Freundlich evidenciando una mayor fidelidad del ajuste al primer modelo. Se observó una mejoría en la capacidad máxima de adsorción en la monocapa de EsAPS respecto a la Es para la retención de plata. En todo el rango de concentración estudiado, EsAPS duplica el uptake de equilibrio con respecto a la arcilla natural.

Con el objeto de generar un producto comercial, se replicó la modificación con un silano de disponibilidad comercial (Silquest), manteniendo el producto resultante (EsSilquest) los cambios estructurales identificados en el DRX de EsAPS.

El estudio de retención de plata fue llevado a tratamiento en un proceso semi-continuo por medio del tratamiento de la solución a través de una columna de adsorción empacada a escala laboratorio con EsSilquest soportada en grava. El uptake de saturación resultó de 40,72 meq/g. Finalmente, se determinaron parámetros de diseño necesarios para proceder a un cambio de escala para el tratamiento de grandes volúmenes de efluentes contaminados con plata.

19RTAm. BÚSQUEDA DE MICROORGANISMOS EXTREMÓFILOS EN LA ZONA DEL VOLCÁN PETEROA

GUAJARDO A. B.¹, ALCANTÚ S. M.¹, PAPÚ O. H.²

¹ Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria UNCuyo, Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, Argentina.

² International Center for Earth Sciences, Regional Mendoza, Espacio de la Ciencia y la Tecnología. Padre Contreras 1300, Mendoza, Argentina.

E- mail: aguajard@fcai.uncu.edu.ar

RESUMEN

Los microorganismos extremófilos son interesantes por sus aplicaciones en el área de la biotecnología, ya que algunos poseen enzimas termoresistentes, otros poseen proteínas que funcionan a bajas temperaturas y muchos otros presentan capacidades fisiológicas que se emplean exitosamente en diversos procesos biotecnológicos. En este ámbito, y para ser más precisos aún, la mayoría de las investigaciones están centradas en bacterias y arqueas, termoacidófilas y acidófilas.

Hay ambientes naturales en el planeta en los que viven estos microorganismos y que son parte de los ciclos biogeoquímicos, en los que se produce la interacción entre los compuestos químicos inorgánicos presentes en el ambiente y los organismos vivos. Estos microorganismos están allí oxidando o reduciendo compuestos inorgánicos, por lo tanto, ellos determinan en gran medida la composición de la superficie de la tierra. Participan, por ejemplo, en los ciclos del oxígeno, del azufre, del hierro, del fósforo, del carbono y muchos otros elementos químicos. Algo similar ocurre con la biogeoquímica de la minería. La diferencia está en que el hombre aprovecha estos comportamientos para extraer metales desde la superficie terrestre. Y, dado que Argentina es un país con potencial minero, es de interés localizar y estudiar el grupo de bacterias que son capaces de resistir condiciones extremas, en este caso pH ácido y altas concentraciones de metales. Se trata del grupo de bacterias que participan en la biominería o lixiviación bacteriana de minerales.

En el sur de la Provincia de Mendoza, en la zona andina de Malargüe, se encuentra el volcán Peteroa, que por sus características geoquímicas resulta de potencial interés para el estudio de la biodiversidad y ecología de microorganismos extremófilos.

Debido a las condiciones climáticas del lugar es factible realizar tareas de exploración y toma de muestra de diciembre a marzo. Contando con la oportunidad de realizar las mencionadas tareas, el 31 de enero del corriente año se realizó una campaña de reconocimiento y recolección de muestras en el cráter del Volcán Peteroa, tanto de líquido como de sedimento de los distintos humedales formados por el deshielo y las aguas surgentes. De las muestras extraídas se tomó datos de posición geográfica, pH y Temperatura. Las temperaturas varían de los 10 a los 15°C y el pH es ácido con valores que van de 2,8 a 3,5. Las condiciones encontradas corresponden a las condiciones óptimas para organismos acidófilos. Actualmente se están realizando los análisis para caracterizar la actividad microbiológica de las muestras y su potencial aplicación.

Palabras claves: Microorganismos, extremófilos, volcán.

20RTAm. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS ORIUNDAS DE POÇOS TUBULARES DE TERESINA - PIAUÍ

E. F. SILVA (1); É. C. MONÇÃO (2); P. B. SOUSA (3); M. J. M. SILVA (4); V. L. V. NASCIMENTO (5).

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Praça da
Liberdade, N 1597, Centro, CEP: 64000-040. Teresina-PI. Fone: (86) 3215-5224/ Fax:
(86) 3215-5206, e-mail: alimentosedilene@hotmail.com**

RESUMEN

As águas subterrâneas constituem a fonte de recurso hídrico mais utilizada, tanto para consumo próprio como para irrigação, daí a importância de se obter uma água de boa qualidade. O Brasil possui importantes excedentes hídricos, possuindo uma das mais vastas e densas redes de drenagem fluvial do mundo. No entanto, a aparente abundância de água no país tem sustentado uma cultura de desperdícios, havendo carência de investimentos em programas de uso e proteção de mananciais. Portanto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar as condições de potabilidade de águas oriundas de poços tubulares de Teresina - Piauí - Brasil. As amostras de água dos poços foram adquiridas em três localidades diferentes nos meses de Outubro a Dezembro de 2010, e em seguida levadas para realização das análises. As determinações físico-químicas foram realizadas conforme método de medição direta por meio da Sonda Multiparâmetros (APHA), já as análises Microbiológicas foram feitas por meio do método cromogênico petrifilme. Os valores encontrados para pH variaram de 5,84 a 8,64; Os de condutividade foram de 6,8 a 57,4; Turbidez teve valores que oscilaram de 150 a 200 NTU; Oxigênio dissolvido teve de 6,3 a 8,1; SST foram de 0,04 a 0,36mg/L; A temperatura variou entre 24,7 e 28,2°C; Os valores de NO₃ não tiveram alterações, estando na faixa de 0,10 mg/L, para NO₂ encontrou-se valores de 1,7 a 10 mg/L, que é o limite estabelecido pela Portaria 518 Ministério da Saúde do Brasil; A quantidade de cloreto ficou entre 0 e 56,72 mg/L, e para dureza total em carbonato de cálcio (CaCO₃) foram encontrados valores na faixa de 9,33 a 41,3 mg/L. Para as determinações microbiológicas foram apenas detectados coliformes totais em uma amostra, com valor de 720 UFC/mL e coliformes termotolerantes, 540 UFC/mL. Sendo assim, a pesquisa mostrou que as águas dos poços apresentaram parâmetros de qualidade precárias, necessitando de uma maior atenção dos responsáveis para que haja um monitoramento e tratamento eficiente para garantir água potável à população consumidora.

21RTAm. AVALIAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA C EM ACEROLA (*Malpighia glabra L.*) E PITANGA-VERMELHA (*Eugenia uniflora L.*) ORIUNDAS DE TERESINA-PIAÚ

E. F. SILVA¹, P. B. SOUSA², M. J. M. SILVA³, C. R. V. REIS⁴ e V. L. V. NASCIMENTO⁵

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI - Campus Teresina Central.

email: alimentosedilene@hotmail.com

RESUMEN

A acerola (*Malpighia glabra L.*) assim como a pitanga (*Eugenia uniflora l.*) são frutas atrativas pelos seus sabores agradáveis e destaca-se por seu reconhecido valor nutricional, principalmente como fonte de vitamina C, vitamina A, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B (Tiamina, Riboflavina e Niacina) indicando seu elevado poder antioxidante. São consumidas tanto *in natura* como industrializada, sob a forma de sucos, sorvetes, geléias, xaropes, licores, doces em caldas entre outras. O consumo de frutas tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. A vitamina C é um nutriente essencial necessário para várias reações metabólicas, dentre as fontes vegetais de vitamina C destacam-se: acerola, frutas cítricas, kiwi, brócolis, papaia, melão, uva, espinafre, manga, batata, tomate, couve-flor, repolho, morango, abacaxi, abricó, melancia, abacate, banana, maçã e pêra. Os seres humanos não fabricam vitamina C, a qual é obtida pela alimentação e suplementos vitamínicos. Essa vitamina tem múltiplas funções no organismo, sendo necessária para a produção e manutenção do colágeno; é responsável pela cicatrização de feridas, fraturas, contusões e sangramentos gengivais; e reduz a suscetibilidade à infecção, desempenha papel na formação de dentes e ossos, aumenta a absorção de ferro e previne o escorbuto. Diante disso, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o teor de vitamina C em acerola (*Malpighia glabra L.*) e pitanga-vermelha (*Eugenia uniflora l.*) oriundas de Teresina – Piauí, Brasil. A determinação de vitamina C foi efetuada de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. Os teores de vitamina C encontrados nas polpas de acerola e pitanga foram, $2.467,73 \pm 1,83$ e $1.291 \pm 2,21$ mg/100g, respectivamente. Diante disso, conclui-se que a acerola é a que tem maior potencial de vitamina C, não descartando os teores encontrados na pitanga, que também foram elevados, indicando que os dois frutos são ótimas fontes de vitamina C, sendo deste modo indicado seu consumo tanto *in natura* como em sucos, geléias e outros derivados.

Palavras-chave: Nutrientes, Frutas, Vitamina C.

22RTAm. BIOGÁS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESIDUOS DE UN MATADERO EN LA PLANTA EXPERIMENTAL DE BIOGÁS DE LA FCA

MARTÍN, J. N.; LAURO, C.; REYNOSO, M.; DI CESAR, M.; PALMÉS, Z.; ORTIZ, N.; WUNDERLICH, S.; ZELADA, J.; THOMAS, P; PAPÚ, O.; DEDIOL, C.; GOMEZ, F.; MEDINA, R.

Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo – Alte. Brown 500 - Mendoza - Argentina
E-mail: rmedina@fca.undu.edu.ar

RESUMEN

Las agroindustrias representan una de las principales actividades económicas de la provincia de Mendoza. El importante volumen de residuos que producen, si no es adecuadamente gestionado, genera contaminación ambiental. Una de las alternativas para atenuarla es la producción de biogás a partir de los desechos. Con ello no sólo se evita el deterioro del medioambiente sino que se ofrece una solución que permitiría sustituir o reducir el consumo de combustibles fósiles.

Recientemente, se ha instalado en la Facultad de Ciencias Agrarias, una Planta Experimental de Biogás, financiada por la UNCUYO, el INTI y la embajada de Alemania a través de la Cooperación Tecnológica Alemana (CIM/GTZ). Para conocer el potencial energético de los residuos orgánicos, se inició el trabajo con los provenientes de un matadero, estudiando cada uno de los residuos generados independientemente.

El biodigestor de 1,3 m³ de capacidad posee agitador, sistema de calefacción por circulación de agua, gasómetro de 15m³, filtros, ventanas para visualizar su interior y válvulas para tomar muestras en las distintas etapas del proceso.

Para la puesta a punto del digestor, en la primera carga, han incorporado 700kg de una mezcla de rumen y agua en relación 1:1. Se trabaja a temperatura ambiente y con una agitación semanal. En el laboratorio, se determinan: composición inicial del sustrato incorporado y semanalmente, sólidos volátiles, sólidos fijos, pH, peso específico del líquido.

El sustrato incorporado presentó un 20,28% de extracto seco, 17,98% de sólidos volátiles y la fracción líquida, un pH 6,3. Transcurrido el primer mes, las muestras tomadas después de la agitación no presentaron diferencias significativas para un $\alpha = 0,05$ respecto de las del primer día en su contenido de sólidos fijos y volátiles; pero su pH ha descendido a valores que oscilan entre 5,43 – 5,46. Esto se condice con que se está desarrollando la etapa de acidificación. El desarrollo es lento y se espera aumentar la velocidad de reacción cuando se instale la aislación térmica y se ponga en funcionamiento el sistema de calefacción en el biodigestor.

**23RTAm. SELECCIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE
ARSÉNICO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ABSORCIÓN ATÓMICA CON
GENERACIÓN DE HIDRUIROS**

SÁNCHEZ, A. S.; GONZÁLEZ, H. J.; ZENOBI, G.

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Departamento de Química. UNCuyo. B. de
Irigoyen y Luzuriaga. San Rafael. CP 5600. E-mail: ur_el1013@yahoo.com.ar**

RESUMEN

El presente trabajo está incluido en el proyecto “Evaluación del estado actual de la ex Mina las picazas. Riesgo de contaminación Hídrica con Arsénico y Plomo”, el que propone realizar un estudio de las condiciones actuales de la explotación minera de un yacimiento de polisulfuros metálicos realizada en la primera mitad del siglo XX para extraer Plomo y Plata. A partir de esa evaluación, investigar los posibles impactos que puedan ocurrir sobre el ambiente hídrico ya que desde hace más de 50 años los minerales y residuos allí existentes se encuentran expuestos a acciones de agentes climáticos y condicionamientos hidrogeológicos. El yacimiento se vincula directamente con el cauce del río del Río Diamante, cuyo caudal es utilizado en su totalidad con fines consuntivos en el oasis sur de la provincia de Mendoza.

El objetivo principal de este trabajo fue lograr la puesta a punto de un procedimiento para establecer los contenidos de uno de los elementos de mayor riesgo (Arsénico) en muestras sólidas obtenidas en los diferentes componentes del ambiente generado por el laboreo minero.

Para lograr el objetivo fue necesario seleccionar las mejores condiciones de disolución de las muestras sólidas y posteriormente determinar el contenido de Arsénico por Absorción Atómica (AA) con previa generación de Hidruros. Las muestras debieron ser reconocidas en sus características geológicas y morfológicas para seleccionar los modelos de ataque para poner en solución la totalidad del Arsénico, asegurando la menor pérdida por el tratamiento requerido.

Entre los resultados se observa que el ataque con ácido nítrico concentrado pone en solución prácticamente la totalidad del Arsénico que va desde unos pocos gramos hasta los 75 gramos disponibles en el material. Un segundo modelo de ataque propuesto, agua ligeramente acidulada, disuelve poca cantidad de Arsénico, pero mucho más que empleando agua del río Diamante.

24RTAm. SIMULACIÓN POR CFD DE LA COMBUSTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LECHOS FLUIDIZADOS

**SORIA, J. M.^{a,c}; ZAMBON, M. T.^a; RODRIGUEZ, R.^b; UDAQUIOLA, S.^b; GAUTHIER,
D.^c; FLAMANT, G.^c; MAZZA, G.^a**

**(a) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue IDEPA (CONICET –
UNComa), Buenos Aires 1400, Neuquén (8300) - ARGENTINA**

**(b) Instituto de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Juan, Av.
Libertador 1109 (O), (5400) San Juan - ARGENTINA**

**(c) Laboratoire Procédés et Matériaux et Energie Solaire (CNRS-PROMES), 7 Rue
du Four Solaire, Odeillo, 66120 Font-Romeu - FRANCIA**

mariana.zambon@fain.uncoma.edu.ar

RESUMEN

Las tecnologías relacionadas con la combustión de residuos están creciendo a lo largo del mundo principalmente por dos razones: reducen el peso y el volumen de los residuos produciendo, a su vez, energía térmica. Su espectro de utilización se encuentra ampliamente distribuido partiendo desde la eliminación de residuos sólidos urbanos, lodos domiciliarios hasta la incineración de residuos médicos. A pesar de constituir una interesante forma para el procesamiento de residuos, existe una gran preocupación en relación al impacto ambiental. Es por ello que resulta indispensable comprender los mecanismos y procesos que tienen lugar en la combustión de los residuos al fin de desarrollar sistemas de combustión más eficientes cuidando el medio ambiente.

En este trabajo se estudia el proceso de combustión heterogénea del carbono fijo presente en estos residuos, pues es la etapa limitante en el proceso de incineración global de residuos en lechos fluidizados. Otro factor tenido en cuenta reside en que la temperatura del residuo en esta etapa es significativamente mayor que la de los alrededores.

En este trabajo, la Fluidodinámica Computacional (CFD), junto con la ayuda de programación en C++, es aplicada para modelar (a escala local) el proceso de combustión heterogénea de una partícula inmersa en un lecho fluidizado. El modelo transiente comprende los fenómenos de transferencia de calor y materia que tienen lugar en la partícula, al igual que la reacción heterogénea en el interior de la superficie junto con la disminución del tamaño de la misma a lo largo del tiempo de reacción.

Se han realizado una serie de simplificaciones como la omisión de la combustión homogénea de los gases y la vaporización de los metales pesados presentes en ella. A pesar de ser aspectos importantes para la mayoría de los residuos, el propósito de este trabajo es de desarrollar un modelo de combustión heterogénea como un cimiento sobre el cual se basarán (y complementarán) las etapas de pirolisis, combustión homogénea y volatilización de metales pesados.

Los resultados calculados con la ayuda de la CFD muestran que, como es de esperar, existe control difusivo, ocurriendo la reacción heterogénea sobre la superficie de la partícula. También queda en evidencia la existencia de gradiente térmico radial, por lo que la partícula presenta una no-isotermia significativa, especialmente al inicio de la combustión. Finalmente, se puede concluir que el modelo desarrollado abarca los fenómenos de transferencia de materia y energía y puede aplicarse tanto en condiciones donde controla la difusión como en regímenes controlado por la cinética química.

25RTAm. EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA, ARGENTINA – SEGUNDA FASE

ZULUAGA, J.^{1,2}, REARTE, E.¹, DROVANDI, A.², BERMEJILLO, A.¹, FILIPPINI, M.¹;
CÓNSOLI, D.¹; SALCEDO, C.¹; VALDES, A.¹; MORSUCCI, A.², PEREYRA, M.¹⁰

¹ Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo - A. Brown 500 (5505) Chacras de Coria,
Mendoza, Argentina.

² CRA-INA - Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza, Argentina.

³ Inspección Desagüantes industriales Colector Pescara

E- mail: jzuluaga@cuidad.com.ar

RESUMEN

La zona de estudio se ubica en el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas y comprende los distritos: Los Corralitos, La Primavera, Kilómetro 8, Mundo Nuevo y Las Violetas.

En el área existe un importante aporte de agua subterránea y se reciben en forma permanente los aportes de vertientes y eventualmente desagües industriales, pluviales y de drenaje.

El objetivo general del trabajo fue evaluar en el Cinturón Verde de Mendoza la calidad del agua de riego superficial y subterránea a lo largo del ciclo agrícola. Este grupo de investigación desde 1999 evalúa parámetros de calidad del agua de la zona y se han realizado muestreos periódicos en 10 sitios fijos estratégicamente seleccionados, para evaluar nitratos, fosfatos, pH, CEA y algunos metales pesados.

Se nota una distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, que es superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. En ocasiones los valores de pH menores a 6 indicaron la existencia de vertidos de industrias agroalimentarias. Las aguas de drenaje pertenecen a categoría C4 de Riverside, incluyendo el Arroyo Leyes que alcanza los mayores valores de salinidad y el resto de las aguas, las aguas subterráneas y el resto de las aguas superficiales en general se encuentran en la categoría C3S1, con “salinidad media a alta y baja peligrosidad sódica”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas subterráneas provenientes del acuífero del primer nivel de explotación son levemente más sódicas que el resto y en las aguas superficiales los mayores valores de sodicidad aparecen en el Arroyo Leyes.

En cuanto a los metales pesados, los tenores de plomo, cobre y zinc, se mantuvieron por debajo de los límites dados por la normativa, sin embargo los resultados de cadmio prácticamente en todos los muestreos superaron los tenores máximos establecidos para aguas de riego.

A partir del año 2003, la puesta en funcionamiento de la presa Embalse Potrerillos ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego y en la calidad del agua de la zona.

Palabras claves: calidad de agua – cultivos hortícolas – sustentabilidad.

26RTAm. APORTES AL DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, MENDOZA, ARGENTINA

**DROVANDI, A.¹⁻²; ZULUAGA, J.¹⁻²; FILIPPINI, M.¹; CÓN SOLI, D.¹; VALDES, A.¹;
NACIF, N.¹; DEDIOL, C.¹; MORSUCCI, A.²**

¹ **Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo - A. Brown 500 (5505) Chacras de Coria,
Mendoza, Argentina.**

² **CRA-INA - Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza, Argentina.**

E- mail: adrovandi@ina.gov.ar

RESUMEN

Potrerillos es un asentamiento ubicado en el valle del Río Mendoza, que se consolida a partir de la instalación de la estación del ferrocarril Trasandino (1891). Existen varios asentamientos a lo largo de la subcuenca del Río Blanco, que se han instalado paulatinamente en la zona, perdiéndose de esta manera la actividad agro ganadera para convertirse en una zona con gran predominio turístico, con poca ocupación permanente. Se observa una fuerte inclinación a la actividad turística, destacándose un acelerado proceso de cambio, advirtiendo un crecimiento explosivo de la actividad de la construcción destinado al hospedaje temporario. A nivel de las urbanizaciones mencionadas, se estima que se está produciendo ya una fuerte contaminación de las napas freáticas, debido a la falta de servicios de saneamiento (cloacas y planta de tratamiento de efluentes). Las aguas servidas se tratan en pozos sépticos, que percolan a las napas freáticas; la importante pendiente de la zona hace predecir que en un corto plazo esta contaminación llegue al embalse, disminuyendo la calidad de sus aguas.

Entre los principales objetivos propuestos para el presente estudio se realiza el monitoreo de parámetros físico-químicos y biológicos del agua para realizar propuestas para una gestión más sustentable del recurso hídrico en el área. Se seleccionaron 9 sitios de muestreo, correspondientes al río Blanco, sus principales afluentes, al embalse Potrerillos y una perforación subterránea, que se abastece de agua freática a 9 metros de profundidad. Periódicamente se realizan muestreos dichos puntos determinado parámetros como pH, CEA, cationes, aniones, RAS, oxígeno disuelto, NO_3^- y PO_4^{-3} , algunos metales pesados, bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y fecales. Los resultados han sido comparados con estándares adecuados, y con estudios desarrollados desde el 2005 por este equipo de trabajo, donde se han determinado modificaciones negativas en aspectos cuantitativos y cualitativos del recurso hídrico, ocasionados principalmente por el aumento de la actividad humana y el consecuente incremento de vertidos y residuos contaminantes. Si bien se han encontrado en general aguas con buenas características de calidad físico-química, se ha determinado la presencia de bacterias coliformes, que si bien no afectarían la calidad del agua para riego, constituyen un potencial problema para la salud humana, pues tanto los contenidos de coliformes totales como de coliformes fecales sobrepasan en general los correspondientes valores límite dados por el CAA para agua potable, observándose picos de contaminación con los deshielos primaverales.

Palabras clave: calidad, recurso hídrico, gestión, Río Blanco, Potrerillos.

EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA

RESÚMENES

01RE. ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA E INVESTIGACIÓN APLICADOS A LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

VASILE, F. E.¹; ROMERO, A.¹. M.; JUDIS, M. A.¹.

**1. Universidad Nacional del Chaco Austral - Cte. Fernández 755 – (3700) Pcia. R. Sáenz Peña, Chaco – Argentina
E-mail: francovasile@uncaus.edu.ar**

RESUMEN

La enseñanza experimental constituye un eficiente recurso cuando se desea promover una mayor calidad en el aprendizaje. Se reconoce en la experimentación una importante contribución al desarrollo científico de los estudiantes, permitiéndoles reforzar y recrear las capacidades de análisis, deducción, síntesis y conclusión. Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una guía de trabajos prácticos de laboratorio y de resolución de problemas que reúna, articule y utilice la información y la experiencia adquirida durante el desarrollo de las actividades de investigación y servicios a terceros que se realizan en el laboratorio de Industrias Alimentarias II de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Las actividades experimentales, complementarias al abordaje de los contenidos teóricos de la asignatura Química de los Alimentos, correspondiente al segundo año de la carrera de Licenciatura en Química, fueron concebidas desde problemáticas específicas que vinculan los conceptos desarrollados en las clases teóricas, con aplicaciones reales de interés para la industria, la ciencia y la tecnología de los alimentos, permitiéndole al alumno no sólo alcanzar los contenidos cognitivos propuestos, sino también reforzar aspectos procedimentales que incluyen el análisis e interpretación de gráficos, uso de la estadística como herramienta descriptiva, generación de teorías y contraste de hipótesis. Los contenidos desarrollados fueron: Agua y movilidad en sistemas alimentarios; Glúcidos y sustancias endulzantes; Lípidos, naturaleza y distribución de ácidos grasos; Capacidad espumante y emulsionante de proteínas; Cinética enzimática de la ureasa de soja; Capacidad y actividad antioxidante de extractos naturales. Los experimentos, diseñados para lograr el conocimiento vivencial de fenómenos y dotar a los alumnos de habilidades prácticas y destrezas, se basaron en sistemas simples y modelizados, ajustados en base a investigaciones previas. Las determinaciones analíticas se realizaron siguiendo la metodología oficial de acuerdo con las técnicas de análisis de alimentos y de servicio de rotulado nutricional que comúnmente se realizan, permitiendo además la introducción al uso de técnicas de análisis instrumental tales como espectrometría UV-Vis y Cromatografía Gaseosa, así como al empleo de software específico para el análisis estadístico y modelado no lineal de los datos obtenidos experimentalmente. Puede concluirse que los procesos de selección, organización, distribución, transmisión y evaluación, previos y posteriores al trabajo de aplicación, permitieron elaborar una guía de trabajos prácticos inédita, con que se logró satisfactoriamente la integración de conocimientos, permitiendo una mayor flexibilidad en el dictado de la asignatura y un papel más activo del estudiante.

02RE. CRECIMIENTO DE CLUSTERS DE DEFECTORES EN UN PROBLEMA DE COOPERACIÓN EN EL DP SOBRE UNA RED LIBRE DE ESCALA

RODRIGUEZ, A.¹; SAROMÉ M.¹; GARCÍA G. D.^{1, 2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1,2}.

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.

2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.

E-mail: ggarcia@frsr.utn.edu.ar

RESUMEN

Existe un interés creciente en los últimos años en las propiedades de las denominadas redes sociales [Szabó y Hauert, 2002][Ohtsuki y et al., 2006][Hauert y et al., 2006]. En estas redes, que sientan las bases de la topología del problema a analizar, se han realizado varios análisis que van desde la dinámica de epidemias [Berkman y Syme, 1979], la propagación de rumores [Moreno y et al., 2004] y hasta la asimilación de conductas sociales [Valente, 1996]. Se ha investigado, la dinámica de las poblaciones, considerando que estas se dividen en individuos cooperadores y no cooperadores. En esta red cada individuo lleva a cabo juegos de dos jugadores con información perfecta (dilema del prisionero, DP) con sus vecinos inmediatos y ajusta su conducta según una dinámica de réplica [Axelrod, 1984]. Se sabe que en una red cuadrada el comportamiento no cooperativo avanza sobre el comportamiento cooperativo formando clusters de cooperadores y no cooperadores que compiten predominando los clusters de individuos no cooperadores [Axelrod y Doebeli, 2004]. En el presente trabajo se utiliza una red cuadrada libre de escala como base en la que, utilizando una dinámica de réplica, se evalúa el crecimiento de las superficies resultantes con el objetivo de estudiar el comportamiento de los grupos de cooperadores/defectores en base a una matriz de pago. Esta dinámica se lleva a cabo mediante simulación de Monte Carlo en donde se analiza el comportamiento de los grupos como función de b (único parámetro del juego del dilema del prisionero). Los resultados preliminares muestran una importancia crucial en el desarrollo del juego de los individuos que poseen mayor cantidad de conexiones en la red.

Axelrod, R. (1984). "The Evolution of Cooperation". Basic Books, New York.

Berkman, L. F.; Syme S. L. (1979). "Social networks, host resistance, and mortality: a nine-year follow-up study of alameda county residents". Am. J. Epidemiol. 109 (2): 186-204.

Hauert C.; Doebeli, M. (2004). "Spatial structure often inhibits the evolution of cooperation in the spatial Snowdrift game". Nature 428 643-646.

Hauert, C.; Michor, F.; Nowak, M., Doebeli, M. (2006). J. Theor. Biol. 239, 195-202.

Moreno, Y.; Nekovee M.; Pacheco A. F. (2004). "Dynamics of rumor spreading in complex networks". Phys. Rev. E 69, 066130.

Ohtsuki, H.; Lieberman E.; Nowak M.; (2006). "A simple rule for the evolution of cooperation on graphs and social networks". Nature 441, 502-505.

Szabó, G.; Hauert, C. (2002). Phys. Rev. Lett. 89 (11) 118101.

Valente T. W. (1996). "Social network thresholds in the diffusion of innovations" - Social Networks - Volume 18, Issue 1, January, Pages 69-89.

03RE. FORMAR INGENIEROS SOCIALMENTE RESPONSABLES

SANTILLI, H.¹; MARTÍN, A. M.²; BARRERO, C.²

**¹Departamento de Física, ²Departamento de Química - Facultad de Ingeniería -
Universidad de Buenos Aires -**

hsantil5c@gmail.com; amartin4c@gmail.com; cbarrerster@gmail.com

RESUMEN

Entendemos como conocimiento ingenieril aquel orientado al “cómo hacer”, donde el ingeniero debe ser capaz de crear artificios, es decir, diseñar proyectos que apunten a la solución de problemas concretos. Desde este punto de vista, la formación de ingenieros presenta una dicotomía entre la capacitación técnica y la habilidad para solucionar las cuestiones sociales y éticas, usualmente asociadas a los problemas de ingeniería. Los planes de estudio revelan clara preocupación por el área de conocimiento de la disciplina rigurosa, basada en la racionalidad técnica; no queda tan claro cómo afrontar aquellas cuestiones que escapan a dicha racionalidad.

En este trabajo analizamos de qué modo los planes de estudio de algunas carreras de ingeniería encaran el tratamiento de las cuestiones sociales y éticas; además proponemos un camino didáctico para incorporarlas.

Analizamos planes de estudio de Ingeniería Química, Ingeniería Biomédica y Bioingeniería; también entrevistas a profesionales del área. Indagamos casos sobre problemas de ingeniería: del ambiente, tecnología para la salud, aprovechamiento de recursos hídricos, etc., con los que pueden introducirse las cuestiones ético-sociales asociadas, así como reconocerse la naturaleza de la ciencia y de la tecnología.

El análisis de planes de estudio revela la casi ausencia de cuestiones sociales y/o éticas, aunque de las entrevistas surge que dichas cuestiones suelen ser tratadas transversalmente en algunas asignaturas.

En casos de tecnología para la salud identificamos los principios de la bioética asociados; en los de alto impacto social, como la disposición de residuos sólidos urbanos, y el aprovechamiento energético de los recursos hídricos, identificamos la responsabilidad de los ingenieros en el diseño de soluciones.

El análisis de casos puede implementarse en grupos de discusión, lo que facilita la comunicación. Se pueden organizar cursos de entrenamiento de docentes, o talleres con estudiantes, curricular o extracurricularmente.

La presentación de las cuestiones sociales y éticas suele quedar supeditada a las inquietudes y actitudes de los docentes. Los estudios de caso propuestos muestran claramente cómo influyen las cuestiones sociales, económicas, políticas, éticas, etc. en la solución de problemas de ingeniería. La discusión en pequeños grupos permite a alumnos y docentes reconocer sus propias ideas acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, ideas imprescindibles para lograr una buena comprensión de los temas a desarrollar. Queremos dejar en claro que nos parece importante el desarrollo tecnológico, pero también destacar que el avance de la ciencia y de la tecnología debería tener en cuenta las cuestiones sociales asociadas.

04RE. UN CURRÍCULUM INTEGRADOR PARA UNA ASIGNATURA DE 4^{to}. NIVEL DEL ÁREA SISTEMAS DE INFORMACIÓN

CARRIZO, B. R.¹

1. Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional. Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información. Dpto. Ingeniería Industrial. Dpto. Ingeniería Mecánica. Maestro Marcelo López s/n - (5000) Córdoba, Córdoba Capital – Argentina.

E-mail: bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar

Introducción

Se pretende analizar cómo se articularon los contenidos significativos de asignaturas troncales de la carrera Ingeniería en Sistemas en la integradora de 4to. Nivel Administración de Recursos (ARE), cuya finalidad crear un espacio multidisciplinario de síntesis, que permita conocer las características del trabajo ingenieril, partiendo de los problemas básicos de la profesión.

Objetivo

Fundamentar cómo se organizaron los contenidos mínimos propuestos por la Ord. 1150, que rige el diseño curricular de la carrera, en la formación de un profesional de sólida formación analítica que interprete y resuelva problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de información.

Metodología

Se basa en una metodología educativa que integra el dominio de conceptos y conocimientos con su aplicación práctica, potenciando habilidades y destrezas propias de la especialidad; por ello uno de los elementos de tecnología educativa utilizados es un **Aula Virtual** que complementa el dictado de la asignatura y potencia la comunicación Docente/Alumnos.

En este contexto, la evaluación suministra al Docente la retroalimentación esencial acerca de la eficacia de su labor educativa; indicándole la efectividad con que presenta y organiza el material, la claridad con que explica las ideas, lo bien que se comunica con sus estudiantes y la particular eficacia de sus técnicas de enseñanza. Este proceso hace posible la emisión de un juicio de valor que le permite orientar la acción o la toma de decisiones hacia la mejora continua.

Resultados

Se ha incorporado el desarrollo de un trabajo de campo acotado (Módulo), que reutiliza todos los contenidos significativos ya adquiridos y de las destrezas desarrolladas a lo largo de los tres años de cursado, de forma tal que el “saber hacer” potencia su implementación en la asignatura integradora Proyecto Final.

Conclusiones

Durante el dictado de la asignatura los alumnos sufren un cambio de paradigmas donde, de educandos pasivos y poco participativos, se transforman en educandos activos y con criterio propio, basado en elementos de juicio válidos.

Este crecimiento que se consolida con actividades extracurriculares paralelas como: visitas a Áreas de Sistemas, Conferencias modelo, Charlas Técnicas; así como el desarrollo de un trabajo personal referido a “Planificación de la propia carrera”, donde ensayan estrategias relacionadas al diseño de Cartas de Presentación y Curriculum Vitae acordes al perfil seleccionado.

Y este proceso de mejora continua les permite elegir su perfil profesional dentro del Área Sistemas y su inserción laboral en el mercado informático cordobés; a través de una pasantía educativa o de su primer trabajo formal.

05RE. VÍNCULO ENTRE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y OTROS NIVELES EDUCATIVOS. UN CASO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA.

ROBLE, M. B.; SANTILLI, H.

Departamento de Física - Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.

Paseo Colón 850 – (1063) CABA, Buenos Aires – Argentina

mbroble06@yahoo.com.ar; hsantil5c@gmail.com

RESUMEN

Una de las acciones fundamentales de la actividad universitaria es la extensión. Es un proceso por el cual se generan redes dinámicas entre la universidad y distintos estamentos de la sociedad; establece doble vía de comunicación y es muy enriquecedor para las actividades de docencia e investigación universitarias.

Instancias oficiales como la Semana de la Ciencia y la Tecnología, proyectos INVOFI organizados por AFA, para incrementar las vocaciones para estudiar física, proyectos UBANEX de UBA, promueven el trabajo en el sentido de reforzar el vínculo existente entre la Universidad y otros niveles educativos.

El objetivo del trabajo es presentar diferentes actividades de extensión universitaria que son llevadas a cabo desde hace varios años y consecutivamente, por docentes investigadores de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Con ellas se pretende motivar a estudiantes y docentes, acercándolos a la ciencia y la ingeniería, en el ámbito universitario. Entre las actividades realizadas se destacan, entre otras:

- organización de talleres para estudiantes y docentes: efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, contaminación sonora, la física del cuerpo humano;
- foro presencial sobre riesgos de radiaciones ionizantes, destinado a estudiantes secundarios y terciarios;
- redacción de cuadernillos informativos;
- conferencias dictadas por profesionales de diversas áreas.

Cuando se organizan estas tareas es importante la elección del tema, y mantener el rigor científico en la transposición didáctica (adecuándose al lenguaje y a la madurez cognitiva del auditorio), así como, desarrollar las presentaciones fomentando la interacción y la participación; promover el trabajo colaborativo, incorporar actividades experimentales en sentido amplio: actividades con PC, análisis de estudios de caso, entrevistas, debates, juego de roles, diseño de modelos, pósters, investigación bibliográfica...

Se analizaron encuestas de opinión -docentes, estudiantes-, presentaciones en los talleres, informes de docentes. Se aprecia el interés de los participantes por:

- el pedido reiterado de los talleres, incluso fuera de las instancias oficiales referidas;
- la respuesta favorable de los participantes en los talleres, tanto a partir del análisis de encuestas, como por la elaboración de pósters u otras actividades desarrolladas en los mismos;
- la riqueza de presentaciones orales y escritas durante el foro dan cuenta del compromiso asumido por estudiantes y docentes; estos últimos guiaron las distintas actividades en sus respectivas escuelas.

Cabe destacar la importancia que tiene para estudiantes y docentes, de otros niveles educativos, trabajar en la construcción del conocimiento conjuntamente con docentes universitarios, especialmente, cuando la tarea se realiza en el ámbito universitario.

06RE. PROPUESTA DIDÁCTICA: ABP EN INGENIERÍA QUÍMICA

GRASSO, F.¹; MAROTO, B.^{1,2} y MONTOYA, P.¹

1. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1200 – (5000) Córdoba, Argentina. E-mail: fgrasso@agro.unc.edu.ar.

2. F.C.A. – U.N.C. Av. Valparaíso s/n – (5000) Cba, Argentina.

RESUMEN

El Aprendizaje Basado en Problemas desde sus inicios en la Escuela de Medicina de la Universidad de Mc Master (Canadá), se presentó como una propuesta educativa innovadora caracterizada por centrar el aprendizaje en el estudiante, el cual aprende de manera colaborativa a resolver un problema inicial, complejo y retador, planteado por el docente para desencadenar el aprendizaje autodirigido.

Si bien esta metodología fue ampliamente desarrollada por centros educativos vinculados con el área de la salud, este equipo de trabajo se propuso implementarla en Ingeniería, específicamente durante el transcurso de la materia Química Orgánica I de la carrera de Ingeniería Química.

Dentro de las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de una primer experiencia exploratoria, los estudiantes plantearon no haber comprendido el mecanismo de aprendizaje planteado. Esta dificultad puede deberse al estilo de pensamiento predominante entre los alumnos de Ingeniería. El mismo podría encuadrarse como un modo de funcionamiento Ejecutivo (seguimiento de reglas y preferencia por problemas estructurados y planteados de antemano) teniendo en cuenta la clasificación de Stenberg. Este tipo de pensamiento se acentúa durante el desarrollo de las materias básicas que utilizan estrategias de aprendizaje tradicionales.

Con el objetivo de que los estudiantes puedan conocer y manejar esta estrategia de aprendizaje, durante el transcurso de la materia Química Orgánica II se presentó una situación problemática desglosada en todos los elementos necesarios para resolverla en el marco del ABP.

El tema elegido fue la disminución de la capa de ozono porque involucra una reacción radicalaria catalizada por halogenuros de alquilo (compuestos orgánicos). Al mismo tiempo se pretende que los estudiantes conozcan este problema medio ambiental, que a pesar de ser de larga data, no significa que lo conozcan en detalle.

Los alumnos presentaron trabajos muy completos que demostraron gran interés en el tema planteado. En ellos, se reconoce Internet como fuente de información principal y gran número de nuevos planteos que surgieron en los estudiantes en forma espontánea.

La conclusión que se rescata de esta experiencia es que antes de plantear una situación problemática compleja bajo la modalidad de ABP, sería recomendable realizar experiencias previas de resolución de situaciones más sencillas a fin de que los estudiantes adquieran las herramientas básicas para resolver el tipo de planteos requeridos en esta metodología.

07RE. ANÁLISIS DE UNA RED DE DIFRACCIÓN MEDIANTE SOFTWARE PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ INCIDENTE

AVELEYRA, E.; RACERO D.

**Laboratorio de Entornos Virtuales de Aprendizaje (G.D.M.E)- Facultad de Ingeniería
– Universidad de Buenos Aires –
eaveley@fi.uba.ar**

RESUMEN

Se realiza al estudio de un patrón de interferencia y difracción mediante el uso de un programa, denominado Tracker, para análisis de imágenes y video. Con este programa freeware pueden realizarse análisis de video codificado en diversos formatos así como el tratamiento de imágenes en formato .jpg.

La experiencia se llevó a cabo con estudiantes de física, en una asignatura del primer ciclo de la carrera de ingeniería que se desarrolla con modalidad b-learning. Con esta estrategia de enseñanza se espera que el estudiante analice, con aplicación del soft mencionado, el patrón obtenido a través de una red de difracción en el laboratorio y determine la longitud de onda de un láser. Se selecciona este tipo de fuente por tratarse de luz monocromática y simplificar el análisis. En este caso, se utiliza un láser de color rojo y una red de difracción de 300 líneas por milímetro. En el laboratorio, se hace incidir la luz sobre la red y se fotografía el patrón de interferencia y difracción para ser analizado con Tracker. Se debe tomar la precaución que la única fuente luminosa captada por la cámara corresponda al patrón de difracción y prevenir deformaciones en la imagen de los puntos luminosos. Una vez obtenida la fotografía, se observan puntos rojos que corresponden a los máximos de la red de difracción sobre un fondo negro. El programa Tracker posee una funcionalidad que se denomina perfil de línea, que analiza el valor de la luminancia de cada uno de los píxeles de la imagen. También permite definir una escala y la incorporación de un sistema de referencia, de modo que se obtiene una gráfica de la luminancia en función de la abscisa.

Los archivos, fotografía y datos, se subieron al aula virtual. A través de una guía, que incluye un cuestionario sobre el tema, se proporcionó una orientación a los estudiantes para la realización de cálculos y para el análisis del patrón de difracción obtenido con el programa Tracker. La respuesta de los estudiantes a esta primera aplicación fue muy satisfactoria. Las dificultades detectadas estuvieron vinculadas a la interpretación del patrón de difracción, principalmente asociadas a la lectura de datos.

Con el estudio de este modelo físico, se integra el trabajo experimental con el procesamiento de datos a través de las TIC. De este modo, a la vez que se enseña ciencia se incentiva la alfabetización informática del estudiante desde los primeros años de la carrera, ya que el programa requiere ciertas habilidades para su operación. Está previsto realizar más actividades de este tipo y usar esta experiencia como base para el desarrollo de un videotutorial que facilite la interpretación de gráficos y el conocimiento del programa.

**08RE. EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS EN EL
CAMPO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA**

CATALÁN, LIDIA¹, CLAVIJO, SILVIA¹, RUIZ ALCANTÚ, NOELIA¹

**¹Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Yrigoyen 375, Argentina
lcatalan@fcai.uncu.edu.ar, scclavijo@fcai.uncu.edu.ar**

RESUMEN

La argumentación es un modo de organizar el discurso que pretende conseguir la adhesión de un auditorio a las opiniones que sostiene el autor. Esta competencia implica la capacidad de construir textos argumentativos que conformen explicaciones que permitan validar la toma de decisiones realizadas a diario en cualquier campo laboral. En este trabajo se analizan cuatro modelos de argumentación elaborados por alumnos avanzados de ingeniería a quienes se ha enseñado a argumentar, en contraposición con cuatro modelos argumentativos pertenecientes a alumnos a quienes no se ha enseñado un modelo argumentativo. El objetivo del trabajo es: indagar la capacidad de argumentar que presenta un conjunto de alumnos al resolver diversas situaciones relacionadas con el campo profesional en el cual se desempeñarán a futuro. Los argumentos presentados fueron analizados tomando como referencia el Modelo de Toulmin (1958), un modelo de seis etapas denominado actualmente TAP (Toulmin argument pattern). Los resultados obtenidos evidencian un crecimiento progresivo de la capacidad argumentativa en los alumnos que fueron instruidos con un modelo de argumentación.

09RE. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA PROPUESTA CURRICULAR PARA FORMAR TÉCNICOS MEDIOS EN EL ÁREA INDUSTRIAL MENCIÓN ENERGÍA, EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS ROBINSONIANAS VENEZOLANAS

GUTIÉRREZ, T. ^a; MORLES, V. ^b

^a Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela.

e-mail: tomy.gutierrez@ciens.ucv.ve, tomy_gutierrez@yahoo.es

^b Comisión Central de Estudios de Postgrado, Universidad Central de Venezuela

RESUMEN

La propuesta surgió: 1) Por la crisis energética que se está generando a nivel mundial y 2) Por la falta de formación de talento humano, particularmente en el sector educativo técnico medio de Venezuela. Para ello, se abordó la problemática desde el método histórico-dialéctico, en el que las leyes generales del desarrollo de la sociedad, resulta de la observación y el razonamiento de las contradicciones del sistema social dominante. La propuesta, consiste en un plan de estudio abierto, que permite ser adaptado a las necesidades y particularidades de cada región, es decir, en él se considera la geopolítica del país y la transferencia tecnológica. Ejemplo de lo descrito, es que se considera la posibilidad de generar biocombustibles (gasolina E-15), a partir del desecho de la producción de azúcar, en ciertos estados del país. Para la validación de la propuesta de plan de estudio, se aplicó un instrumento de recolección de opiniones (entrevista semi-estructurada), a diferentes personalidades relacionadas con la temática. Resultando una total aceptación; asimismo manifestaron la necesidad de su aplicación.

Palabras Clave: Energía, Plan de Estudio, Currículum, Educación Técnica Media.

10RE. RESULTADOS DE LA RED ISEKI_MUNDUS

RIBOTTA, P.D.^{1,2}, LEÓN A.E.^{1,3}

1-Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (CONICET-UNC).

2-Universidad Nacional de Córdoba (UNC)- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

3-Universidad Nacional de Córdoba (UNC)- Facultad de Ciencias Agropecuarias.

pribotta@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

Los programas de la Unión Europea ISEKI_Mundus_I (*Integrating Safety and Environment Knowledge In World Food Studies*) y ISEKI_Mundus_II se desarrollaron entre 2007 y 2011. Estos proyectos fueron coordinados por la red ISEKI_Food 3, la cual estuvo formada por 94 socios, de 30 países europeos. ISEKI_Mundus_2 incluyó un total de 53 instituciones de 30 de países no europeos, incluidos los cinco continentes (8 socios de América del Norte, 12 socios de América del Sur, 11 socios de África, 11 socios de Asia, 6 socios de Europa y 5 socios de Oceanía). Los principales objetivos de la red ISEKI_Mundus fueron fomentar la internacionalización y mejorar la calidad de los estudios superiores de la educación en ciencia y tecnología de los alimentos. Entre los resultados de la red se destaca la creación y mantenimiento de las siguientes plataformas web:

(i) Plataforma para la cooperación y la movilidad internacional en el campo de los alimentos (PICAM_FOOD), esta fue desarrollada para estudiantes, personal académico y profesionales de la industria con el objetivo de promover la cooperación y la movilidad internacional en esta área.

(ii) Base de datos sobre experiencias de movilidad estudiantil, desarrollada por estudiantes según sus experiencias de movilidad. La información presentada evalúa las experiencias vividas e incluyen importante información sobre costos de vida, como alimentos, alojamiento y transporte.

(iii) Base de datos sobre instituciones de intercambio, esta se diseñó para estudiantes o académicos pensando en realizar una experiencia de intercambio y reseña información sobre Instituciones para realizar acciones de cooperación internacional.

(iv) Batos sobre expertos, esta fue pensada para encontrar, o promoverse como, expertos con conocimientos y experiencias en las diferentes áreas del conocimiento relacionadas con los alimentos.

(v) Base de datos sobre programas de estudio en el área de los alimentos, esta contiene información sobre los programas que se desarrollan en los países europeos.

Otros resultados importantes fueron el desarrollo del marco y las normas para el sistema Europeo de Aseguramiento de la calidad de programas de estudio en el campo de los alimentos. Paralelamente se creó una revista científica internacional denominada "International Journal of Food Studies" (IJFS), cuyo objetivo principal es mejorar la difusión de la ciencia de los alimentos y el conocimiento tecnológico.

11RE. ARTICULACIÓN HORIZONTAL DE CONTENIDOS PARA ASIGNATURAS DE 1° NIVEL DEL DPTO. INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA U.T.N.

CARRIZO, B. R.¹, ING. ABET JORGE EDUARDO ⁽²⁾

- 1. Facultad Regional Córdoba, UTN. Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información. Dpto. Ingeniería Industrial. Dpto. Ingeniería Mecánica. Maestro Marcelo López s/n (5000) Córdoba, Córdoba Capital. Argentina. E-mail: bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar**
- 2. Facultad Regional Córdoba, UTN. Dpto. Ingeniería Industrial. Dpto. Ingeniería Mecánica. Maestro Marcelo López s/n (5000) Córdoba, Argentina. E-mail: jabet@industrial.frc.utn.edu.ar**

Introducción

Se pretende analizar cómo se articularon los contenidos significativos plasmados en el Programa Analítico de cada asignatura, los cuales no solo responden a los requerimientos mínimos exigidos por la normativa de la Universidad (Ordenanza N° 1114) sino a pedidos concretos de otras cátedras como así también un profundo análisis de las necesidades de Software que hoy tienen las empresas, particularmente las pymes cordobesas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es dar a conocer y fundamentar cómo se seleccionaron, adaptaron y organizaron los contenidos de las asignaturas Informática I, Sistemas de Representación y Pensamiento Sistémico, correspondiente al 1er. Nivel de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.

Metodología

Se basa en una metodología educativa que integra el dominio de conceptos y conocimientos con su aplicación práctica, potenciando las habilidades y destrezas en el manejo de la computadora, y el desarrollo personal de los alumnos.

Entre los elementos de tecnología educativa utilizados, se destaca la implementación de un **Aula Virtual** que complementa el dictado de la asignatura y potencia la comunicación Docente/Alumnos.

El Currículum desarrollado se refleja en cada uno de los ejes temáticos del Programa Analítico publicado en este espacio Virtual; diseñado en la plataforma Moodle.

Por ello, las estrategias didácticas seleccionadas han permitido implementar mejoras continuas en el proceso de enseñanza y aprendizaje; optimizando esta enriquecedora retroalimentación a través de un Aula Virtual (uv.frc.utn.edu.ar), que actúa como herramienta complementaria de comunicación.

Resultados

Fruto de reuniones docentes y del trabajo en equipo entre las distintas asignaturas, se diseñaron Currículums adaptados a los requerimientos de las tres asignaturas en forma gradual y articulada, de tal forma de reutilizar los contenidos significativos y destrezas ya desarrolladas en las distintas Unidades Temáticas de cada asignatura.

Conclusiones

El diseño curricular de la carrera, para nuestro caso bajo estudio, establece conjuntos de conjuntos de asignaturas para atender a la formación en Ciencias Básicas (Informática I y Sistemas de Representación), en tecnologías básicas y aplicadas y en gestión, promoviendo a través de la asignatura integradora (Pensamiento Sistémico) que conforma la columna vertebral de la currícula, la integración horizontal y vertical de conocimientos fijando relaciones de precedencia y correlatividad entre asignaturas.

En este contexto, las asignaturas del tronco integrador tienen por finalidad, a lo largo de la carrera, crear un espacio de estudio multidisciplinario de síntesis, que permita al alumno conocer las características del trabajo ingenieril partiendo de los problemas básicos de la profesión.

12RE. TICs EN INGENIERÍA EN MATERIALES: IMPLEMENTACIÓN PROGRESIVA POR NIVELES

CASTRO, M.; REBOREDO, M; FANOVICH, A.

**INTEMA (CONICET – UNMdP) - Facultad de Ingeniería, Juan B. Justo 4302 -
(7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina**

E-mail: mcastro@fi.mdp.edu.ar, mafanovi@fi.mdp.edu.ar, mrebored@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, el ámbito de aprendizaje varía en forma vertiginosa. Es así como los docentes, deben ir modificando su modo de enseñanza adaptando e incorporando nuevos métodos y recursos, apoyándose en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs).

En este trabajo, se realizaron encuestas a alumnos de ingeniería en materiales a fin de evaluar diversos aspectos del uso de TICs en sus hábitos de estudio y su predisposición para incorporar nuevas herramientas. En base a la recopilación de datos, se detectaron distintas tendencias en cuanto al uso de recursos e interés por la incorporación de nuevos instrumentos que faciliten el estudio. La mayoría de los alumnos (76%) del ciclo básico no mostró interés para incorporar nuevos recursos tecnológicos al estudio. Sin embargo, la totalidad de los alumnos del ciclo superior estuvo de acuerdo con esta propuesta. Asimismo, se observó que los alumnos del ciclo superior utilizan recursos tecnológicos más avanzados, que en muchas ocasiones están relacionados con la actividad profesional. También poseen información sobre la existencia de recursos para el trabajo online. Esta diferencia podría estar relacionada con el mayor uso para la búsqueda de información, la imposibilidad de realizar todas las actividades en forma presencial por cuestiones laborales y excesiva carga horaria de los cuatrimestres superiores.

En base a este estudio de campo, se propone incorporar nuevos recursos tecnológicos a la metodología de enseñanza en forma sistemática y progresiva a lo largo de la carrera. Esta propuesta considera la utilización de una herramienta gratuita y de libre acceso como Google+ en cuatro niveles progresivos. Se plantea en el primer nivel el trabajo con una biblioteca digital y la presentación de informes digitales. En el segundo nivel, se agrega la realización de informes grupales e individuales mediante la herramienta DOCS. En el tercer nivel, los alumnos comienzan a colaborar en la actualización de la biblioteca digital y las clases de consulta comienzan a realizarse a través de la herramienta CHAT. En el cuarto nivel, se adicionan jornadas de discusión de trabajos mediante la implementación de videoconferencias a través de la herramienta QUEDADA.

La evaluación global de la propuesta no es inmediata ya que requiere seguir la evolución de una cohorte en la cual se implemente la utilización progresiva de herramientas lo cual significa al menos cinco años. No obstante la propuesta ayudaría a docentes y alumnos a realizar sus tareas específicas dentro y fuera de la Facultad.

13RE. TERMODINÁMICA Y NARRATIVA EN LA CLASE DE QUÍMICA GENERAL I

VIAU, J.; TINTORI FERREIRA, A.; SZIGETY, E.;

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo
4302- (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina
E-mail: grupodidacticadelaciencia@gmail.com

RESUMEN

Introducción: La falta de motivación es una de las causas primeras del deterioro y uno de los problemas más graves del aprendizaje, en la educación formal. Las narraciones que involucran contenidos científicos pueden ser empleadas como estrategia para aumentar el interés de los estudiantes, y su principal objetivo es provocar en los alumnos procesos de reflexión que los lleve a una mejor conceptualización, ya que la narrativa de ficción favorece el entendimiento al promover la imaginación.

Tradicionalmente se marcó una diferencia entre la razón y la imaginación considerando que pertenecían a categorías incompatibles. G. Bachelard (1993) fue un pionero en estudiar sus relaciones, ya que la imaginación está presente tanto en el trabajo del literato como en la investigación científica, mostrando que no existe ningún conflicto entre ellas. Este autor afirma que tanto la razón como la imaginación son potencias activas que trabajan su objeto y que coinciden al rechazar las percepciones inmediatas.

Objetivo: Diseñar una propuesta didáctica para mejorar el aprendizaje, incorporando en el aula el cuento de Gamow “El demonio de Maxwell”, el cual proporciona una visión microscópica de los conceptos energía interna, conservación de la energía, calor, probabilidad y entropía.

Metodología: La propuesta es llevada a cabo con alumnos del ciclo básico de las carreras de ingeniería, en la asignatura Química General I, e incluye las siguientes actividades: análisis y comprensión del cuento, análisis de los aspectos epistemológicos y del contexto histórico del relato, guías motivadas de lectura y ejercicios de representación.

La evaluación de los resultados se basa en el análisis de la evolución del perfil epistemológico de los alumnos, antes y después de la instrucción.

Resultados: La implementación de la propuesta logra que los alumnos universitarios que no consiguen responder satisfactoriamente situaciones problemáticas relacionadas con los conceptos termodinámicos aún después de haber recibido un entrenamiento importante en ello, puedan vencer las dificultades de aprendizaje al vincular la correspondencia entre el modelo macroscópico de las leyes de la termodinámica, y el modelo cinético molecular de la materia.

Conclusiones: La narrativa puede ser un excelente vehículo del pensamiento científico, ya que además de favorecer la formación integral de los alumnos habida cuenta de la riqueza de disciplinas involucradas (ciencias naturales, ingeniería, literatura, sociología, historia, ética, etc), contribuye con la formación en competencias profesionales, ya que fomenta una combinación dinámica de conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades.

14RE. PRACTICAS PEDAGOGICAS INNOVADORA EN LA CLASE DE FÍSICA 1

VIAU, J.; TINTORI FERREIRA, A.; SZIGETY E.

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302- (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina
E-mail: grupodidacticadelaciencia@gmail.com

Introducción: La escasa preparación previa de los estudiantes para abordar una carrera de ingeniería es una situación que viene siendo observada y analizada desde el ámbito universitario, y ha sido asociada con el bajo rendimiento académico, la deserción y el desgranamiento.

Dada esta problemática consideramos que a los estudiantes del ciclo básico del nivel universitario no se los puede seguir instruyendo con las técnicas y estrategias habituales características de un ambiente universitario tradicional como son las clases magistrales.

Objetivo: Implementar una práctica pedagógica que a la hora de enseñar contenidos no sólo conceptuales, sino también procedimentales logre mejorar las estrategias de aprendizaje con las que ingresan los estudiantes y simultáneamente, obtengan un aprendizaje significativo de los conceptos relevantes de la física.

Metodología: La propuesta didáctica es diseñada para ser implementada en la asignatura Física 1, para las carreras de Ingeniería y contempla los siguientes aspectos: la necesidad de que exista una interacción permanente durante el desarrollo de la clase, entre los docentes y los alumnos; la necesidad de formar a los docentes auxiliares de cátedra en la adquisición de herramientas didácticas y metodológicas; que los estudiantes puedan alcanzar, finalizado el curso, un marcado perfil epistemológico racionalista; el planteo de actividades que promuevan el desarrollo de competencias básicas; un desarrollo articulado y continuo de las clases que reflejen la relación entre los contenidos teóricos y prácticos, y finalmente despertar en el alumno el compromiso, después de cada clase, de continuar realizando las actividades complementarias propuestas para el desarrollo del curso.

Las clases se desarrollan contemplando una metodología activa que permite que los alumnos participen constantemente en la adquisición de su conocimiento. El profesor incrementa la motivación de los estudiantes presentando problemas reales adecuadamente seleccionados, intensificando el uso de diagramas, esquemas, gráficos, demostraciones junto con exposiciones orales y lecturas, utilizando analogías físicas y demostraciones para ilustrar las magnitudes de cantidades que se hayan calculado.

Resultados: Los resultados obtenidos mediante el análisis del rendimiento académico de los alumnos del grupo control y del experimental, utilizando los registros de asistencia a las clases y de las calificaciones correspondientes a cada alumno, son altamente satisfactorios, dado que la diferencia entre ambos grupos es significativa.

Consideraciones finales: Es importante orientar a los alumnos para que aprendan Física pensando con la lógica de la Física, y ello puede lograrse a través de actividades que los lleven a obtener modelos empíricos o a contrastar modelos teóricos.

15RE. LA CREATIVIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO

GÓMEZ,G.; GALLO,J.; CAPPARELLI,C.; DEL HOYO,J.; HORMAIZTEGUIL,M.E.V.

**Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302 -
(7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina**

E-mail: creatividadparaingenieros@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Todos aquellos que reciben una formación en ingeniería aprenden el cuerpo de conocimiento que conforma la matriz disciplinar a través de un fuerte entrenamiento en la resolución de situaciones problemáticas. En ellas, para arribar a la solución, se deben reproducir los saberes específicos mediante procesos exclusivamente lógicos y analíticos. Esto da como resultado un egresado con un alto grado de desarrollo en su pensamiento lógico. Esta situación suele generar un efecto no deseado, ya que impulsa en el egresado el hábito de abordar las situaciones problemáticas de manera sistematizada. Este hábito en algunas situaciones resulta un obstáculo para la generación de soluciones originales a problemas nuevos. La propuesta apunta a introducir en la formación del estudiante el concepto de la existencia de otras formas de pensamiento para el abordaje de la solución de problemas.

Objetivo: Generar un espacio durante la formación del ingeniero para la toma de conciencia del rol de la creatividad, como así también para estimular y aplicar esta competencia.

Metodología: En una primera instancia se plantean actividades, aplicando dinámicas individuales y grupales, que estimulan funciones relacionadas con la creatividad, para luego conceptualizar y reflexionar sobre el tema. Cabe destacar que para arribar a la solución de las situaciones problemáticas que se proponen no se debe seguir un camino determinado. En una segunda instancia se propone la resolución de situaciones problemáticas concretas, donde deben aplicar los conceptos trabajados y conocimientos de su especialidad.

Resultados: Hemos observado que los estudiantes se encuentran motivados por las actividades planteadas, si bien algunas de ellas revelan las limitaciones que poseen cuando deben resolver situaciones problemáticas que requieren caminos diferentes a los tradicionales. Así también descubren en ellos nuevas posibilidades, al tomar conciencia de su potencial creativo, y la importancia de esta competencia en su futura labor profesional. Por otro lado manifiestan la necesidad de contar con un espacio de estas características durante la formación.

Conclusión: El pensamiento creativo no es excluyente al pensamiento lógico sino complementario, logrando resultados sorprendentes cuando ambos convergen para la búsqueda de una solución original. Por lo tanto podemos arriesgarnos a decir, con un aceptable grado de certeza, que la generación del espacio propuesto permite mejorar la calidad del egresado en cuanto a su capacidad para resolver problemas.

16RE. PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN INGENIERÍA

LAURETTA, J.R.¹; ORECCHIA, M.I.²; RATTO, J.O.³; RINALDI, H.D.⁴

Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Av. Madero 399 - (1106) CABA - Argentina

1. Departamento de Ing. Mecánica

E-mail: rlaure@Itba.edu.ar

2. Departamento de Matemática

E-mail: morecchi@Itba.edu.ar

3. Departamento de Física

E-mail: jratto@Itba.edu.ar

4. Departamento de Física

E-mail: hrinaldi@Itba.edu.ar

RESUMEN

La insuficiente alfabetización científico-tecnológica de los egresados del sistema educativo de nivel medio actual, es una de las principales causas del fracaso de los alumnos en su propósito de ingresar en carreras de Ingeniería.

Con el espíritu de aportar una posible solución a esta realidad, generamos una propuesta que se aplicó como experiencia piloto en una de las nueve comisiones de Física que el ITBA tiene en su curso de ingreso. Dicha propuesta parte del diseño de un aula-taller que funciona además como laboratorio y que promueve de manera natural la actividad grupal. Su eje fundamental consiste en cambiar radicalmente el concepto del trabajo de laboratorio, tradicionalmente pautado y preconcebido, por el de resolución de problemas experimentales, donde se presenta a los alumnos situaciones que deben resolver libremente.

En esta propuesta, la organización del proceso de enseñanza se realiza de una manera que denominamos “enseñanza continua”, que permite una participación activa del alumno en la modelización de procesos físicos, el desarrollo de trabajos experimentales por objetivos, la aplicación de herramientas informáticas no tradicionales, la participación en experiencias de cátedra y la resolución de problemas en forma grupal. El orden temporal de las actividades mencionadas es determinado por consideraciones metodológicas antes que por cuestiones administrativas.

La propuesta también incluye una manera continua e integral de evaluación, alimentada por los resultados de las diferentes actividades que componen el curso.

Por otra parte, la enseñanza de la Física en el grado parece poco eficaz para generar ingenieros con el perfil que el continuo avance tecnológico demanda. Esto es, que sea innovador, capaz de resolver problemas concretos y de adquirir permanentemente nuevos conocimientos.

Las disciplinas básicas que forman al ingeniero, entre ellas la Física, tienen el enorme potencial de aportar las competencias que permitan alcanzar dicho perfil. En tal sentido, los buenos resultados estadísticos obtenidos y las encuestas realizadas en la prueba piloto, habilitan la posibilidad de aplicar el rediseño metodológico descrito a los cursos de Física de grado, con la idea de ayudar a alcanzar los objetivos de formación del ingeniero actual.

**17RE. PROPUESTAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE (VIRTUAL-
PRESENCIAL) PARA ASIGNATURAS DEL CICLO BÁSICO EN CARRERAS DE
LA FCAI**

PRÓSPERI, S. B.¹; MOLINA, M. G.¹; MARTÍN, J. C.¹; MUSALE, V. C.¹; BARUFALDI, M. A.¹; ALLOLIO, D. ¹; MORANT, M. A.¹

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – Universidad Nacional de Cuyo.
Bernardo de Irigoyen 358 (5600) San Rafael, Mendoza. – Argentina
E-mail: sprosper@fcai.uncu.edu.ar; mgmolina@infovia.com.ar**

RESUMEN

A partir del Proyecto de investigación “Propuesta de Enseñanza y Aprendizaje Integrados (Virtual-Preseñcial) para la asignatura de Química Inorgánica (QI) en Carreras de Ingeniería” se ha podido indagar acerca de las posibilidades que brinda el Campus Virtual para desarrollar algunas de las capacidades que orienten a las competencias que exige CONFEDI para las Ingenierías. En cuanto al nivel de aceptación de la propuesta de enseñanza, la mayoría de los alumnos consideró que fue una experiencia motivadora, innovadora y muy significativa. Cabe preguntarse si el uso de entornos virtuales en el ciclo básico promovería el desarrollo de capacidades en el ciclo superior de las carreras de ingeniería; ¿Cuál es la significatividad de las instancias virtuales en los procesos de enseñanza que las diferencia de las presenciales? El presente Proyecto intenta continuar, en 2011 a 2013 y ampliar la propuesta de apoyo a la presencialidad mediante el uso de entornos virtuales, realizada en 2009 y 2010 en la asignatura QI, con la incorporación de estas estrategias, transversalmente, en otras asignaturas de los dos primeros años de las Carreras de ingeniería como una forma de indagar si el trabajo con herramientas informáticas y multimediales puede favorecer la adquisición de capacidades superiores a partir de innovaciones en las propuestas de enseñanza tradicionales. Los objetivos son: Conocer las capacidades que desarrollan los alumnos, a través de propuestas de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de las NTICs, en diferentes asignaturas del Ciclo Básico de las Carreras de Ingeniería, Profesorado de Química y Bromatología; promover el desarrollo de habilidades superiores de pensamiento y capacidades en el Ciclo Básico de Ingeniería a fin de ser transferidas en la adquisición de conocimientos en el ciclo superior de la carrera. El marco metodológico se plantea como una investigación con un enfoque integrado multimodal, también conocido como enfoque mixto, (investigación-acción, dada por las fases de exploración, planificación, experimentación y sistematización de experiencias y conocimientos). Se pudo obtener como resultados parciales, mediante encuestas realizadas a los alumnos participantes, la necesidad de ampliar las propuestas a través el Campus Virtual en otras asignaturas, de acuerdo a la respuesta de un alto porcentaje de los encuestados, donde el 90% expresa que el Campus ha servido para el aprendizaje, con información suficiente (80%); que son capaces de acceder al mismo desde cualquier lugar y hora; el 97% considera que puede desempeñarse en forma autónoma y un 77% opina que permite generar hábitos de estudio, entre otros.

18RE. “QUÍMICA AL RESCATE DEL MEDIO AMBIENTE”: ALGUNAS ESTRATEGIAS PARA LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

MASSA, P.A.

INTEMA/Fac. de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata
pamassa@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, el uso del calificativo de “químico” genera resistencias que van desde la desconfianza hasta el terror. Más allá de las responsabilidades que reconocemos como profesionales de la Química, no podemos eludir el mandato de reconciliar nuestra disciplina con la sociedad. Para ello es imprescindible recurrir a las dos herramientas más contundentes a la hora de desbaratar prejuicios: la educación y la información. Como lo indica el Dr. Perez Iglesias¹, además de “ejercer una indudable influencia cultural, la divulgación científica cumple un cometido fundamental, volver nuestra sociedad más abierta, más democrática y más libre”.

Desde este enfoque se dio forma a una charla de divulgación que se presentó a la comunidad educativa y al público en general, en el marco de la IX Semana de la Ciencia (Mar del Plata, junio de 2011), cuyo objetivo principal es promover la difusión de las actividades de investigación que desarrolla CONICET en sus centros regionales. Como eje de la charla se abordaron temáticas ambientales, considerando el rol de la Química no sólo como parte del problema, sino también como protagonista necesaria a la hora de aportar soluciones. En este sentido resulta significativo aprovechar las oportunidades de abrir canales de diálogo y reflexión que retroalimenten la labor científica con las demandas sociales.

El núcleo central de la presentación puso énfasis en las aplicaciones catalíticas para el tratamiento de la contaminación del agua, en especial los denominados procesos de oxidación avanzada (POA) que constituyen un campo de investigación de gran impulso durante los últimos años, destacando el papel fundamental que desempeñan los catalizadores en estos procesos. Por otro lado, junto con las cuestiones más disciplinares, se incluyeron otros elementos que contextualizan la investigación científica. Entre ellos, elementos autobiográficos (relacionados a cuestiones vocacionales y al desarrollo profesional del investigador), elementos históricos (relacionados al desarrollo de la Química como ciencia) y elementos socio-culturales (ejercicio ciudadano, rol de la mujer en la ciencia). Para el desarrollo de la exposición se utilizaron recursos audiovisuales (videos, diapositivas), preguntas y una dramatización con voluntarios del público, para representar con tono humorístico las etapas principales de los procesos POA.

La devolución fue muy positiva y se aprovecharon los recursos de las redes sociales (Facebook) para dejar abierto el intercambio con el público y continuar repensando la ciencia como una práctica más cotidiana, más responsable y menos estereotipada.

¹Perez Iglesias, J.I. “La importancia de la divulgación científica” (2006) Universidad del País Vasco.

19RE. LA FORMACIÓN DOCENTE EN CIENCIAS EXPERIMENTALES: UNA MIRADA REFLEXIVA

CATALÁN, L.^{1,2}, CONCARI, S.^{2,3}, GIORGI, S.^{2,4}

¹Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industrial catalan@fcai.uncu.edu.ar,

²GIDEAF – Departamento de Física – Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral. sgiorgi@fiq.unl.edu.ar

³Facultad Regional Rosario – Universidad Tecnológica Nacional. sconcari@gmail.com

RESUMEN

La transformación de la formación docente inicial particularmente en Ciencias Experimentales, a partir de 1999, ha originado cambios que propician el fortalecimiento y desarrollo de competencias vinculadas al quehacer educativo. Estos cambios se reflejan mayormente en los diseños curriculares de carreras como profesorado de física y química e impactan el área de la Educación Superior sea ésta universitaria o no.

Con el propósito de analizar la distancia entre las reformas propuestas desde la implementación de la Ley Federal de Educación, la Ley de Educación Nacional y las demandas educativas del nivel medio, se estudian diferentes documentos curriculares, informes y lineamientos, teniendo en cuenta aspectos como organización de los conocimientos, ejes de la formación práctica, carga horaria, perfil del egresado, entre otros.

El estudio se ha centrado en particular, en los cambios curriculares realizados en las jurisdicciones de Mendoza y Santa Fe y en los lineamientos propuestos para la fijación de estándares para la acreditación de carreras docentes a nivel universitario.

Los resultados muestran por un lado diferencias en la formación universitaria y la no universitaria. Por otro, emergen grandes cambios en aquellos aspectos designados como de la “formación general”. Asimismo se detectan escisiones difíciles de salvar entre ésta y la formación disciplinar, a la hora de la puesta en aula.

El trabajo realizado permite explicitar una reflexión en torno a la pertinencia de los cambios propuestos, en relación con las competencias requeridas para el futuro profesional.

**20RE. HACIA UN ENFOQUE MULTIMEDIA DE ENSEÑANZA DE
ALGORITMOS Y ESTRUCTURAS DE DATOS EN CURSOS BÁSICOS DE
INGENIERIA**

DANIA, C. ⁽¹⁾ – MARCHISIO, S. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Facultad de Química - UCEL - Av. Pellegrini 1332 – (2000) Rosario -
cdania@ns2.tower.com.ar

⁽²⁾ Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura – UNR- Av. Pellegrini 250 – Rosario
– timbucorreo@gmail.com

RESUMEN

El aprendizaje de materias relativas a la algorítmica y estructura de datos presenta niveles de dificultad elevados a estudiantes de Ingeniería en cursos introductorios. Gran parte de esa dificultad reside en la escasa formación previa de los estudiantes para organizar, construir y diferenciar conceptos abstractos y propiedades, así como en la necesidad de alcanzar, en el contexto del primer año universitario, habilidades que involucran la manipulación de abstracciones interrelacionadas para la solución de problemas complejos. En pos de una adecuada formación en el área, y con el objetivo de colaborar eficazmente a que estudiantes que cursan el primer año de carreras de Ingeniería puedan superar los obstáculos cognitivos señalados, se propone el diseño, desarrollo e incorporación articulada con otros recursos y estrategias, en el contexto didáctico, de materiales multimedia interactivos. En este trabajo se presentan los fundamentos del diseño de un sistema multimedia, con base en el reconocimiento de diferencias cognitivas individuales en los estudiantes y el sustento de enfoques de enseñanza que buscan favorecer la construcción de aprendizajes significativos, en el tema Algoritmos y Estructuras de datos. Se busca además con el mismo enriquecer habilidades en el manejo de la informática y las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

21RE. DESARROLLO DE TÉCNICAS PARA LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES INICIALES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE RUTEO; UTILIZANDO COMBINACIÓN DE MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EXACTA Y METAHEURÍSTICAS

DEMALDÉ, J.E; ROTTI T.M; SIMÓN S.B.

**Grupo de Optimización -Departamento de Ciencias Básicas - Facultad de Ingeniería
- Universidad Nacional de Río Cuarto –
jdemalde@ unrc.edu.ar**

RESUMEN

El problema de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad, CVRP; donde a partir de un único depósito, se debe visitar un conjunto de n clientes, ubicados en localizaciones conocidas, y que poseen determinadas demandas. Se dispone de un conjunto de K vehículos, de capacidad idéntica y conocida. El conjunto de rutas es determinado de tal manera que se optimice algún criterio de desempeño, sin violar la restricción de capacidad. Este problema pertenece a la clase de problemas NP-duros. Lo que implica que los métodos exactos de solución se podrán aplicar solamente en los problemas de un tamaño pequeño o medio.

Los problemas que se presentan en las aplicaciones reales poseen un tamaño tal que los métodos exactos se tornan impracticables. La literatura propone diversas heurísticas para la solución del CVRP.

El objetivo del trabajo es desarrollar e implementar una combinación de algoritmos exactos y meta heurísticos, para la obtención de un conjunto de buenas soluciones iniciales para el problema CVRP.

Estos están basados en la generación de un conjunto de buenas soluciones iniciales utilizando como algoritmo base la metaheurística de barrido.

En la heurística de barrido, los clusters se forman girando una semirrecta con origen en el depósito e incorporando los clientes “barridos” por dicha semirrecta hasta que se viole la restricción de capacidad.

Se propone una modificación en la que los clusters se forman, en lugar de barriendo con una semirrecta, barriendo con una porción de un anillo que se expande progresivamente hasta tomar un cliente; para luego repetirse a partir del último cliente seleccionado hasta violar la restricción de capacidad. Posteriormente se selecciona un nuevo primer cliente para la próxima ruta.

El algoritmo consta de diversos parámetros modificables; entre ellos las relaciones de forma del semi-anillo y la forma de seleccionar el primer cliente de la ruta posterior.

Cada cluster es luego ruteado resolviendo un TSP de forma exacta.

De esta forma la diversificación de soluciones iniciales es controlable en función de la cantidad de parámetros que se quiera modificar.

Se realizan diferentes pruebas en problemas test de dimensiones moderadas obteniéndose soluciones iniciales que distan aproximadamente un 10% de la solución óptima en tiempos razonables según la dimensión del problema.

A partir de este trabajo se prevé a futuro, poder utilizar arcos óptimos de estas soluciones, los que son conservados en los próximos movimientos (inter e intra rutas) para la generación de soluciones óptimas.

22RE. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN ENTORNOS VIRTUALES: RESPUESTA DE ALUMNOS A LA PROPUESTA DE QUÍMICA INORGÁNICA EN APOYO A LA PRESENCIALIDAD

ALEJANDRA BARUFALDI ⁽¹⁾, SUSANA BEATRIZ PRÓSPERI ⁽²⁾, MARÍA GRACIA MOLINA ⁽³⁾

(1) a (3): Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - UNCuyo
mabarufaldi_jhs@hotmail.com , susipro@yahoo.com , mgmolina@infovia.com.ar

RESUMEN

En el marco del Proyecto de Investigación “*ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN ENTORNOS VIRTUALES: Respuesta de alumnos a la Propuesta de Química Inorgánica en apoyo a la presencialidad*”, con el objetivo de buscar metodologías adaptadas a estudiantes nativos tecnológicos, compatibilizar el proceso de enseñanza aprendizaje a las exigencias del entorno laboral, social, político y cultural, se propusieron actividades que se llevaron a cabo a través de la utilización del Campus Virtual de la UNCuyo.

En base a la revisión de documentos (propuestas de enseñanza virtual aplicadas en años anteriores), se intentó diseñar herramientas para la elaboración de materiales en el entorno virtual a través de la toma, procesamiento, análisis y resultados de datos.

Se planteó como estrategia generadora de conocimientos integrados a la formación crítico-reflexiva que permite que la persona aprenda mientras actúa en su rol profesional (investigación-acción, dada por las fases de exploración, planificación, experimentación y sistematización de experiencias y conocimientos).

Las etapas que se siguieron fueron:

Investigación bibliográfica.

Diseño de herramientas para la toma de datos

Colaboración en la toma de encuesta diagnóstica a alumnos de primer año de Ingeniería.

Procesamiento de datos.

Capacitación en el diseño de materiales multimediales; y

Colaboración en el diseño de las unidades didácticas en el entorno virtual.

Los datos recolectados confirman que el 69% de los encuestados están de acuerdo en que el Campus promueve la autonomía en la adquisición de lectura, trabajos y otros. Además el 74% opina que esta modalidad de trabajo permite organizar los tiempos de estudio, un 96% considera pertinente esta metodología en la cátedra de Química Inorgánica.

De este trabajo se concluyó que el uso de TIC's en Química Inorgánica, ofrece alternativas para los diferentes ritmos de aprendizaje. Esto se debe a que los alumnos son responsables exclusivos del ritmo y realización de sus estudios por lo que estimula el aprendizaje autónomo de los estudiantes (reflejado en este trabajo y en los procesos de evaluación por parte de la cátedra). Además permite el uso de nuevos métodos, técnicas, estrategias y medios que resultan novedosos y a la vez, atractivos para los alumnos, quienes manifiestan un alto grado de aceptación. De hecho lo confirma el 97% de los estudiantes.

**23RE. CORRELACIÓN ENTRE LAS NOTAS DE LAS ASIGNATURAS DEL
CURSO DE NIVELACIÓN Y LAS OBTENIDAS EN ESPACIOS CURRICULARES
SIMILARES DE LOS PRIMEROS SEMESTRES EN DISTINTAS CARRERAS DE
LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA**

CHERNIKOFF, R. ; CÁCERES, K.; REDONDO, F.; MUÑOZ PUNTES, E.

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bdo.
de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina.**

E-mail: rchernik@yahoo.com.ar

RESUMEN

Los alumnos que aspiran a ingresar en las distintas carreras que ofrece la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo asisten a un curso de ingreso de dos etapas cuya denominación actual es Curso de Confrontación Vocacional y Nivelación de Conocimientos Básicos, de carácter selectivo, el que en los últimos años se complementó con una tercera etapa denominada Ambientación Universitaria.

Una parte importante del curso consiste en el desarrollo de contenidos temáticos de Matemática, Física y Química, correspondiente al nivel medio de Enseñanza. En general las modificaciones aprobadas durante los últimos años a las condiciones de admisibilidad han sido decisiones coyunturales que no se han basado en investigaciones sobre las distintas características del curso de ingreso. En este contexto se inició en el año 2009 un amplio estudio de distintos aspectos del Curso de Nivelación entre cuyos objetivos figuraba analizar la posible relación entre el rendimiento académico de los postulantes en los módulos del ingreso con los de las materias de los primeros cuatrimestres de la carrera. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al estudiar la correlación entre las notas de Matemática, Física y Química obtenidas por los alumnos durante el curso de ingreso mencionado, y las notas obtenidas en los espacios curriculares similares (Matemática I, Física I y Química General) de los primeros cuatrimestres de la carrera.

El procesamiento de la información reunida permite señalar que los alumnos que tienen problemas para aprobar Química del Ingreso también lo tienen para aprobar Química General, no observándose lo mismo en las otras asignaturas. Probablemente esto se deba a que en general los alumnos del nivel medio llegan a la Universidad con una formación muy deficiente en Química, salvo los provenientes de escuelas técnicas con orientación hacia esa disciplina, y que esa situación no alcanza a corregirse durante el curso de ingreso ni en el primer semestre de la carrera.

24RE. INTERPRETACIÓN DE DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE POR ALUMNOS DE INGENIERÍA

CHERNIKOFF, R. E.^{1,2}; MUÑOZ PUNTES, E.^{1,2}; REDONDO, F. L.¹

- 1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo.
Bdo. de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina.
E-mail: rchernik@yahoo.com.ar**
- 2. Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional. Gral. Paz y
Urquiza - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina**

RESUMEN

En los primeros cursos de Física los estudiantes de ingeniería tienen, habitualmente, cuando estudian la mecánica de la partícula, serias dificultades en la construcción e interpretación de diagramas de cuerpo libre en problemas que involucran uno o más cuerpos. Un prerrequisito para esto es analizar todas las fuerzas relevantes que intervienen en el fenómeno en estudio, tanto aquellas indicadas o identificadas como fuerzas aplicadas, como aquellas “no visibles” como la fuerza de atracción gravitatoria y la de roce. La herramienta para este análisis de fuerzas es el llamado diagrama de cuerpo libre o aislado (DCL). Estos diagramas son muy útiles para que los estudiantes entiendan como se relacionan las distintas fuerzas que actúan sobre cada cuerpo. También son sumamente eficaces en el diagnóstico de errores conceptuales persistentes en la aplicación de las leyes de Newton. Este trabajo forma parte de un estudio amplio en el que se trata de indagar las razones por las que los alumnos encuentran tantas dificultades en la construcción e interpretación de este tipo de diagramas, explorar los efectos en la formulación de las ecuaciones de movimiento, producir materiales para tratar de corregir lo anterior, y elaborar un conjunto de sugerencias para que los docentes presenten los mismos de la manera más sencilla y clara para los alumnos.

Con el objeto de encontrar los errores conceptuales que los alumnos cometen en la interpretación de diagramas de cuerpo libre, en el presente trabajo se estudian las respuestas brindadas por estudiantes de Física I a dos cuestiones de opción múltiple utilizadas en evaluaciones parciales, una en los años 2008 y 2010, y la otra en los años 2009 y 2011.

Los resultados muestran, entre otros errores conceptuales, que “el movimiento implica una fuerza”, que “la fuerza normal siempre es igual al peso” o que “la fuerza aplicada coincide siempre con la dirección del movimiento”.

**25RE. RENDIMIENTO DE LOS POSTULANTES EN EL CURSO DE INGRESO A
LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA. PARTE I:
QUÍMICA**

REDONDO, F. L.; CHERNIKOFF, R. E.; CÁCERES, K. E.; RODRÍGUEZ, O. J.

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bdo.
de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina.**

E-mail: leonardo_0487@hotmail.com

RESUMEN

En la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo se desarrolla, desde la reapertura de las carreras de Ingeniería en 1984, un curso de ingreso cuya denominación actual es Curso de Confrontación Vocacional y Nivelación de Conocimientos Básicos, de carácter selectivo. Si bien el desarrollo y los logros obtenidos en el curso de ingreso parecen satisfactorios, no existen antecedentes de evaluaciones previas a los fines de determinar si este curso brinda una respuesta satisfactoria a las necesidades de los estudiantes y de la Institución.

Dentro de ese marco se analizó el rendimiento de los postulantes durante el curso en las tres asignaturas que se desarrollan: Matemática, Física y Química. La alta correlación encontrada en distintas investigaciones entre el rendimiento académico y la deserción muestra que es necesario ocuparse de esta problemática durante los cursos de ingreso y primeros años en la Universidad. Es evidente que la deserción universitaria afecta tanto a la sociedad como a las universidades, a los estudiantes y a sus familias que, en muchos casos, realizan importantes esfuerzos para posibilitar el cursado de estudios universitarios.

En este trabajo se presentan y comparan los rendimientos en Química de los alumnos postulantes a ingresar, en el período 2006-2009, a las distintas carreras que se cursan en esta Unidad Académica de la Universidad Nacional de Cuyo.

Se advierte que Química presenta un grado de dificultad intermedia entre Matemática y Física, con un promedio ponderado de aprobación cercano al 89 %, si se tienen en cuenta el examen y los dos recuperatorios previstos.

Si bien los alumnos no son separados por la carrera que desean estudiar, y todos trabajan los mismos contenidos y son evaluados de la misma forma, se observa que a lo largo de los cuatro años investigados los porcentajes de alumnos que ingresan en relación al total de postulantes es de aproximadamente el 79 % para ambas Ingenierías, el 76% para el Profesorado en Química, el 59% para la Tecnicatura en Enología y Viticultura y el 56 % para los inscriptos en Bromatología. Respecto al Profesorado en Química y a la Tecnicatura hay que hacer la salvedad que el número de postulantes es reducido (total para los cuatro años evaluados: 25 y 54 postulantes, respectivamente).

**26RE. RENDIMIENTO DE LOS POSTULANTES EN EL CURSO DE INGRESO A
LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA. PARTE II:
FÍSICA Y MATEMÁTICA**

REDONDO, F. L.; CHERNIKOFF, R. E.; CÁCERES, K. E.

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bdo.
de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza - Argentina.**

E-mail: leonardo_0487@hotmail.com

RESUMEN

En la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo se desarrolla, desde la reapertura de las carreras de Ingeniería en 1984, un curso de ingreso cuya denominación actual es Curso de Confrontación Vocacional y Nivelación de Conocimientos Básicos, de carácter selectivo. Si bien el desarrollo y los logros obtenidos en el curso de ingreso parecen satisfactorios, no existen antecedentes de evaluaciones previas a los fines de determinar si este curso brinda una respuesta satisfactoria a las necesidades de los estudiantes y de la Institución.

Dentro de ese marco se analizó el rendimiento de los postulantes durante el curso en las tres asignaturas que se desarrollan: Matemática, Física y Química. La alta correlación encontrada en distintas investigaciones entre el rendimiento académico y la deserción muestra que es necesario ocuparse de esta problemática durante los cursos de ingreso y primeros años en la Universidad. Es evidente que la deserción universitaria afecta tanto a la sociedad como a las universidades, a los estudiantes y a sus familias que, en muchos casos, realizan importantes esfuerzos para posibilitar el cursado de estudios universitarios.

En este trabajo se presentan y estudian los rendimientos en Física y en Matemática de los alumnos postulantes a ingresar, en el período 2006-2009, a las distintas carreras que se cursan en esta Unidad Académica de la Universidad Nacional de Cuyo. La información necesaria para la realización de este trabajo fue aportada por la Coordinación del Ingreso de la FCAI.

En cuanto a la aprobación por asignatura se advierte que, considerando las tres instancias de evaluación previstas para cada asignatura, Matemática siempre es la que presenta el menor nivel de aprobación (84%) y, salvo en el año 2008, Física es la asignatura que logran aprobar la mayor cantidad de aspirantes (92%).

27RE. EL USO DE SIMULADORES EN LA PRÁCTICA DOCENTE: UNA APROXIMACIÓN DESDE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

RUÍZ ALCANTÚ N.; CATALÁN L.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo
iorana02@yahoo.com.ar

RESUMEN

El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y las fuertes repercusiones en el ámbito educativo del enfoque de un mundo digital y globalizado, traen consigo la necesidad de realizar cambios en la práctica docente. Estas nuevas tecnologías, en educación pueden ser utilizadas como recurso didáctico y medio de transferencias de conocimiento.

Aunque las investigaciones sobre el uso de simuladores virtuales son todavía muy escasas, se pueden encontrar experiencias innovadoras, que durante el proceso de enseñanza-aprendizaje emplean simuladores, integrando las tecnologías de telecomunicaciones por computadora con la instrumentación virtual. Diversos estudios consideran que el uso de simuladores favorece, entre otras, el desarrollo de competencias argumentativas.

En este trabajo se pretende analizar precisamente, el aporte de la utilización de simuladores durante las prácticas profesionales, de estudiantes de carreras docentes en ciencias experimentales a nivel universitario y explorar en qué grado los alumnos han desarrollado competencias argumentativas, a partir del uso de dichas herramientas. Para ello, inicialmente se realiza un rastreo bibliográfico de los estudios existentes al alcance, en relación a la utilización de simuladores en educación, particularmente de aquellos que insertan actividades con simuladores durante las mismas. Por medio del análisis de contenido se indagan diversos aspectos, a nivel cualitativo, de las características de los simuladores virtuales utilizados, los argumentos elaborados por los estudiantes, los fundamentos teóricos que los sustenta, como así también las ventajas educativas y aportes generados, para los estudiantes de profesorado durante la ejecución de su práctica.

En líneas generales se puede señalar que el porcentaje de docentes que utilizan tics es bajo, sin embargo diversos estudios evidencian que se genera un ambiente de enseñanza-aprendizaje sumamente favorable para la participación de los estudiantes en forma realista y significativa. No se han encontrado en la bibliografía revisada, investigaciones que vinculen específicamente estas herramientas con la práctica docente. En conclusión, el trabajo con simuladores en ciencias experimentales en la formación docente, si bien es incipiente permitiría generar espacios educativos que profundizan el desarrollo de competencias.

28RE. ACERCA DE LAS CONCEPCIONES CTS DE ALUMNOS QUE INGRESAN A CARRERAS DE INGENIERÍA

CABANELLAS, S.¹; DOMININO, M.²; DE SANCTIS, M. L.¹

**¹ Escuela de Formación Básica - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y
Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario**

² Facultad de Psicología – Universidad Nacional de Rosario

scabanel@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

Las concepciones de los alumnos sobre la ciencia, sus procesos y productos y las interacciones con la tecnología y el subsistema social, evolucionan a medida que avanzan en el sistema educativo como resultado de la forma en que el conocimiento científico-tecnológico es presentado y utilizado. En la formación básica de los ingenieros es muy frecuente que los mensajes sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología se transmitan de manera implícita a través del lenguaje, las actividades propuestas, el material bibliográfico, entre otros recursos. Contribuir a construir dicho conocimiento desde una perspectiva sociocultural, con un enfoque del aprendizaje que constituya una alternativa a una formación meramente instrumental, implica la redefinición de criterios que permitan tomar decisiones a nivel curricular, metodológico y didáctico. Desde este punto de vista interesa conocer las representaciones con que ingresan los estudiantes, en tanto diagnóstico o punto de partida de cualquier acción superadora. En este trabajo se describe un estudio exploratorio realizado con 160 alumnos en el ingreso a las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario con el objetivo de identificar y analizar las concepciones que comparten sobre la naturaleza de la ciencia y las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad. Se empleó una metodología cuali-cuantitativa con un enfoque interpretativo a partir de la aplicación de un cuestionario y de la implementación de un grupo de discusión. Para el procesamiento de la información se aplicaron técnicas de análisis de contenido y estadísticas multidimensionales con análisis de correspondencias y clusters. Los resultados preliminares muestran un conocimiento fragmentado sobre los productos y procesos de la ciencia y sugieren un proceso representativo en formación caracterizado por concepciones reduccionistas sobre algunos aspectos de las interacciones CTS, propias de una visión rígida, descontextualizada y neutral y por otras más flexibles, próximas a visiones contemporáneas, que comienzan a ser incorporadas al campo de la representación.

Bernardo de Irigoyen 375
San Rafael - Mendoza - Argentina
Tel: 0260 - 4430673 / 4421947
fcai@uncu.edu.ar
www.fcai.uncu.edu.ar

o s o i o

ISBN 978-987-575-106-4

**ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA
DE LOS ALIMENTOS**

**TRABAJOS COMPLETOS
1° PARTE**

ÍNDICE

01TCA. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES EN PASAS DE ARÁNDANOS OBTENIDAS MEDIANTE OSMODESHIDRATACIÓN.....	4
02TCA. CINÉTICAS DE SECADO DE FRUTOS DE ROSA MOSQUETA (<i>ROSA EGLANTERIA L.</i>) PRETRATADOS MECÁNICAMENTE.....	11
03TCA. BIÓNICA PARA SISTEMAS SENSORIALES EN AMBIENTES COMPLEJOS	18
04TCA. EVALUACION DEL MECANISMO DE PURIFICACION DE SAL DE MESA.....	26
05TCA. DESARROLLO DE UNA Sonda TERMICA PARA EL “MONITOREO” <i>ON LINE</i> DE LA COAGULACIÓN DE LA LECHE	32
06TCA. ESTABILIDAD Y CONSERVACIÓN DEL ACEITE DE ALMENDRA OBTENIDO POR Prensado EN FRIO	39
07TCA. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA MEDIANTE Prensado: ESTUDIO DE ALGUNAS VARIABLES DEL PROCESO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL MISMO.....	46
08TCA. ANTIOXIDANTES NATURALES: EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE NUEZ (<i>JUGLANS REGIA L.</i>).....	53
09TCA. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES EFECTIVOS DE DIFUSIÓN MEDIANTE SOLUCIÓN ANALÍTICA Y SOLUCIÓN NUMÉRICA EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PELONES.....	60
10TCA. RELACIÓN ENTRE ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN Y RETENCIÓN EN UNA MATRIZ DE TREHALOSA/CASEINATO DE UN ACEITE RICO EN Ω -3.....	67
11TCA. TRATAMIENTO CON CALCIO EN CEREZAS EN CONSERVA Y SU INTERACCION CON ANHÍDRIDO SULFUROSO.	74
12TCA. MOLIENDA DE ARROZ EN MOLINO PLANETARIO	81
13TCA. LA DIFUSIÓN DE SODIO EN COORDENADAS ELÍPTICAS DURANTE EL DESAMARIZADO DE ACEITUNAS VERDES DE MESA.....	88
14TCA. ISOTERMA DE SORCION DE HUMEDAD DE DOS VARIEDADES DE PURÉS DESHIDRATADOS DE MANDIOCA	95
15TCA. QUANTIFICAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE POR DIFERENTES MÉTODOS E PERFIL QUÍMICO DO EXTRATO AQUOSO DE AROEIRA	102
16TCA. CONTENIDO DE DAIZEINA COMO INDICADOR DE EXTRACCIÓN DE ISOFLAVONAS EN SOJA Y SUBPRODUCTOS DE SU INDUSTRIALIZACIÓN.....	109
17TCA. COMPARAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE POR DIFERENTES MÉTODOS E PERFIL QUÍMICO DE <i>ANNONA MURICATA L.</i>	116
18TCA. AVALIAÇÃO DO TEOR DE TANINOS CONDENSADOS E FENÓIS TOTAIS <i>ARTOCARPUS ALTILIS</i> (MORACEAE).....	123
19TCA. AVALIAÇÃO ANTIOXIDANTE E PERFIL QUÍMICO DOS FRUTOS DE AROEIRA PARA SUA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO COMO ALIMENTO FUNCIONAL.....	127
20TCA. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE TANINOS E FENÓIS TOTAIS DO EXTRATO METANÓLICO E DO FRUTO DE MANACARU <i>Cereus Fernambucensis</i>	134
21TCA. DEGRADACIÓN DE XENOBIÓTICOS ORGÁNICOS A PARTIR DE UN EXTRACTO ENZIMÁTICO DEL HONGO <i>Grammothele Subargentea</i>	139
22TCA. ACCIÓN DEL CLORO Y CARBÓN ACTIVADO EN POLVO SOBRE LA REMOCIÓN DE MICROCYSTINA EN TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE	147
23TCA. <i>Cucurbita Moschata</i> (Abóbora): CARACTERIZAÇÃO DO SEU PERFIL QUÍMICO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	154
24TCA. EFECTOS DE LAS CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO OSMÓTICO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRAMBUESAS VARIEDAD HERITAGE	161

25TCA. PRODUÇÃO DE AVICELASES EXTRA-CELULARES PELA BACTÉRIA TERMOFILICA <i>BACILLUS</i> SP. SMIA-2 EM DIFERENTES FONTES DE CARBONO E NITROGÊNIO	168
27TCA. DISEÑO DEL LAY OUT Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN DE PEQUEÑAS PLANTAS ELABORADORAS DE ALIMENTOS EN CONSERVA LISTOS PARA CONSUMIR	181
28TCA. COEFICIENTES DE DIFUSIÓN DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ANCO (<i>Cucurbita Moschata</i>). EFECTO DEL TAMAÑO	187
29TCA. CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS	194
30TCA. DESARROLLO DE SISTEMAS DE ENCAPSULACION COMPUESTOS PARA LA PROTECCION DE EXTRACTOS ANTIOXIDANTES NATURALES	200
31TCA. CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE CIRUELAS D'ENTÉ (<i>Prunus Doméstica</i> L.).....	207
32TCA. APLICACIÓN PRECOSECHA DE QUITOSANO EN LECHUGA MANTECA: PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN	214
33TCA. QUITOSANO COMO TRATAMIENTO DECONTAMINANTE DE SEMILLAS DE LECHUGA MANTECA SIN AFECTAR EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	221
34TCA. LA MACERACIÓN PREFERMENTATIVA EN FRIO. UNA ALTERNATIVA PARA OBTENER VINOS CON MAYOR COLOR EN LA VARIEDAD BONARDA.....	228
35TCA. USO DE MEMBRANAS DE CERÁMICA PARA LA OBTENCIÓN DE UNA FRACCIÓN RICA EN POLIFENOLES A PARTIR DE JUGO DE UVA	235
36TCA. ESTUDIO DE VARIABLES TECNOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE YOGUR REDUCIDO EN LACTOSA	242
37TCA. USO DEL FERMENTADOR "AIR-LIFT" A DIFERENTES PRESIONES EN LA PRODUCCIÓN DE GLUTATIÓN (GSH) POR <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	249
38TCA. DISTRIBUCIÓN DE FITOQUÍMICOS EN PLANTAS DE LECHUGA MANTECA	255
38TCA. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MINERAL DE DOIS TIPOS DE AZEDINHAS NATIVAS DA REGIÃO DE SETE LAGOAS/MG - BRASIL.....	263
40TCA. PRODUCCIÓN DE LIPASA DE <i>ASPERGILLUS NIGER</i> UTILIZANDO DIFERENTES SEDIMENTOS DERIVADOS DE LA REFINACIÓN DE ACEITES.....	268
41TCA. CINÉTICA DE LA ACIDÓLISIS ENZIMÁTICA EN SISTEMAS BATCH AGITADOS CON BIOCATALIZADORES NO COMERCIALES	274
42TCA. ESTUDO DA REDUÇÃO DOS TEORES DOS OLIGOSSACARÍDEOS RAFINOSE E ESTAQUIOSE E PRODUÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLUVEL DE SOJA.	281
43TCA. ANÁLISE SENSORIAL DE PRODUTOS À BASE DE SORGO: UMA ALTERNATIVA PARA ALIMENTOS SEM GLÚTEN.....	285
44TCA. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE BEBIDA À BASE DE CAFÉ ADICIONADA DE CONCENTRADO PROTEICO DE SORO.....	292
45TCA. OTIMIZAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE L-CISTEÍNA PARA PRODUÇÃO DE 1,3-PROPANODIOL POR VIA BIOTECNOLÓGICA.....	298
46TCA. ESTUDIO DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE CEBADA CERVECERA (<i>HORDEUM DISTICHUM</i> L.)... 305	
47TCA. PROCESO Y ALMACENAMIENTO DE ZARZAMORA: EFECTO SOBRE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES	312
48TCA. RETENCIÓN DEL COLOR NATURAL DE RABANITOS MINIMAMENTE PROCESADOS: APLICACIÓN DE DIFERENTES COMBINACIONES DE BARRERAS	319

01TCA. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES EN PASAS DE ARÁNDANOS OBTENIDAS MEDIANTE OSMODESHIDRATACIÓN

MALLERET, A.D.¹; GERARD, J. A.¹; LESA, C. E.¹; BETORET VALLS N.²

**1. Facultad de Ciencias de la Alimentación - Universidad Nacional de Entre Ríos.
Monseñor Tavella 1450- (3200)-Concordia- Entre Ríos - Argentina.
E-mail: malleretd@fcal.uner.edu.ar**

2. Universidad Politécnica Valencia-Camino de Vera S/N-Valencia-España

Resumen: Tecnológicamente, un tratamiento previo de las bayas de arándanos en solución concentrada de sacarosa favorece la deshidratación y el gasto energético posterior, cuando se utiliza secado con aire caliente. En cuanto a los parámetros de calidad de estos tipos de productos, se pueden encontrar diferentes criterios para definirlos. El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad en la textura de pasas de arándanos obtenidas luego de aplicarles un proceso de osmodeshidratación. Se trabajó con las variedades O'Neal y Emerald cosechas 2009 y 2010. Se tomaron cuatro lotes de veinte unidades cada uno, la mitad de estos lotes recibieron un tratamiento osmótico previo, en solución de sacarosa a 65°Brix durante 48 hs, mientras que los restantes no recibieron este tratamiento. Las muestras, con y sin tratamiento osmótico, fueron secadas en túnel a temperatura (T) 65-67°C y velocidad de aire (V_a) de 1,5-1,9 m/s. Los parámetros texturales que se tuvieron en cuenta para definir la calidad textural de las pasas obtenidas, fueron: Fuerza Máxima (Newton, N), Distancia (mm), Área (N.mm), y Coeficiente de Elasticidad (N/mm), utilizando un texturómetro TA-XT2i con accesorio una punta cilíndrica de 2mm. La fuerza máxima no mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para las pasas de arándanos con y sin tratamiento osmótico, siendo los promedios: 1,75 N y 2,15 N, respectivamente; la distancia tomó los valores: $8,1 \cdot 10^{-4}$ mm para las pasas sin osmosis y $6,2 \cdot 10^{-3}$ mm para las pasas con osmosis, no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las medias. El coeficiente de elasticidad calculado, fue de $2,87 \cdot 10^2$ y $3,60 \cdot 10^2$ (N/mm) para pasas con y sin osmodeshidratación, respectivamente sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, se observó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las medias del parámetro área, siendo mayor el correspondiente a las pasas con osmodeshidratación, $4 \cdot 10^{-5}$ Nmm; respecto de las no tratadas, $2,6 \cdot 10^{-7}$ Nmm. La mayor área estaría indicando que se requiere mayor cantidad de energía para romper las pasas, y por lo tanto un mayor trabajo de masticación. Es posible describir el comportamiento de la fuerza máxima mediante un modelo lineal, y que para pasas con tratamiento de osmodeshidratación es función del coeficiente de elasticidad y la distancia al punto de ruptura de la curva fuerza-deformación, en cambio para pasas sin tratamiento de osmodeshidratación, la fuerza máxima es función del área debajo de dicha curva, y del coeficiente de elasticidad.

1. Introducción

Como alternativa tecnológica de conservación y valor agregado, utilizada actualmente en uvas, podría ser la deshidratación por calor o combinada con un tratamiento previo de osmosis en solución de sacarosa: osmodeshidratación; teniendo en cuenta que este método de conservación ofrece la posibilidad de obtener un producto de alta calidad nutritiva, con buena retención del sabor y bajas pérdidas en minerales y vitaminas, preservando las características organolépticas (Barbosa Cánovas y Vega Mercado, 1996).

Al igual que las pasas de uva, los arándanos deshidratados, podrían ser consumidos directamente o en yogur, cubiertos de chocolate, turrone, helados, barras con cereales, tortas, chicles, galletitas, pan dulce, entre otros.

En cuanto a los parámetros de calidad de estos tipos de productos, se pueden encontrar diferentes criterios para definirlos. Esos parámetros de calidad se pueden categorizar en: térmicos, estructurales, ópticos, sensoriales, texturales, biológicos, microbiológicos y de apariencia (Giese, 1995).

La degradación de la calidad textural durante el secado es un criterio de calidad considerado de suma importancia, a ser tenido en cuenta a la hora de la selección, diseño y tipo de operación a realizarse en un secador de alimentos. Entre los principales factores que afectan la calidad, se incluyen (Mujumdar, 2000):

- **Cambios bioquímicos:** reacciones de oscurecimiento, oxidación de lípidos y decoloración.
- **Cambios físicos:** reconstitubilidad, textura, crujibilidad y pérdida de aromas.
- **Cambios nutrimentales:** pérdida de vitaminas y proteínas.

La calidad, en términos generales, es un concepto abstracto, de difícil definición, donde el consumidor se constituye en el principal elemento para su evaluación. Para el consumidor, algunos de los atributos fundamentales de la calidad de cualquier alimento son la ausencia de defectos, tanto en la textura, como en el aspecto, que incluye color, forma, tamaño, aroma, y valor nutritivo. (Jarén, 2005).

Scott-Blair (1958) han clasificado las técnicas instrumentales utilizadas para medir la textura de los alimentos en tres grupo:

1. Ensayos empíricos, que miden alguna propiedad física bajo condiciones bien definidas.
2. Ensayos imitativos, que intentan simular las condiciones a las que el material está sometido en la boca.
3. Ensayos fundamentales, que miden propiedades físicas bien definidas tales como la viscosidad o el módulo elástico.

En el presente estudio, se realizaron ensayos empíricos y se abordaran los aspectos de calidad en pasas de arándanos con y sin tratamiento osmótico previo, relacionados con los cambios físicos, tales como: Fuerza Máxima (Newton, N), Distancia (mm), Área (N.mm) y Coeficiente de Elasticidad (N/mm). Estos parámetros analizados en su conjunto, pueden ser a priori, un factor discriminante a la hora de definir las condiciones de secado y por consiguiente la calidad esperada, en el producto final.

2. Objetivos

Evaluar parámetros texturales en pasas de arándanos, con y sin tratamiento previo de osmodeshidratación.

3. Metodología

1. Obtención de pasas de arándanos con (CO) y sin (SO) osmodeshidratación:

Para la obtención de pasas de arándanos, CO y SO, se procedió como indica en la Figura 1. Se trabajó con las variedades de arándanos O'Neal y Emerald, obtenidas de la campaña

2009-2010. Los frutos frescos fueron provistos por productores de la Región de Salto Grande. Para el trabajo se seleccionaron los frutos cuyo diámetro ecuatorial estuvo comprendido entre 12 y 17 mm. Una vez que la materia prima fue seleccionada por tamaño se dividió en cuatro lotes, de veinte unidades cada uno, la mitad de éstos lotes, sin tratamiento osmótico, se colocaron directamente en secadero, los demás se sometieron a un tratamiento de osmodeshidratación consistente en colocar las bayas en solución de sacarosa a 65°- 67°Brix (relación en peso de fruta-jarabe 1+2) durante 48 hs. Posteriormente, ambas fracciones, se sometieron a deshidratación en secadero tipo túnel con velocidad de aire caliente (1,5-1,9) m/s, a 65-70°C y hasta alcanzar una actividad acuosa (a_w) promedio, para ambos lotes de 0,740 y humedad final promedio de 24% (b.s). Una vez finalizado el proceso de secado, las pasas obtenidas se envasaron en recipientes tipo pack PET de contenido promedio 100 gr, cada uno.

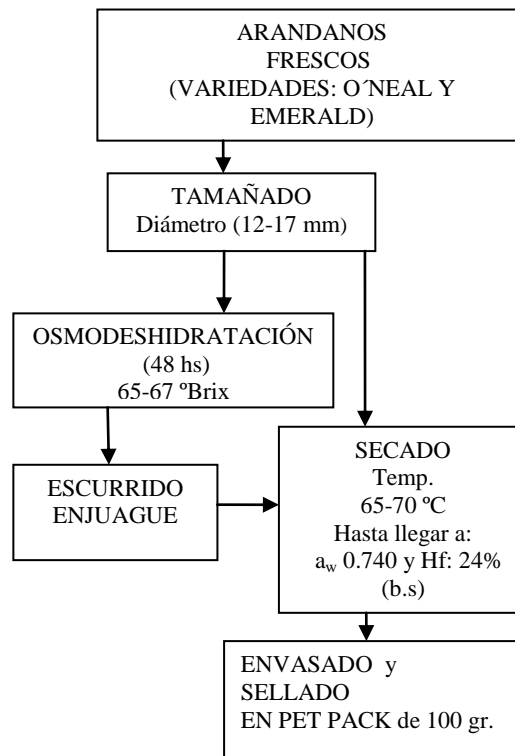


FIGURA 1. Diagrama de Flujo del proceso empleado.

2. Preparación de muestras para ensayo de textura:

Para medir la textura de las pasas de arándanos se utilizó Máquina universal de determinación de textura TA-XT2i Texture Analyzer Stable Micro Systems, software Texture Expert EXCED, versión 2,64E y como accesorio una punta cilíndrica de 2mm (P/2) usando una celda de carga de 25kg. Los parámetros del ensayo fueron los que se señalan a continuación:

Modo: Medida de fuerza en compresión.

Opción: Retorno al Inicio.

Velocidad de Pre-Test: 1.0 mm/s

Velocidad de Test: 1.0 mm/s

Velocidad de Post-Test: 10.0 mm/s

Distancia: 50%.

Trigger Tipo: Auto - 5g

Rango de adquisición de datos: 200 puntos por segundo.

Como producto de la medición se obtuvo un gráfico fuerza – deformación, como se muestra en la Figura 2. Para el ensayo, cada pasa de arándano se colocó sobre un cilindro de acrílico con una pequeña concavidad central para que sea penetrada por la punta en su zona ecuatorial.

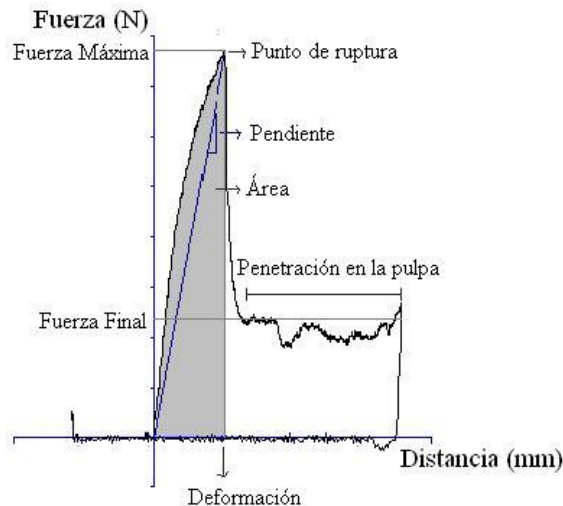


FIGURA 2. Curva fuerza – deformación.

Una vez que el trigger alcanzó una fuerza de 5 gramos, la punta procedió a comprimirla y en el gráfico se observó un rápido ascenso de la fuerza. Durante esta etapa, la muestra se deformó bajo la fuerza aplicada pero la punta no penetró el tejido. Esta fase finalizó abruptamente cuando la punta penetró la superficie y comenzó a introducirse dentro de la unidad, lo que se conoce como “punto de ruptura”. Después de este punto, la fuerza disminuyó demostrando que en el interior de la pasa, es mucho más blanda que la piel.

Las variables que se tuvieron en cuenta para evaluar la textura son las que se mencionan a continuación, y que también fueron utilizadas por Vargas, *et al.* (2001b) en uvas.

Fuerza Máxima: definida como el valor de la fuerza medida en Newton (N) necesaria para producir la fractura de la superficie de las pasas, en el punto máximo que alcanza la curva que corresponde al punto de ruptura de la película.

Área: calculada como el área bajo la curva de fuerza-deformación, medida en $N \times mm$, hasta el punto de ruptura de las pasas.

Distancia: calculada como la longitud en el eje de abscisas de la curva de fuerza-deformación, medida en mm, hasta el punto de ruptura de las pasas.

Coefficiente de Elasticidad: que corresponde a la pendiente de la curva de fuerza-deformación medida en N/mm desde el origen al punto de ruptura o fuerza máxima, calculado como el cociente entre dicha fuerza y la distancia.

3. Análisis Estadístico:

Los resultados obtenidos en las distintas mediciones se analizaron estadísticamente con software Statgraphics Centurion XV Corporate mediante Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando el método (LSD) de comparación de medias. También se procedió a realizar un Análisis Multivariado y a obtener modelos de predicción mediante Regresión Lineal Múltiple.

4. Resultados

En cuanto a los datos de los parámetros ponderados, se muestran en la Tabla 1, los valores medios obtenidos en ambos lotes estudiados. En términos generales y comparados con valores medios obtenidos por los autores para bayas frescas, se observan valores medios superiores (Zapata et al., 2010).

TABLA 1. Valores medios obtenidos para pasas de arándanos con y sin osmodeshidratación.

	FUERZA MAX. (N)	AREA (N.mm)	DISTANCIA (mm)	COEF. ELAST. (N/mm)
PASAS C.O	1,75 ^(a) $\sigma=1,49$	4 .10 ⁻⁵ ^(a) $\sigma=7,55. 10^{-6}$	6,22.10 ^{-3(a)} $\sigma=8,50. 10^{-4}$	3,60.10 ^{2(a)} $\sigma=2,58. 10^2$
PASAS S.O	2,15 ^(a) $\sigma=1,75$	2,6.10 ^{-7(b)} $\sigma=7,45. 10^{-8}$	8,11.10 ^{-4(a)} $\sigma=8,14.10^{-4}$	2,87 10 ^{2(a)} $\sigma=3,32.10^2$

Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias (p-valor < 0.05)

Fuerza Máxima

En la Tabla 1, se observa la media correspondiente al parámetro Fuerza Máxima, correspondiente al punto de ruptura de la curva fuerza-deformación, obtenida para pasas con y sin osmodeshidratación, respectivamente.

El ANOVA indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de este parámetro con un nivel de confianza del 95% (p-valor = 0,286).

Área

En la Tabla 1, se observa la media correspondiente al área debajo de la curva fuerza-deformación obtenida para pasas con y sin osmodeshidratación, respectivamente.

El ANOVA señaló un p-valor = 0,0000; por lo que hay diferencias entre las medias de los valores obtenidos para este parámetro. Para pasas con tratamiento de osmodeshidratación se requirió mayor trabajo, y por ende mayor energía, para romper la cutícula superficial hasta un 50% del diámetro ecuatorial de las mismas.

Distancia

En la Tabla 1, se observa la media correspondiente a la distancia debajo de la curva fuerza-deformación obtenida para pasas con y sin osmodeshidratación, respectivamente.

El ANOVA señaló un p-valor de 0,0639 indicando que no existe entre estos valores, diferencias estadísticamente significativas.

Coefficiente de Elasticidad

En la Tabla 1, se observa la media correspondiente al coeficiente de elasticidad. Se ha calculado como el cociente entre la fuerza máxima y la distancia desde el punto de ruptura al origen de la curva fuerza deformación, expresado en N/mm, para pasas con y sin osmodeshidratación, respectivamente. El ANOVA señaló un p-valor de 0,2813, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de las muestras estudiadas.

Modelos de Predicción

Se procedió mediante Análisis Multivariado, con los datos de las variables estudiadas: AREA (CO), AREA (SO), COEF (CO), COEF (SO), DIST (CO), DIST (SO), FZA (CO), FZA (SO), a calcular varios estadísticos, incluyendo correlaciones, covarianzas y correlaciones parciales, entre las mismas. Después de este procedimiento, se procedió mediante Regresión Múltiple a construir un modelo estadístico de los datos para predecir la variable FZA (CO) Y FZA (SO) en función de una ó más de las variables analizadas. Al ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre FZA (CO) y demás variables (CO), como independientes se obtuvo la ecuación 1, para la FZA (SO) y demás variables (SO), como independientes, se obtuvo la ecuación 2.

$$FZA (CO) = -1,498 + 256,5 * DIST (CO) + 0,006 * COEF (CO) \quad (1)$$

Coefficiente de Correlación= 0,99

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,76 %

Error estándar del est. = 0,17

$$FZA (SO) = -0,224 + 999,4 * AREA (SO) + 0,005 * COEF (SO) \quad (2)$$

Coefficiente de Correlación= 0,99

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,99 %

Error estándar del est. = 0,17

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, para ambas ecuaciones, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

5. Conclusiones

De los parámetros texturales estudiados se encuentran solamente diferencias estadísticamente significativas en el área debajo de la curva fuerza-deformación, siendo este parámetro un indicativo de la cantidad de energía necesaria para romper las pasas, equivalente al trabajo de masticación, por lo que un tratamiento previo de osmodeshidratación, aumenta dicho parámetro. En cuanto al parámetro fuerza máxima, es posible describir el comportamiento del mismo mediante un modelo lineal, y que para pasas con tratamiento de osmodeshidratación es función del coeficiente de elasticidad y la distancia al punto de ruptura de la curva fuerza-deformación, en cambio para pasas sin tratamiento de osmodeshidratación, la fuerza máxima es función del área debajo de dicha curva, y del coeficiente de elasticidad.

6. Bibliografía

- Barbosa Cánovas, G. V.; Vega Mercado, H.; (1996), Dehydration of Foods. New York, NY: Chapman y Hall.
- Belitz, H. D.; Grosch, W.; (1986), Food Chemistry. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 578-621.
- Fennema O. R., (2000), Química de los Alimentos... 2da Edición. Editorial Acribia S.A Zaragoza, España.
- Giese J. "Measuring physical properties of foods." Food Technology. Vol. 49 Núm. 2. 1995.
- Jaren Ceballos, M.C. Propiedades físicas de productos agroalimentario.

Universidad Pública de Navarra. Dpto de Proyectos e Ingeniería Rural, España.
Consulta Noviembre 2009.
http://www.unavarra.es/organiza/doctorado_tec_IIAA.htm

- Jaren, C., Arazuri, S. García, M.J., Arnal, P. y Arana, J.I. 2005. White Asparagus, Harvest Date Discrimination Using NIRS Technology. *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 2006.
- Lazarides Harris N.; Pedro Fito; Chiralt Amparo; Gekas Vassilis; Lenart Andrzej. *Advances in osmotic dehydration* pag. 175 y ss. *Processing Foods “Quality Optimization and Process Assessment*. Edite by Olivera Fernanda A. R; Oliveira Jorge C. CRC PRESS LLC Whashington, D.C; 1999.
- Lozano, J. E.; Añon C.; Parada Arias, E.; Barbosa Canovas G. *Food Preservation Technology Series “Trends in Food Engineering”* Pag. 137-138; Technomic Publishin Co, Inc.; Lancaster Pensylvania , 2000.
- Mujumdar, A. *Drying technology in Agriculture and Food Sciences*. Enfield, NH, USA. Edit. Science Publishers, Inc. 313p. 2000.
- Vargas A., Perez J., Zoffoli J.P., Perez A., Comparacion de variables de textura en la medicion de firmeza de bayas de uva Thompson Sedles, *Cien. Inv. Agr., Vol. 28*, pp. 37-42. 2001b.
- Zapata M., Malleret A., Quinteros C., Lesa C., Vuarant M., Rivandeneira J., Gerard J., *Evaluación de la firmeza de bayas de arándanos (Vaccinium corymbosum L.) durante su maduración*. XII Congreso CYTAL-AATA-UNER-Entre Ríos-Argentina. (2009)

02TCA. CINÉTICAS DE SECADO DE FRUTOS DE ROSA MOSQUETA (*ROSA EGLANTERIA L.*) PRETRATADOS MECÁNICAMENTE.

OHACO E. H.⁽¹⁾, MABELLINI A.^(1,4), ICHIYAMA B.⁽¹⁾, MARQUEZ C. A.⁽¹⁾, DE MICHELIS A.^(2,4), LOZANO J. E.^(3,4)

¹ Facultad de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional del Comahue, 25 de Mayo y Reconquista, Villa Regina, Río Negro, Argentina.

E-mail: ohacoelizabeth@hotmail.com

² INTA AER El Bolsón. Mármol 1950 (8430) El Bolsón, Argentina.

³ PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur). Camino "La Carrindanga", Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

⁴ CONICET

Resumen. El objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad de un tratamiento físico previo al secado de estos frutos, a través de dos modelos matemáticos, sobre la cinética de secado. El pre-tratamiento consistía en realizar tres perforaciones superficiales de 1mm por fruto en la zona ecuatorial y en puntos equidistantes. El secado se efectuó en un equipo experimental, con una velocidad de aire de 5m/s, 5% de humedad relativa, y a distintas temperaturas: 50, 60, 70 y 80°C, comparando con muestras sin pre-tratar.

Los modelos elegidos para analizar la eficiencia de este nuevo pre-tratamiento para el secado de frutos de rosa mosqueta fueron el propuesto por Becker y la solución analítica de la segunda ley de Fick, utilizando radio de partícula variable, dado que el cambio de volumen en estos frutos es importante a medida que se deshidratan. Se encontró que ambos modelos representan bien el fenómeno y los D_{eff} son muy similares, difieren menos del 2 % y aumentan considerablemente con el pre-tratamiento mecánico aplicado a los frutos. Los modelos matemáticos presentados brindan muy buena correlación con los resultados experimentales obtenidos con este pre-tratamiento y con los frutos sin tratar.

Palabras clave: secado-pretratamiento-cinética-coeficientes de difusión efectivos.

1. Introducción

El secado de frutos de la *Rosa rubiginosa* es muy lento debido a que posee una cutícula muy dura e impermeable (Vulliouid *et al.*, 2007). Usualmente con aire a 70 °C los tiempos de secado varían entre 10 a 15 horas, lo que limita la calidad y la productividad de los equipos, por ende la cantidad procesable durante la temporada de este fruto estacional, y el uso de energía es poco eficiente. La implementación de diferentes tipos de pretratamientos, químicos y físicos, sobre la piel de los frutos, con el objetivo de remover total o parcialmente su cutícula impermeable mejora la difusión de humedad y disminuye los tiempos de proceso. (Ohaco *et al.*, 2009; Femenia *et al.* 1998, Erenturk *et al.* 2004, Doymaz 2005, Tarhan 2006). Cualquier pre-tratamiento sobre estos frutos, previo al secado, que reduzca el tiempo de secado y preserve la calidad es considerado interesante. Por ejemplo, Ohaco *et al.*, (2009) evaluaron el efecto de pre-tratamientos químicos (oleato de etilo en medio alcalino y soluciones de hidróxido de sodio) y físicos (cortado y perforado) sobre los tiempos de secado de frutos de rosa mosqueta y concluyeron que el

mejor pre-tratamiento es el de perforado mecánico, ya que reduce los tiempos de secado de estos frutos en un 58%.

De la bibliografía consultada se puede afirmar que en la mayoría de los estudios se ha utilizado deshidratación isotérmica para evaluar y modelar la variación de la humedad adimensional del alimento en función del tiempo para distintas condiciones operativas en el aire: temperatura, velocidad y humedad relativa, y se han relacionado los parámetros cinéticos con dichas variables, aunque en muchas de las contribuciones se han relacionado solamente con la temperatura de bulbo seco del aire de secado (Márquez, 2003). En el fruto que se estudia en este trabajo, y en otros de pequeño tamaño, se ha comprobado que la temperatura de los mismos alcanza la del aire de secado en menos de 10 minutos, tiempo que se puede considerar despreciable frente al tiempo total que en todos los casos es mayor que 3 horas (Márquez, 2003; Pirone *et al.*, 2008; Márquez *et al.*, 2006). Una ecuación que ha dado buenos resultados en el secado de granos es la ecuación de Becker, (1959). Soluciones analíticas, así como expresiones semiempíricas y empíricas, se han utilizado en la mayoría de los casos con un radio constante de partículas. Sin embargo, en algunos trabajos de los últimos años, fueron utilizadas con radio variable (Márquez y De Michelis, 2011; Mabellini *et al.*, 2009; Pirone *et al.*, 2008; Márquez *et al.*, 2006; Márquez, 2003; Di Matteo *et al.*, 2000) debido a que se comenzó a reconocer la influencia de los cambios macro estructurales sobre la cinética. En experiencias previas se observó que los frutos de la rosa mosqueta perforados requerían un tiempo significativamente menor para el proceso de secado y además sufrían una considerable reducción de tamaño durante la deshidratación (Mabellini *et al.*, 2009; Ohaco *et al.*, 2009). Estos dos factores, modifican los coeficientes de difusión efectivos (D_{eff}).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es determinar experimentalmente las curvas de secado en función de la temperatura del aire y proponer, mediante la aplicación de modelos ya publicados con radio de partícula variable, la cinética para la deshidratación en capa delgada de frutos de la rosa mosqueta perforados mecánicamente.

3. Materiales y métodos

Materia prima

Los frutos de rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) cosechados a mano en El Bolsón - Río Negro, se mantuvieron refrigerados a 2°C y 90% de humedad relativa hasta el momento de efectuar los diferentes pre-tratamientos y posterior secado.

El contenido inicial de humedad de los frutos frescos fue de 57% en base húmeda y se determinó por el método de secado en estufa de aire a 105°C hasta peso constante, por triplicado.

Pre-tratamiento.

Se realizaron 3 perforaciones por fruto en forma manual con un punzón metálico de 1,11 mm. de diámetro, en la zona ecuatorial y en puntos equidistantes del fruto.

Procedimiento de secado.

Los frutos se deshidrataron enteros, sin pedúnculo, con flujo de aire caliente ascendente, perpendicular a la cesta, en un equipo experimental de secado de ciclo cerrado, con aire forzado, descrito en detalle por Ohaco *et al.* (2009), que permitía regular las variables operativas.

Tanto para los frutos perforados como para los frutos sin tratamiento (testigo) se llevaron a cabo distintas experiencias variando la temperatura del aire de secado (50, 60, 70 y 80°C), tanto la velocidad como la humedad relativa del aire de secado se mantuvieron constantes, siendo de 5 m/s y 5% respectivamente, ya que en trabajos anteriores se encontró que la velocidad de secado de los frutos de rosa mosqueta depende únicamente de la temperatura del aire de secado (Márquez, 2003; Márquez *et al.*, 2006). Una vez puesto en régimen el equipo, los frutos se colocaron en una cesta perforada de 22,5 cm de diámetro y 10 cm de altura formando una sola capa. Tanto la temperatura como la velocidad y contenido de humedad del aire se midieron a la entrada de la cámara de secado. La temperatura se midió con termocuplas de cobre-constantan. La velocidad se midió con un anemómetro Mini Vane CFM Termo Anemometers EXTECH Instruments, mientras que el contenido de humedad se midió con un hidrómetro Hygo Palm de Rotronic Instruments. Las muestras deshidratadas se colocaron en bolsas de polietileno cerradas herméticamente hasta la determinación de su humedad residual.

Medida de las pérdidas de peso y del peso seco de las muestras

Las pérdidas de peso de las muestras parcialmente deshidratadas se obtenían por pesada discontinua con una balanza analítica digital ($\pm 0,001$ g). El peso seco de cada muestra se determinó secándola hasta peso constante en una estufa de aire forzado a 104 °C, con la balanza antes indicada.

Modelos matemáticos.

Solución analítica.

La solución analítica de la segunda ley de Fick, para geometrías esféricas propuesta por Crank en 1975, suponiendo que la difusividad efectiva de la humedad es constante (Márquez y De Michelis, 2011; Márquez *et al.*, 2006) es de la siguiente forma:

$$X^* = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \text{Exp} \left[-n^2 \pi^2 \left(\frac{D_{eff} t}{R^2} \right) \right] \quad (1)$$

donde X^* es la humedad adimensional de la muestra, X es el contenido de humedad a un tiempo determinado (kg agua/kg sólido seco), X_0 es el contenido de humedad inicial (kg agua/kg sólido seco) y X_e es el contenido de humedad de equilibrio de la muestra (kg agua/kg sólido seco); D_{eff} es el coeficiente de difusión efectivo ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$); t es el tiempo (h) y R es el radio de la partícula (m), considerado variable en este trabajo. El cambio en el radio de partícula debido al encogimiento de la misma se evaluó mediante la siguiente relación empírica determinada experimentalmente por Ochoa *et al.*, (2007):

$$\frac{R}{R_0} = \left(0,2521 + 0,7373 \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

donde R_0 es el radio inicial del fruto (m) que se consideró como el radio de una esfera de igual volumen que la partícula, ya que la partícula tiende a dicha geometría a medida que se seca (Pirone *et al.*, 2008).

2.5.2. Modelo de Becker:

El otro modelo analizado fue el propuesto por Becker (1959) para esferas. La expresión matemática de este modelo es:

$$X^* = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} a_v \sqrt{D_{eff} t} + 0,331 a_v^2 D_{eff} t \quad (3)$$

donde a_v es el área por unidad de volumen de la partícula (m^{-1}), que lógicamente involucra el radio de la misma. Para esferas $a_v = 3/R$, siendo R el radio de partícula, que se consideró variable, evaluándose de igual forma que en el modelo anterior.

En este trabajo se utilizarán entonces las ecuaciones 1, 2 y 3, considerando la humedad de equilibrio que se calcula mediante la ecuación de GAB de cinco parámetros presentada por Márquez, 2003.

4. Resultados y discusión

Coefficientes de difusividad efectiva (D_{eff})

Los coeficientes de difusión efectivos D_{eff} fueron evaluados mediante el modelo de Becker y la solución analítica de la segunda ley de Fick. En ambos casos se compararon las humedades adimensionales predichas por el modelo con los perfiles de humedad obtenidos de las curvas de secado experimentales, usando un procedimiento de aproximación iterativo programando las ecuaciones de los modelos en MATLAB versión 7.1. La validez del ajuste de los modelos fue evaluada maximizando el coeficiente de correlación R^2 y minimizando el error porcentual promedio entre las curvas experimentales y simuladas. Los valores experimentales de humedad adimensional comparados con los valores estimados por los modelos de difusión para el secado de frutos de la rosa mosqueta, teniendo en cuenta el encogimiento volumétrico de la partícula, para los frutos sin tratar y perforados se muestran en las Figuras 1 y 2 respectivamente. La correspondencia entre los valores experimentales y los estimados muestra que los dos modelos de difusión utilizados describen apropiadamente el fenómeno estudiado, esto concuerda con lo reportado por Mabellini *et al.*, 2009.

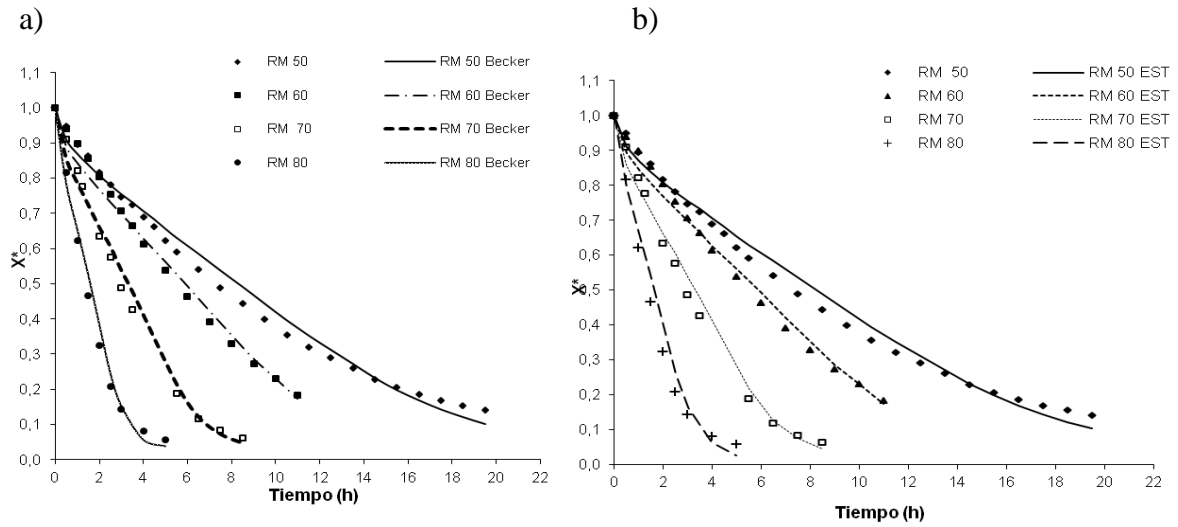


Figura 1. Variación de la humedad adimensional experimental y estimada con Becker (a) y con la solución analítica (b) de frutos de rosa mosqueta sin tratamiento.

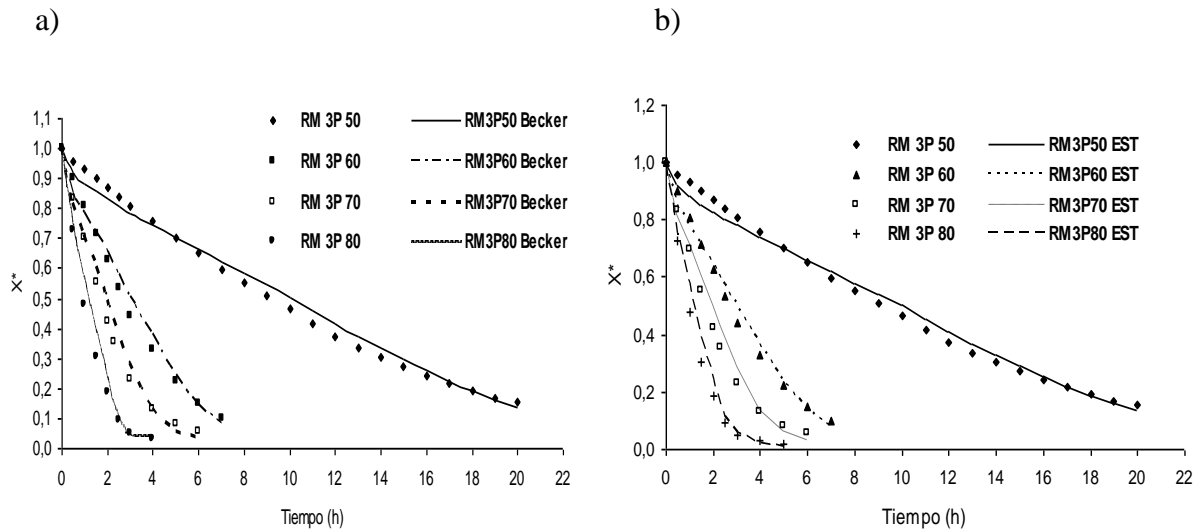


Figura 2. Variación de la humedad adimensional experimental y estimada con Becker (a) y con la solución analítica (b) de frutos de rosa mosqueta perforados.

Se observa que los D_{eff} aumentan con la temperatura en ambas muestras, sin tratamiento y perforadas (Tablas 1 y 2, respectivamente). Los valores de difusividad obtenidos para los frutos perforados, con los dos modelos utilizados, fueron en todos los casos mayores a los obtenidos para los frutos sin tratar, excepto a 50°C. Esto indica que a bajas temperaturas de secado no es eficaz el pre-tratamiento estudiado.

Tabla 1. Coeficientes de difusión efectivos, coeficiente de correlación R^2 y error porcentual promedio E% para frutos sin tratar.

Muestra	D_{eff} (m ² /s)		R^2		Error % promedio	
	Becker	Sc. Analítica	Becker	Sc. Analítica	Becker	Sc. Analítica
RM 50°C	2,67 x10 ⁻¹¹	2,69 x10 ⁻¹¹	0,989	0,989	0,183	0,084
RM 60°C	3,89 x10 ⁻¹¹	3,94 x10 ⁻¹¹	0,992	0,992	0,427	0,086
RM 70°C	6,6 x10 ⁻¹¹	6,67 x10 ⁻¹¹	0,991	0,991	0,446	0,114
RM 80°C	1,32 x10 ⁻¹⁰	1,27 x10 ⁻¹⁰	0,987	0,986	0,073	0,152

Tabla 2. Coeficientes de difusión efectivos, coeficiente de correlación R^2 y error porcentual promedio E% para frutos perforados.

Muestra	D_{eff} (m ² /s)		R^2		Error % promedio	
	Becker	Sc. Analítica	Becker	Sc. Analítica	Becker	Sc. Analítica
RM3P50°C	2,22 x10 ⁻¹¹	2,28 x10 ⁻¹¹	0,992	0,992	1,88	1,02
RM3P60°C	6,94 x10 ⁻¹¹	7,22 x10 ⁻¹¹	0,988	0,989	1,82	0,11
RM3P70°C	1,06x10 ⁻¹⁰	1,03 x10 ⁻¹⁰	0,987	0,985	0,2	0,098
RM3P80°C	1,67 x10 ⁻¹⁰	1,57 x10 ⁻¹⁰	0,99	0,985	16,6	0,038

Los D_{eff} de frutos de rosa mosqueta sin tratamiento variaron entre 2,67x10⁻¹¹ y 1,32x10⁻¹⁰ m²s⁻¹ para la estimación con el modelo de Becker y entre 2,69x10⁻¹¹ y 1,27x10⁻¹⁰ m²s⁻¹ para la solución analítica; mientras que para los frutos perforados variaron entre 2,2 x10⁻¹¹ y 1,67 x10⁻¹⁰ m²s⁻¹ para la estimación con el modelo de Becker y entre 2,28x10⁻¹¹ y 1,57x10⁻¹⁰ m²s⁻¹ para la solución analítica. Estos valores están comprendidos dentro los rangos reportados por varios autores para varios productos frutícolas, y en particular con los reportados por Márquez *et al.* (2006) y Mabellini *et al.*, (2009).

Correlación de los D_{eff} obtenidos con la temperatura.

Para evaluar la dependencia de los coeficientes de difusión con la temperatura del aire de secado se utilizó la ecuación de Arrhenius (Ec. 4) donde E_a es la energía de activación (kJ/mol), D_0 es el factor pre-exponencial (m²/s), R es la constante universal de los gases y T es la temperatura (K).

$$D = D_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (4)$$

Tabla 3. Parámetros cinéticos para frutos sin tratamiento y perforados.

Muestra	BECKER		SC. ANALITICA	
	E_a (kJ/mol)	D_0	E_a (kJ/mol)	D_0
RM ST	50,25	3,29x10 ⁻³	48,91	2,03x10 ⁻³
RM 3P	41,16	1,99x10 ⁻⁴	37,04	4,63x10 ⁻⁵

En la Tabla 3 se presentan los parámetros cinéticos obtenidos al graficar la forma logarítmica de la ec. (4). Se obtuvo la E_a para cada modelo y muestra. Para los frutos sin tratamiento previo al secado se obtuvo una E_a de 48,91 kJ/mol y de 50,25 kJ/mol para cada modelo: solución analítica y Becker, respectivamente. Para los frutos perforados se obtuvo una E_a de 37,04 kJ/mol y de 41,16 kJ/mol para cada modelo: solución analítica y Becker, respectivamente. Estos valores son muy similares y están en concordancia con los obtenidos por Márquez *et al.* (2006) y por Márquez y De Michelis (2011).

5. Conclusiones

Como se esperaba, los D_{eff} aumentaron con el pre-tratamiento realizado. Los coeficientes obtenidos con el modelo de Becker y con la solución analítica prácticamente no difieren entre sí y tampoco su correlación con los datos experimentales. De acuerdo a los resultados, ambos modelos, considerados con radio de partícula variable, son adecuados para representar el fenómeno, considerándose más práctico para el cálculo el modelo de Becker ya que no constituye una serie como el correspondiente a la segunda Ley de Fick.

6. Bibliografía.

- Di Matteo M, Cinquanta L, Galiero G, Crescitelli S. 2000. Effect of a novel physical pretreatment process on the drying kinetics of seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 46:83-89
- Doymaz I. 2007. Influence of pretreatment solution on the drying of sour cherry. *Journal of Food Engineering*, 78(2): 591-596.
- Erenturk S, Gulaboglu M.S, Gultekin S. 2004. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *Journal of Food Engineering*, 68:513-518.
- Femenia A, Sánchez E, Simal S, Rosselló C. 1998. Effects of drying pretreatments on the cell wall composition of grape tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (1):271-276.
- Mabellini A., Ohaco E.H., Márquez C. A., De Michelis A. y Lozano J. E. (2009). Selección de modelos para la estimación de coeficientes de difusión máscicos durante el secado de rosa mosqueta sometida a diferentes pretratamientos, *Actas del XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CYTAL 2009)*.
- Márquez C.A. 2003. Deshidratación de frutos no tradicionales: Rosa Mosqueta (*Rose Hips*). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Márquez CA., De Michelis A. y Giner S. A. (2006). Drying kinetics of rose hip fruits. *Journal of Food Engineering*, 77: 566-574.
- Márquez CA. y De Michelis A. (2011). Comparison of Drying Kinetics for Small Fruits with and without Particle Shrinkage Considerations. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7): 1212-1218
- Ohaco E.H., Mabellini A., Márquez C. A., De Michelis A. y Lozano J. E. (2009), Aceleración del secado de frutos de la *Rosa rubiginosa* mediante el empleo de pre-tratamientos químicos y mecánicos, *Actas del XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CYTAL 2009)*. UNER, Entre Ríos, Argentina, 7 al 9 de octubre de 2009.
- Pirone, B.N.; M.B. Vullioud; M.R. Ochoa; A.G. Kessler; C. A. Márquez y A. De Michelis (2008). Cambios de Volumen, Área Superficial y Factor de Forma de Heywood durante la Deshidratación de Cerezas (*Prunus avium*). *Ciencia e Tecnología de Alimentos – Campinas*, 28(2): 317-321
- St. George S.D., Cenkowski S., Muir W.E. 2004. A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit. Written for presentation at the 2004 North Central ASAE/CSAE Conference, Canada. Paper N° MB04-104.
- Tarhan S. 2006. Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures. *Journal of Food Engineering*, 79: 255-260.
- Vega A., Fito P., Andrés A., Lemus R. 2007. Mathematical modeling of hot air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 79: 1460-1466.
- Vullioud M, Pirone B, Ochoa M, Kessler A, Márquez CA, De Michelis A. 2007. Avances durante el secado de frutos de la Rosa Mosqueta. *Revista Presencia*, 51: 5-7.

03TCA. BIÓNICA PARA SISTEMAS SENSORIALES EN AMBIENTES COMPLEJOS

CAÑETE A. L.*

* Departamento de Tecnologías Industriales de la Universidad de Santiago de Chile (USACH) – Santiago de Chile – Chile – lucio.canete@usach.cl

Resumen: El manejo de información en entornos dinámicos y complejos obliga a cualquier organización a tener una conducta de prestancia y atención sobre los elementos ambientales que inciden en el rendimiento esencial de la unidad de negocios a la cual reporta. Cualquier decaimiento de dicho nivel puede implicar una pérdida de información respecto a los estados de su entorno y por ende en un riesgo en la viabilidad de la organización. Esta propiedad que deben poseer sus sensores artificiales es análoga a la observada en los sistemas sensoriales animales y considerando el desarrollo exitoso de éstos a través de un proceso de Selección Natural de más de 3800 millones de años, resulta atractivo investigar cualidades biológicas pueden emularse en sistemas artificiales. En tal sentido se observa que para asegurar su viabilidad, los sistemas sensoriales de animales localizados en cadenas tróficas intermedias, es decir aquellos que son depredadores y a la vez presas; deben mantener un continuo estado de alerta o atención al entorno. Sin embargo, dicho estado consume energía, siendo imposible mantenerlo en un nivel constante en el tiempo. Al respecto, en la biología ya se han concebido modelos que explican la variación del nivel de vigilancia en las dos actividades vitales de los animales: laborío y descanso. En un modelo de alternancia entre laborío y descanso, el Nivel de Vigilancia $V(t)$ declina y aumenta conforme el animal labora y descansa respectivamente a lo largo del eje del tiempo t ; es decir, para cada uno de los dos estados se tiene la relación: $dV/dt = -\alpha * V$ mientras labora y $dV/dt = \beta * (1 - V)$ mientras descansa; siendo α la tasa de pérdida de la vigilancia que depende de la dificultad de las labores y β la tasa de recuperación de la vigilancia que depende de la calidad del descanso. Para el caso de los sistemas sensoriales artificiales, este fenómeno es análogo pues aun cuando las unidades de negocios tengan estructuras de relevo para monitorear sus entornos; siempre requieren que ciertos componentes se recuperen luego de ser afectados por la inexorable entropía. Bajo esta premisa el Nivel de Vigilancia se mide en unidades energéticas disponibles por el sistema sensorial la cual va disminuyendo conforme realiza sus tareas. Si estas tareas son arduas, es decir si α ; es grande, dicho nivel decaerá en forma más acelerada. Una vez que el Nivel de Vigilancia ha decaído por debajo de un umbral de tolerancia, éste deberá recuperarse siendo necesario importar energía del entorno. Este proceso de importación dependerá de β . Este modelo ha sido probado con simulaciones computacionales y ensayado en faenas agrícolas; mostrando un satisfactorio rendimiento para comprender el funcionamiento de organizaciones complejas. Además, dicho modelo ha mostrado un nuevo aporte de la Biónica entendida como la ingeniería de emulación de fenómenos biológicos en entes artificiales, exponiendo ahora aplicaciones de alta abstracción.

1. Introducción:

El manejo de información en entornos dinámicos y complejos obliga a toda organización a tener una conducta de prestancia y atención sobre sus proveedores, clientes, competidores

y demás elementos ambientales que inciden en el rendimiento esencial de la unidad de negocios a la cual ella reporta. Sin embargo, sus sistemas sensoriales como cualquier bien creado por el ser humano, están expuestos a decaer en su función si no son mantenidas por éste.

En efecto, existe unanimidad en considerar a la Ley de la Entropía como un fenómeno universal cuyas manifestaciones tienden a alterar los bienes, haciendo que éstos alcancen inexorablemente algún estado indeseado para quien tiene interés en ellos (Georgescu-Roegen, 1999). En efecto, la Entropía ha expandido su comprensión más allá de la Termodinámica desde donde tiene su origen como concepto, permitiendo explicar fenómenos tan diversos que son tradicionalmente materia de estudio de otras ciencias naturales e incluso de las ciencias sociales.

Así por ejemplo no tan sólo es posible explicar el enfriamiento de una tasa de café; sino además el por qué el casco de un barco se oxida, una casa se desordena, una estatua se erosiona o una persona envejece.

Entonces, para disminuir la acción de la Entropía sobre los bienes, se debe actuar sobre estos a través de acciones de recuperación sobre el bien, las cuales todas demandan energía. Esta demanda de energía debe ser cubierta importando energía hacia el bien que interesa. Así este fenómeno antagónico fue acuñado como Negentropía y aparte de causar efectos contrarios a la Entropía, se caracteriza porque está a cargo de seres vivos, pues ellos a diferencia de los entes inanimados, poseen la capacidad de luchar contra ella (Müller, 2007).

2. Objetivos:

El presente trabajo tiene como propósito examinar algunos modelos estudiados por la Biología entendida como la ciencia de la vida, de tal forma de emularlos en lo que corresponda en sistemas productivos; es decir con componentes artificiales. Puesto que se trata de una imitación desde la Biología hacia sistemas con componentes inertes tales como mecánicos, informáticos y electrónicos, la investigación se clasifica dentro de la Biónica (Bar- Cohen, 2006).

3. Metodología:

La Biónica es la ciencia que se ocupa de emular fenómenos observados en sistemas vivos para recrearlos en todo o en parte en sistemas artificiales con el propósito que estos últimos mejoren cierto rendimiento (Gleich et al, 2009).

Una importante característica de la definición recién dada se refiere al verbo *emular*, entendiéndose tal como lo define la Lengua Española en el sentido de “imitar las mejores cualidades”. Se desprende así que los sistemas vivos para ciertos propósitos no siempre ofrecerán cualidades tecnológicamente atractivas.

A pesar de ello, en la misma definición existe intrínsecamente la máxima de la existencia de una fuente de inspiración en *sistemas vivos*. En efecto, “si millones de años de evolución han producido seres acoplados a su entorno, bien vale ahorrar esfuerzos y atender las lecciones que ha dado la naturaleza” (Bertalanffy, 1978). Subyace así la confianza que a través de un proceso de selección natural ciertas estructuras ya existen en un escenario biológico, que ellas son observables y que son mapeables a otro escenario.

El escenario de destino son los *sistemas artificiales*, entendiéndose como tales a las creaciones humanas concebidas para cierto propósito y compuestas por partes

sensiblemente relacionadas. Estos destinos pueden ser tangibles como las manufacturas o intangibles como los programas computacionales. Es decir, cualesquier sistema artificial podría mejorar su rendimiento al incorporar partes emuladas de sistemas vivos.

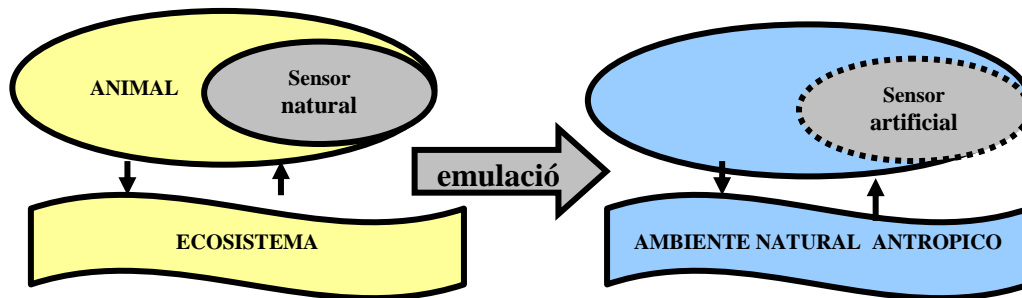


Figura 1: Escenario de origen y escenario de destino para la emulación.

El acoplamiento de la izquierda representa a un animal en su ecosistema del cual interesa conocer el comportamiento que este ambiente registra, utilizando para ello el ser vivo la dotación natural representada por sus sensores. El acoplamiento de la derecha representa una organización contemporánea (empresa, municipio, país) interactuando con mercados de proveedores, competidores y clientes; debiendo concebir un sistema sensorial para registrar el comportamiento de ellos.

Una razón para preferir la Biónica como la que en el presente artículo se presenta, es que frecuentemente las innovaciones se generan a través de una parcelación arbitraria de ciertas áreas del conocimiento y un posterior aislamiento entre ellas (Morin, 2005). Tal organización insular afecta el rendimiento de las soluciones logradas por cuanto no existe el enriquecimiento comunicacional entre diferentes especialidades. Así la Biología podrá ser un buen exportador de sus conocimientos hacia otras áreas del desarrollo humano, particularmente las tecnológicas.

La segunda razón se fundamenta al constatar que fenómenos tradicionalmente originarios y propios de la Biología tienen una tendencia creciente a ser modelados en varias actividades productivas. El ejemplo más popular es el de la Evolución, donde competencia, variación y adaptabilidad parecen ser paradigmas productivos de economistas y administradores, perdiendo la exclusividad *darwiniana*.

Para asegurar su viabilidad, los animales localizados en cadenas tróficas intermedias, es decir aquellos que son depredadores y a la vez presas; deben mantener un continuo estado de alerta o atención al entorno. Sin embargo, dicho estado consume energía, siendo imposible mantenerlo en un nivel constante en el tiempo. Al respecto se han concebido modelos que explican la variación del nivel de vigilancia en las dos actividades vitales de los animales: laborío y descanso (Dukas, 1998).

En un modelo de alternancia entre laborío y descanso, el Nivel de Vigilancia en función del tiempo $V(t)$ declina y aumenta conforme el animal laborea y descansa respectivamente; es decir, para cada uno de los dos estados se tiene la siguiente relación:

$$dV/dt = \begin{cases} -\alpha * V & \text{mientras labora} \\ \beta*(1-V) & \text{mientras descansa} \end{cases} \quad (1)$$

α : tasa de pérdida de la prestancia (siempre positiva), la cual depende de la dificultad de las labores
 β : tasa de recuperación de la prestancia (siempre positiva), la cual depende de la calidad del descanso.
 dV/dt : variación del nivel de prestancia respecto al tiempo.

La ecuación 1 segmenta el eje del tiempo en dos partes mutuamente excluyentes. Durante el segmento temporal de laboreo, el Nivel de Prestancia o Vigilancia (V) decae según la exigencia que el ambiente impone, lo cual depende de una tasa α que representa la dificultad de las tareas. Durante el segmento de descanso, dicha cantidad se recupera de acuerdo a una tasa β que representa la calidad del descanso.

Por ejemplo un depredador que examina un terreno despejado en busca de una presa, deberá esforzarse más si el examen lo realiza sobre un terreno con abundante cobertura vegetal. Al cabo de un periodo, la prestancia de su visión y olfato estará más disminuida en la segunda situación que en la primera. Respecto a lo mismo, la segunda situación castigarán al final de la jornada más la calidad de información que recoge del ambiente.

Esto mismo ocurre con cualquier sistema sensorial considerado como un conjunto de partes coherentemente integradas para recoger información del entorno: mientras más difícil es la tarea de recoger antecedentes del ambiente, más se deteriora dicha función. Al periodo donde ocurre el decaimiento se le denomina como etapa entrópica y a aquel periodo donde ocurre la recuperación se le denomina etapa negentrópica.

Tal como se estableció en párrafos precedentes, esto tiene una explicación fundada en la Termodinámica. En efecto, la etapa entrópica se observa por ejemplo en faenas agrícolas donde una tarea ardua como cortar árboles tiene un consumo energético es de 36 Kjoules por minuto; mientras que conducir tractores consume menos de 9 Kjoules por minuto. Mucho se comenta las dificultades de un profesor de primaria, gastando 10,8 Kjoules por minuto; en contraste con uno de secundaria que consume 10,4 Kjoules durante la misma unidad de tiempo (Giordan, 1999). El α del profesor de primaria en el presente ejemplo es mayor que el de secundaria porque su tarea es más difícil.

La etapa negentrópica se observa también en asuntos cotidianos en el agotamiento de personas, recomendándose dormir bien o tener unas reponedoras vacaciones. Ciertamente una mala noche no permitirá en la mañana a una persona tener un día de producción óptima pues su máximo Nivel de Vigilancia no se habrá recuperado. Tampoco una mediocre mantención de un equipo mecatrónico después de un periodo de gran exigencia permitirá un buen rendimiento de éste (Johansen, 1992). La calidad de las vacaciones y de la noche en el caso de las personas, consideradas como actividades reponedoras al igual que la calidad de la mantención del equipo mecatrónico, se representan en el presente modelo por β .

Esta situación de alternancia entre laboreo (etapa entrópica) y descanso (etapa negentrópica), se representa gráficamente en la Figura 2. Mientras el factor productivo trabaja que en el presente trabajo corresponde a un sistema sensorial, éste decae en su Nivel de Prestancia y mientras descansa, dicho nivel se recupera (Dukas, 1998).

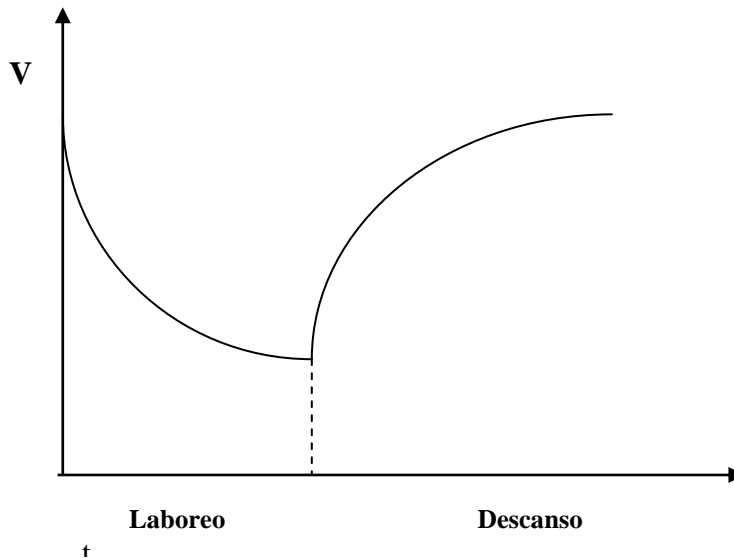


Figura 2: Variación del Nivel de Vigilancia (V) durante el tiempo (t) para la etapa de Entropía y de Negentropía; que en el modelo corresponden a Laboreo y Descanso respectivamente.

4. Resultados

El fenómeno se estudió en un vehículo autónomo de menos de 6 Kg de peso del tipo *rover* destinado a ecosistemas con el propósito de *levantar* (recoger información de terreno) la ergonomía de trabajadores agrícolas y otras variables topográficas para posteriormente diseñar innovaciones en artefactos que disminuyan riesgos de accidentes laborales. Se trata ciertamente de un sistema sensorial artificial pues tiene como inexorable misión recoger información de su entorno que permita a la organización a la cual pertenece, aportar al diseño de innovaciones que la hagan más competitiva.

El vehículo se programó para recorrer distintos tramos de igual longitud, en el mismo sentido y a la misma velocidad entre otras variables *Ceteris paribus*; diferenciándose los tramos sólo en la rugosidad del terreno, midiéndose como la dispersión vertical respecto a una línea imaginaria horizontal de la superficie medida longitudinalmente cada 0,1 m. Cuando el vehículo hacía los recorridos, se supuso que estaba en su etapa entrópica pues la rugosidad del terreno afecta los componentes mecánicos y en particular los ópticos. Puesto que el *rover* recorrió sólo terrenos de dos rugosidades distintas, tenía dos tasas de pérdida de prestancia o de Nivel de Vigilancia; es decir, dos α .

Una vez realizados los recorridos, el vehículo “descansaba”; es decir, entraba a la etapa negentrópica y él mismo se sometía a las reparaciones. Estas reparaciones eran de dos tipos: una completa y otra parcial; es decir, dos tasas de recuperación o lo que es lo mismo, dos β . Las reparaciones las hacía en forma autónoma a través de la captura de energía desde sus paneles solares, dejando de levantar información de terreno para asimilar el concepto de descanso.

El Nivel de Vigilancia se midió por medio de la cantidad de veces que salvaba zonas de atascamientos de vehículos no inteligentes, sin caer en ellas. Se prefirió dicho indicador considerando que los vehículos terrestres (autónomos o manejados) están propensos a atascamientos por la microtopografía de los predios rurales y esta propensión es mayor en la medida de su deterioro. Es decir, mientras más bajo esté su Nivel de Vigilancia, su atención está más disminuída y con ello está más propenso a no advertir los accidentes del terreno. La Figura 3 muestra los resultados después del tratamiento estadístico.

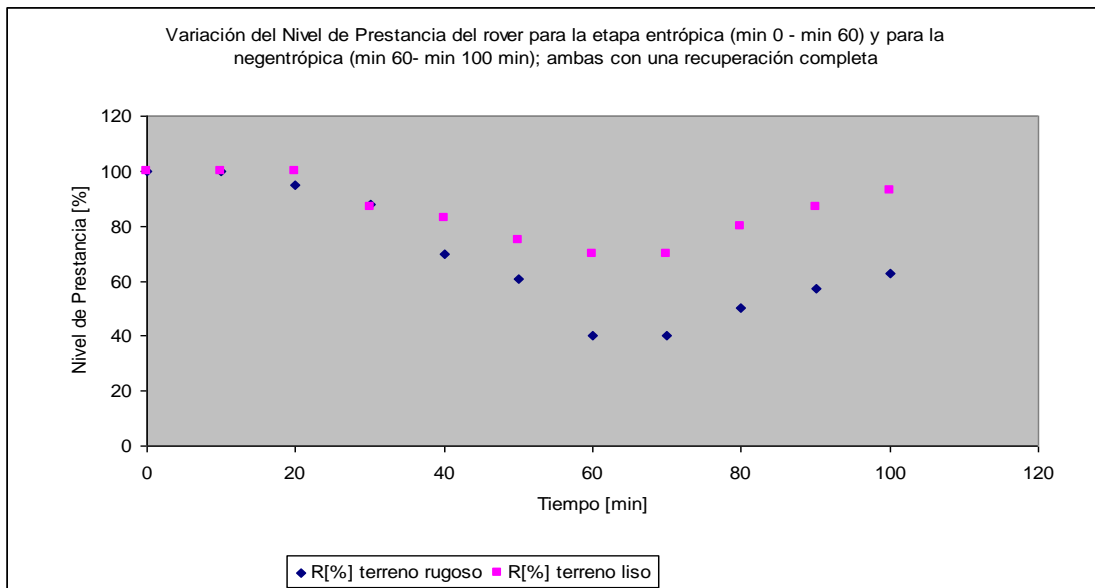


Figura 3: Nivel de Prestancia o Vigilancia del rover en su operar con **recuperación completa** en etapa negentrópica

El gráfico muestra que efectivamente un terreno rugoso castiga en forma acelerada el Nivel de Vigilancia y que una vez concluida la etapa Entrópica, el vehículo no logra alcanzar el óptimo debido a que la recuperación, es decir la etapa Negentrópica se inicia desde una cota más baja. Otra situación que se observa es que las curvas muestran un parecido a lo que teóricamente se tiene en la Figura 2. ¿ Qué ocurre cuándo por algún motivo los paneles solares no logran capturar la energía necesaria ? Esto se muestra en el gráfico de la Figura 4. En dicha situación se puede establecer metafóricamente que el vehículo autónomo no tuvo un “buen descanso” y por ende el Nivel de Vigilancia al final del minuto 100 fue bastante inferior a la situación de buen descanso.

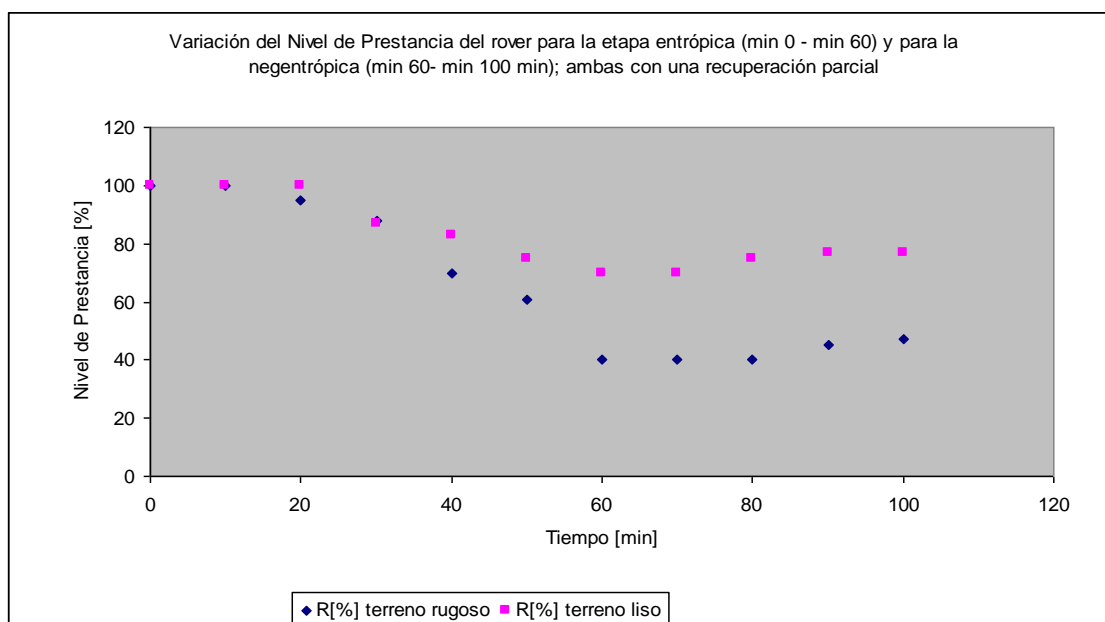


Figura 4: Nivel de Vigilancia o Prestancia del rover en su operar con **recuperación parcial** en su etapa negentrópica

5. Conclusiones:

El presente modelo inspirado en fenómenos biológicos, aparte de tener una utilidad explicativa, tiene una predictiva pues se puede medir la tasa de dificultad de tareas y la tasa de recuperación (α y β respectivamente), para pronosticar el decaimiento del factor productivo de interés. Incluso, conocidos los valores de α y β y varias observaciones respecto al rendimiento, se puede a través de algún procedimiento estadístico, descubrir la función $V = f(\alpha, \beta)$, misión que el autor del presente ensayo han comenzado a desarrollar. Por ahora se puede establecer una cota mínima de tolerancia para el Nivel de Prestancia y cuando ésta sea superada inferiormente, tener resguardos respecto de la *performance* del factor productivo.

La inspiración observada en fenómenos vivos puede tener más analogías en entes inertes y por lo tanto se pronostica una interesante línea de investigación que contribuya a una mejor gestión de los factores productivos en escenarios tecnológicos.

6. Bibliografía:

- Bar- Cohen, Y. (2006) Biomimetics: biologically inspired technologies. Pasadena: Taylor & Francis.
- Bertalanffy, L. V. (1978) Tendencias en la teoría general de sistemas. Buenos Aires: Alianza Universidad.
- Dukas, R. (1998) Cognitive Ecology. Chicago: The University of Chicago Press.
- Dukas, R. (1998) Constraints on information processing and their effects on behavior. Chicago: The University of Chicago Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1999) The Entropy Law and the economic process. Lincoln: Harvard University Press.
- Giordan, A. (1999) Mon corps: la premiere merveille du monde. Paris: J-C Lattès.

- Gleich, A., Pade, C., Petschow U. y Pissarskoy, E. (2009) Potentials and trends in Biomimetics. Bremen: Springer.
- Johansen, O. (1992) Introducción a la Teoría General de Sistemas”, Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Morin, E. (2005) Introduction à la pensée complexe. Paris: Editions du Seuil.
- Müller, I. (2007) A history of Thermodynamics: the doctrine of Energy and Entropy. Nueva York: Springer.
- Walliser, B. y Prou, C. (1998) La science économique. Paris: Editions du Seuil.

04TCA. EVALUACION DEL MECANISMO DE PURIFICACION DE SAL DE MESA

Bernabeu, A.E.

Departamento de Ingeniería Química. - Facultad de Ingeniería Química-U.N.L.

Santiago del Estero 2654-(3000)-Santa Fe-T.E.: 0342 4571160 – e mail:

bernabeu@unl.edu.ar

Resumen

El presente trabajo estudia y determina en forma cuantitativa la contribución de diferentes mecanismos en la eliminación de impurezas presentes en el mineral proveniente de una salina argentina, por medio de un tornillo lavador. La escala de estudio es la industrial, y el objetivo del estudio es obtener información para proceder a un posterior diseño a mayor escala. De tres mecanismos que participan, se concluye que la operación que más contribuye es la clasificación hidráulica, y que se logra purificar la sal, en una sola etapa, en un porcentaje del 55%.

1. Introducción

La sal común es un condimento utilizado por el hombre en los alimentos desde tiempos remotos, y además ha tenido en la antigüedad un valor importante como conservante y moneda de trueque. Su posesión ha tenido un valor económico significativo, objeto de gravámenes impositivos, e incluso se ha llegado a la guerra para su usufructo.

En nuestro país, los principales yacimientos se encuentran en las provincias de La Pampa, San Luis y Buenos Aires, zonas estas que antiguamente fueron ocupadas por el mar y que luego de sufrir un proceso natural de elevación del terreno y posterior evaporación de las lagunas de agua marina, han generado las actuales salinas.

Argentina produce aproximadamente un millón de toneladas por año de sal (Sueldo, 2008), lo que permite abastecer el mercado interno y generar saldos exportables a diferentes puntos del planeta. La distribución del consumo es del orden del 35% como sal de mesa, siendo el resto destinado a la industria química, curtiembres y otros usos.

En el presente trabajo, la obtención de la materia prima proviene de un yacimiento ubicado en la zona sur de la provincia de Buenos Aires. La empresa asistida, se dedica a la obtención de una línea de productos de sal de mesa.

En la Fig. 1 se esquematiza el proceso de cosecha, el cual se lleva a cabo recolectando y raspando la superficie del yacimiento, para luego ser acopiado el material en pilas a la intemperie en la misma salina. Posteriormente se transporta el mismo a la planta industrial, en camiones de caja metálica.

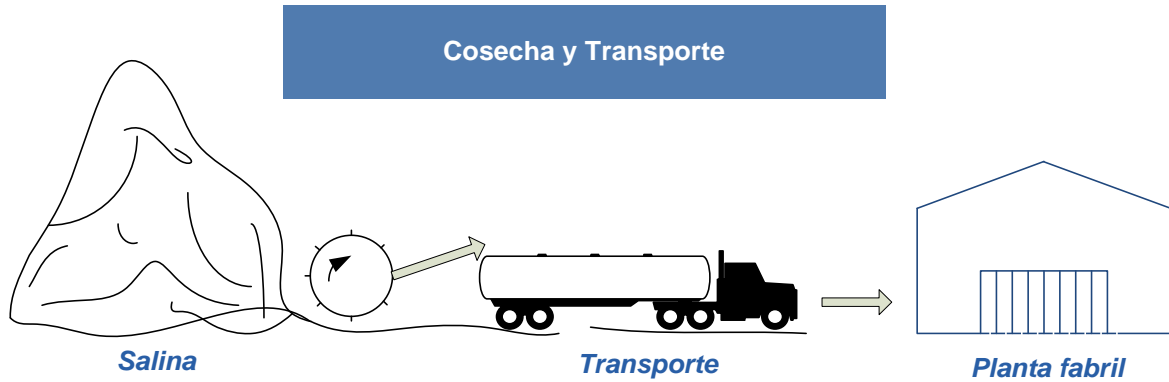


FIG. 1. Cosecha y transporte del mineral

Ya en la planta (ver Fig. 2), la materia prima se tritura con un molino a martillos, se acopia, se tamiza y se alimenta a un tornillo lavador, encargado de llevar adelante la purificación. En este último, se pone en contacto la sal molida con una salmuera saturada en cloruro de sodio (ClNa), en contracorriente, a fin de eliminar las impurezas presentes (Coulson y Richardson, 1981). La sal lavada, es elevada por el tornillo por encima del nivel de líquido y descargada en una centrífuga de canasta, de funcionamiento continuo. El tornillo tiene las siguientes dimensiones: 8000 mm de largo, 285 mm de diámetro, con una inclinación de 20 °. La tolva se encuentra a una altura de 1350 mm, con un ancho de 500 mm en el cabezal de descarga de salmuera. En la centrífuga, bajo la acción del campo de fuerzas externo, se elimina gran parte del contenido de salmuera que acompaña a la sal. Tanto la salmuera que sale del tornillo lavador, como la descarga de la centrífuga, son tratadas en la planta para ser reutilizadas. En el tornillo lavador se observa la formación de pequeñas cantidades de espuma, las que son periódicamente eliminadas.

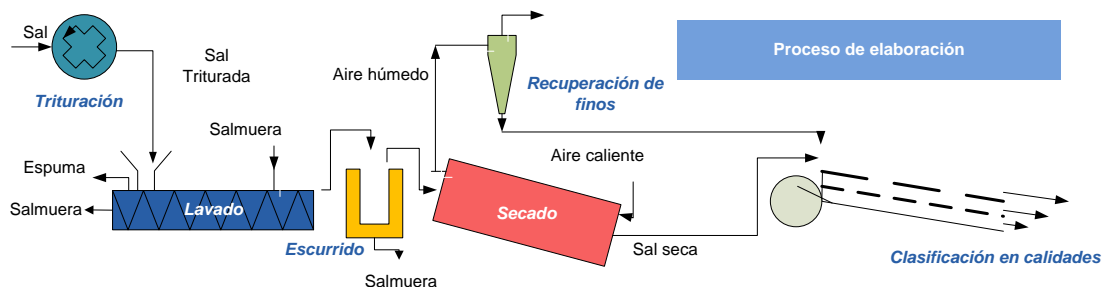


FIG. 2. Proceso de elaboración

Luego de ser escurrida, la sal es secada con aire caliente. El secado cumple a su vez una segunda función que es eliminar los microorganismos que la acompañan (bacterias halófitas), provenientes de la salina (Protocolo de Calidad para Sal Común de Mesa, 2007). Una vez seca, se clasifica por tamaño y acopia en silos. La clasificación por tamaño produce sal gruesa, entre-fina, fina e impalpable. Por último se envasa en forma hermética y se almacena a resguardo de las acciones climáticas, hasta su expedición, debiendo cumplimentar el producto lo establecido por la normativa legal (Código Alimentario Argentino, 2010).

Las impurezas inorgánicas que normalmente acompañan a la sal sin purificar, son sulfato de calcio, carbonato de calcio, sulfato de magnesio y carbonato de magnesio, de baja solubilidad en agua (ver Tabla N° 1), así como los cloruros de calcio y magnesio, de carácter soluble (Weast, R., 1982). A la luz de esta información, los primeros

permanecerán fundamentalmente en forma de partículas sólidas, mientras que los segundos serán factibles de disolver si se dan las condiciones apropiadas. También, los cristales son acompañados por pequeñas cantidades de restos vegetales e insectos provenientes de la salina, que generan puntos negros en el producto, por lo cual no son aceptables y deberán ser removidos.

2. Objetivos

Las tareas estuvieron orientadas a realizar un análisis cuantitativo de la etapa de purificación de sal de mesa, en un equipo de planta, a fin de cuantificar las operaciones que participan en el proceso de eliminación de impurezas en un tornillo lavador. Esta información debería ser vital al momento de realizar un cambio de escala e introducir posibles mejoras en el diseño futuro.

3. Metodología

Los controles analíticos practicados en el trabajo fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de la Planta Industrial, según técnicas clásicas (Eaton y et al., 2005) y sobre muestras tomadas en las corrientes del tornillo lavador.

Se determinó la concentración de Ca^{+2} (por titulación con EDTA), dureza (por titulación con EDTA), Mg^{+2} (por cálculo entre las dos determinaciones anteriores), SO_4^{-2} (por gravimetría), y sólidos suspendidos totales (por filtración, con filtro de vidrio y posterior secado, Eaton y et al., 2005)

TABLA 1. Productos de solubilidad de impurezas de sal

Compuestos	Producto de Solubilidad	Densidad relativa
Sulfato de calcio	$4,9 \times 10^{-5}$	2,96
Sulfato de magnesio	$3,14 \times 10^{-5}$	2,66
Carbonato de calcio	$3,36 \times 10^{-9}$	2,7
Carbonato de magnesio	$6,82 \times 10^{-6}$	2,96
Cloruro de Sodio	-----	2,16

Fuente (Weast, R. 1982)

Las determinaciones se realizaron sobre las corrientes de salmuera de entrada y salida al tornillo lavador (ver FIG. 3), así como sobre la sal de ingreso con impurezas y lavada. También se evaluó el contenido de carbonato de calcio presente en la espuma, por retorno con ácido clorhídrico. Luego de efectuados los análisis, se procesó la información a fin de emitir los resultados.

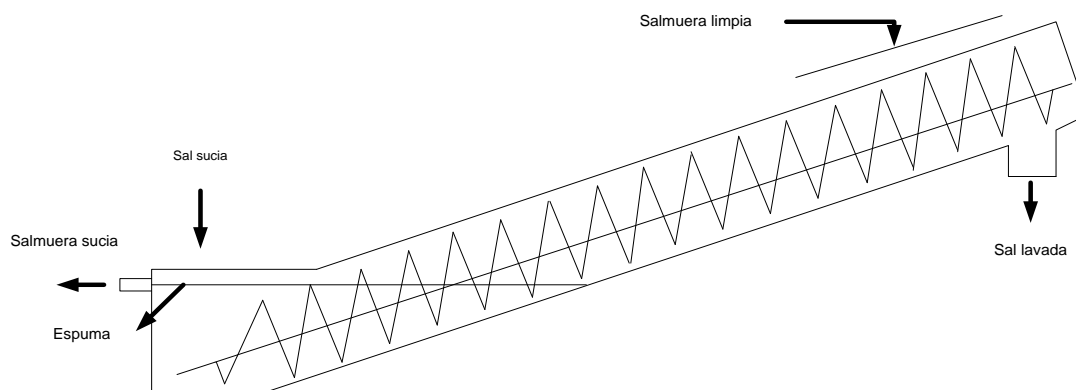


FIG. 3. Tornillo lavador

4. Resultados

En la Tabla 2, se pueden observar los resultados promediados de los controles realizados durante una semana (n=7). Para el caso de la salmuera, si se observa la columna 3, y comparan las filas correspondientes a los valores de sólidos suspendidos, entre la entrada y salida para el Ca^{+2} , expresado como CO_3Ca , se ve que se produce un aumento de 560 mg/l 3360 mg/l, lo que significa un aumento del 500%. Igual comparación se puede realizar para el Mg^{+2} , (columna 5), expresado como CO_3Ca , en cuyo caso los sólidos en suspensión aumentan de 480 mg/l a 2720mg/l, que implica un 467 % de aumento. Para los sulfatos, un análisis similar, conduce a un aumento de sólidos en suspensión del 200%.

TABLA 2. Concentraciones de impurezas en la entrada y salida de la salmuera, en el tornillo lavador

Muestras de salmuera	Ca (mg/l)	Calcio como CaCO_3 (mg/l)	Mg (mg/l)	Mg como CaCO_3 (mg/l)	Dureza total como CaCO_3 (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Sólidos (mg/l)
Entrada tornillo lavador, total	960	2400	2050	8400	10800	32112	
Entrada tornillo lavador, en solución	736	1840	1933	7920	9760	30422	
Entrada tornillo lavador, en suspensión (cálculo)		560		480		1690	14275
Salida tornillo lavador, total	2048	5120	3007	12320	17440	39014	
Salida tornillo lavador, en solución	704	1760	2343	9600	11360	33943	
Salida tornillo lavador, en suspensión (cálculo)		3360		2720		5071	28056

Estos aumentos se pueden explicar asumiendo que las impurezas se encuentran sobre la superficie de los cristales de ClNa , conformando cristales de las diferentes especies,

particularmente carbonatos y sulfatos y que son liberados probablemente durante la operación de molienda o por abrasión al ser transportados por el tornillo lavador. Estas partículas de impurezas especialmente las de pequeño tamaño, quedan en suspensión, en virtud de su baja velocidad terminal, sin alcanzar el fondo del equipo, y son arrastradas por las corrientes de salmuera que separa o clasifica de esta manera las impurezas de pequeño tamaño, de los cristales de ClNa de mayor tamaño, los que son arrastrados por el fondo de la carcasa del tornillo. Es razonable pensar que dada la densidad del ClNa, menor que las de las impurezas (ver Tabla 1), partículas ClNa de igual tamaño que las de las impurezas e incluso algunas algo mayores sean arrastradas por la salmuera fuera del tornillo acompañando las impurezas, dado que presentes bajas velocidades terminales.

Si se analizan las concentraciones de las especies químicas en solución, a la entrada y salida del tornillo, se observa en la Tabla 2 que el Mg^{+2} aumenta en la salida en un 21,1%, los sulfatos en 11,6% y el Ca^{+2} reduce su cantidad en un 4,3 %. En los primeros dos casos, hay un fenómeno de disolución de impurezas, las que quedan pasan a solución. El valor de reducción del Ca^{+2} , se debe seguramente a una precipitación durante la operación, a la luz de las concentraciones elevadas de sulfatos o de carbonatos presentes.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales en los dos puntos de control, se observa un aumento significativo de material en suspensión luego de pasar por el tornillo lavador. Las cantidades reportadas reflejan tal como se adelantó en párrafos anteriores, que una parte de partículas finas de cloruro de sodio, se elimina junto con las impurezas, en tanto que la suma de las impurezas incorporadas no alcanza por si misma a justificar el aumento de los sólidos. En otros puntos del proceso, se detectan sedimentos de cloruro de sodio como se informa en este punto.

Se controlaron las mismas especies para la sal seca, que es en definitiva el objeto del proceso de elaboración, y se informan los valores en la Tabla N° 3. Para el Ca^{+2} , se logra reducir su cantidad en un 54,2%, el Mg^{+2} , en un 33,3% y los sulfatos en 57,4%.

TABLA 3.Remoción de impurezas en sal durante la etapa de lavado

Muestras de sal	Calcio (%)	Mg (%)	Dureza total (%)	SO ₄ ⁻² total (%)
Entrada tornillo lavador	0,192	0,048	0,675	1,15
Salida tornillo lavador	0,088	0,032	0,350	0,49

La espuma que se obtiene sobre el tornillo, se acumula en el extremo de descarga de salmuera sucia, la cual retiene las pequeñas partículas de vegetales, insectos y restos de material inorgánico, fundamentalmente por flotación. El termino flotación como se utiliza en este texto, incluye el ascenso de partículas de menor densidad que el medio acuoso, así como aquellas que en virtud de su afinidad por el aire, fijan burbujas de aire sobre la superficie y forman un sistema sólido-aire, de menor densidad que el medio que las rodea. Dado que el color de la espuma es blanco, se evaluó la presencia de carbonatos en la misma, resultando un valor de CO₃Ca del 13,5%.

5. Conclusiones

Se observa un importante aumento del contenido de impurezas en la salmuera de descarga en forma de sólidos suspendidos, que varían de un 200 a un 500% según sea la especie considerada, compatibles con un mecanismo de clasificación hidráulica, que es evidentemente el principal mecanismo de lavado. A su vez, hay una contribución de menor

cuantía, que varía entre un 11 y un 21 %, según sea la especie química, logrado por un mecanismo de disolución. Es necesario reiterar la precipitación simultánea de sales al alcanzarse las concentraciones del producto de solubilidad. La flotación, si bien no contribuye en forma significativa a la purificación de sales, sí lo es en cuanto a la eliminación de puntos negros que son inaceptables en el producto final.

En forma global, el rendimiento de purificación de la sal en una etapa es del 33 al 57%, según sea la especie considerada, lo que es muy interesante en especial por el reducido tiempo de residencia y sencillez de operación del equipo.

6. Bibliografía

- Código Alimentario Argentino. (2010).Capítulo XVI. Artículos 1264 - 1265 - 1266 - 1267 - 1272 hasta el inciso "b" inclusive - 1273 - 1274 - 1275.
- Coulson, J.M. y Richardson, J.F.(1981).Ingeniería Química Operaciones Básicas.Ed. Reverté. Vol. II, pag. 681.
- Eaton Andrew D.(2005). American Public Health Association, Frauson Mary. Ann H., American Water Works Association, “Standard Methods for the examination of Water and Wastewater”. 18th. Edition. Washington, DC: Apha.
- Dirección Nacional de Alimentos. (2007).Protocolo de Calidad de Sal de Mesa. Resolución SAGPYA N° 165/2007.
- Sueldo, A.(2008).Mercado Minero Argentino-Sal. Servicio Geológico Argentino.http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/index.htm.
- Weast,R. (1982). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 63rd Ed. CRC Press, Florida.

05TCA. DESARROLLO DE UNA SONDA TERMICA PARA EL “MONITOREO” ON LINE DE LA COAGULACIÓN DE LA LECHE

SBODIO, O. A¹.; DIDIER, M. J. J².; MARTINEZ, E. D. A³.; TERCERO, J¹.;
REVELLI, G. R³.

¹Facultad de Ingeniería Química, Instituto de Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional del Litoral. 1° de mayo 3250. 3000 Santa Fe. TE: 4571164, int. 2584, E.mail: sbodio@fiq.unl.edu.ar

²INTEC (UNL - CONICET), Guemes 3450, 3000 Santa Fe

³CCT - CONICET Santa Fe, Ruta Nac. N° 168 S/N, Pje. El Pozo, 3000 Santa Fe

⁴Cooperativa Tampera y Agropecuaria Nueva Alpina Ltda., Av. Italia 147, 2340 Ceres, Provincia de Santa Fe.

Resumen: El control objetivo del proceso de coagulación enzimática de la leche, observa gran importancia tecnológica y económica. Toda vez, que contribuye a mejorar el rendimiento, la calidad y la uniformidad de producción quesera.

El objetivo de la experiencia es desarrollar un dispositivo que permita el monitoreo *on line* de la coagulación durante el proceso de elaboración de queso. Para la construcción del sensor, se seleccionó un calefactor de alambre de platino muy delgado (diámetro: 0,025 mm) bobinado sobre portante cerámico y alojado en una termo vaina de protección de acero inoxidable 316L con montaje al medio con brida TriClamp, aprobada por 3 A Sanitary Standards, Inc. El paso por este sensor de una corriente continua constante nos permitió obtener señales sensibles a los cambios de viscosidad de la leche. La respuesta medida como voltaje en función del tiempo nos indica el tiempo de coagulación, el t_{max} y el voltaje máximo. Los ensayos de coagulación en leche descremada observan resultados repetibles (las respuestas T_c , r: 0,022 y V_{max} , r: 0,0056), con muy alta relación señal/ruido (150-400). Cumple con los requerimientos de fortaleza, no es destructivo, no debe ser retirado durante las operaciones de corte y agitación, puede ser higienizado con agua caliente o vapor en el lugar y retirado para su reemplazo, lo que hacen posible su instalación en tina quesera industrial.

1. Introducción

Desde hace algunas décadas, es constante el esfuerzo para desarrollar técnicas, métodos, instrumentos que permitan monitoreo apropiado del proceso de coagulación ácida y enzimática de la leche. Estos desarrollos, no solamente han sido utilizados para controlar en forma continua el proceso, estudiar la influencia de las variables críticas pH, temperatura, concentración enzimática y $CaCl_2$ agregado, sino también para determinar apropiadamente el tiempo de corte de la cuajada. Bynum y Olson, (1982) mostraron que el control de la firmeza y el tiempo de corte de la cuajada pueden mejorar la recuperación de caseína y grasa. Posteriormente, Ustunol y Hicks, (1990) revelaron que el control del proceso de elaboración de queso puede contribuir a mejorar el rendimiento y la calidad del producto final.

Debido a la gran importancia económica del control de la coagulación enzimática de la leche, numerosos estudios reportan las ventajas y desventajas de diferentes instrumentos y dispositivos que han sido usados en el monitoreo del proceso, entre otros: Tomasow y Voss, (1977); Kowalchuk y Olson, (1978); Hatfield, (1981); Marshall et. al.,(1982); Mc Mahon y Brown, (1982); Richardson et al., (1985); Hori, T. (1985); van Hooydonk y van den Berg, (1988); Ustunol y Hicks, (1990); Sbodio et al., (2002); Fox et al., (2000); O' Callaghan et al., (2000).

Recientemente, se reportan desarrollos novedosos que miden la reflexión de la luz que observa el proceso de la coagulación enzimática y la sinéresis para mejorar el control de la humedad de la cuajada, pérdidas de grasa y rendimiento quesero (Fagan et al., 2007a; 2007b). La tecnología propone mejorar el control del proceso durante la elaboración del queso (Fagan et al., 2008). Taifi et al., (2006) usando un método ultrasónico no-intrusivo, también estudió la caracterización y la sinéresis de la cuajada. Mateo et al., (2009) reportaron la validación de un sensor de la sinéresis en el rango de la composición de la leche y parámetros del proceso.

La Bibliografía observa dos excelentes revisiones que reportan los diferentes sistemas para “monitorear” la coagulación durante la elaboración de queso (Lucey, 2002; O’Callaghan et al., 2002). En éstos, ellos consideran que un instrumento para monitorear la coagulación en la industria quesera, necesita requerimientos adicionales comparados a aquellos requerimientos para realizar experimentos en el laboratorio. Debería operar en línea en una tina, ser no-intrusivo de manera de no interferir en las operaciones del corte y agitación de la cuajada, tener una fortaleza adecuada, permitir una rápida y segura predicción del tiempo de corte y poder ser higienizado en el lugar.

Los instrumentos utilizados en línea de producción pueden agruparse en aquellos que utilizan ondas de compresión, vibración torsional, método del alambre caliente y reflexión de la luz. Sin embargo, solamente dos tipos son usados comercialmente, ellos son los que utilizan el principio del alambre caliente y reflexión de la luz (O’ Callaghan et al., 2002).

2. Objetivos:

El objetivo de este desarrollo es evaluar la utilización de un calefactor de alambre de platino como una técnica para monitorear *on line* la coagulación de la leche de vaca.

3. Método:

Principio de funcionamiento del dispositivo

El dispositivo, denominado MPL, diseñado en la UNL-CCT Conicet, consiste en un sensor compuesto por un calefactor de platino (resistencia), debidamente protegido por una termo vaina sanitaria (thermowell) de acero inoxidable 316L con montaje al medio por brida TriClamp, aprobada por 3 A, Sanitary Standards, Inc. con terminales eléctricos que lo conectan a una fuente de corriente continua constante y a un sistema de medición de señales eléctricas. Los cambios desde el estado fluido a estado semi-sólido (gel) de la leche durante el proceso de coagulación enzimática, modifican la transferencia de calor del sensor inmerso en el fluido. Como consecuencia de ello, y del paso de una corriente eléctrica constante de un valor adecuado, el calefactor eleva su temperatura, al disminuir la conductividad térmica del medio se autocalienta, y esto hace que varíe su resistencia eléctrica y consecuentemente la caída de potencial eléctrico entre sus terminales de medición. El autocalentamiento del sensor inmerso en leche fluida es mínimo. Por el contrario, al estar inmerso en el gel, el auto-calentamiento es mayor, por consiguiente el monitoreo del proceso de la coagulación en función del tiempo, es visto como un cambio de la diferencia de potencial eléctrico en los terminales de medición del termo-elemento desde un valor mínimo a un valor máximo.

Desarrollo experimental

Para la evaluación experimental del dispositivo, se desarrolló un sistema de monitoreo y control a escala piloto, que tiene por objetivo primario, la realización de corridas

experimentales de interés académico y que permita obtener los parámetros de diseño para el modelo industrial definitivo.

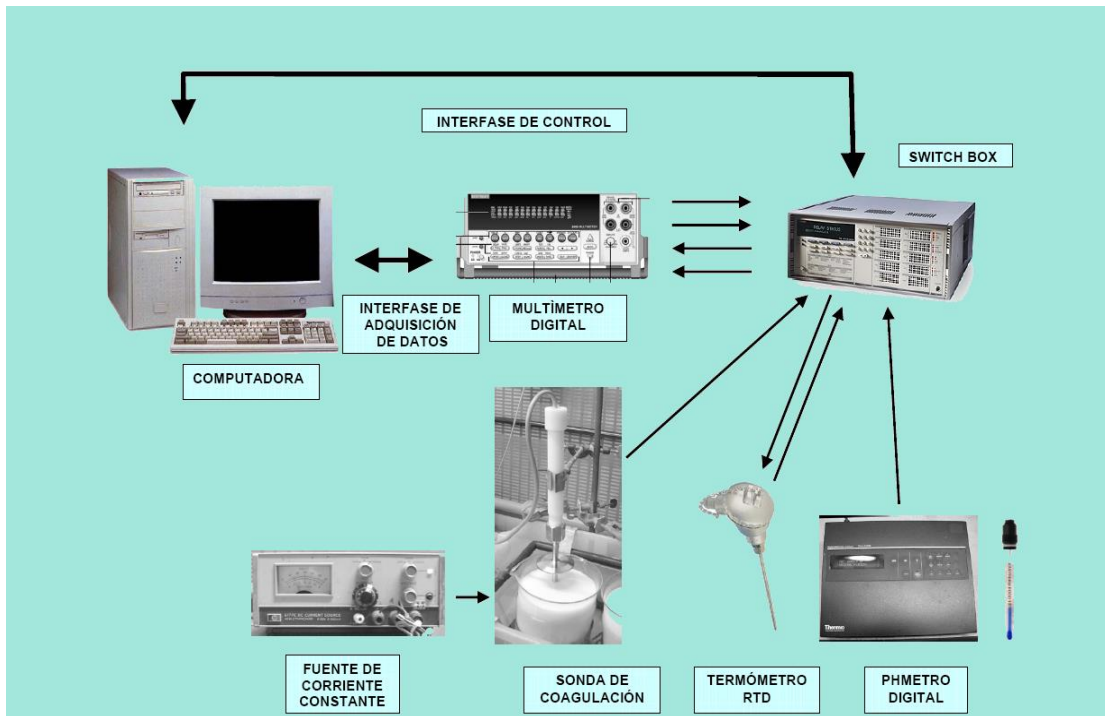


Figura 1. Diseño esquemático del desarrollo a escala piloto

El sistema desarrollado MPL está constituido por una termosonda (termoelemento) encapsulada en una vaina protectora (thermowell, TW810, Intempco Controls Ltd), una caja de conmutación para señales eléctricas (para multiplexar las señales de los sensores) construida por el grupo – switch-box – una fuente de corriente continua constante de alta precisión 6177C (Hewlett & Packard, Santa Clara, CA), un multímetro digital de alta precisión (Keithley, modelo 2000. Keithley Instruments, Inc. Cleveland, Ohio, U.S.A), un peachímetro digital (Orion Research EA 940 pHmeter, Cambridge, U.S.A) y un sensor de temperatura (termoresistencia RTD, Intempco Controls Ltd). El sistema, también incluye un software de adquisición y control sobre plataforma de computador personal.

Esta configuración a escala laboratorio, permite medir y registrar simultáneamente todas las respuestas de interés para el quesero, a saber: tiempo de coagulación, t_{max} – tiempo en que se alcanza el cambio de signo de la primer derivada dV/dt , velocidad de crecimiento del voltaje, máximo voltaje y tiempo en el que se alcanza el mismo. Asimismo, el dispositivo permite registrar en forma continua la temperatura y el pH del medio, durante el proceso.

El termoelemento seleccionado, construido con alambre de platino de 0,025 mm de diámetro bobinado sobre cerámica, fue provisto por la firma W. C. Heraeus (Alemania) y alojado en el interior de la vaina de protección.

La Figura 2 ilustra un corte de la vaina de protección con el termoelemento alojado, allí se observan las capas diseñadas con material apropiado de manera de maximizar la conductividad térmica del elemento sensor.

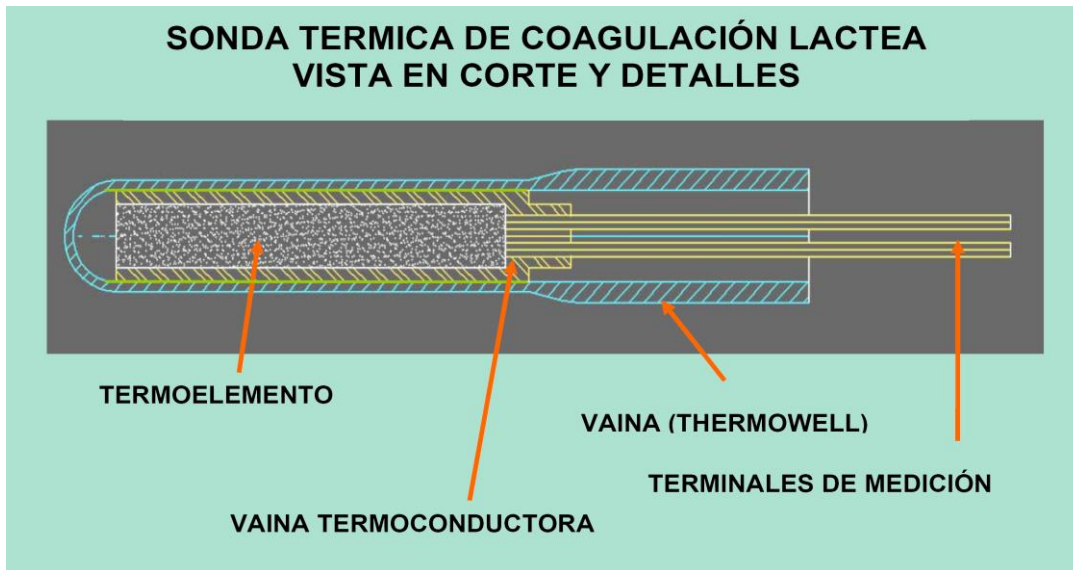


Figura 2. Corte y detalles de la sonda térmica

La **Figura 3** ilustra la termovaina protectora de acero inoxidable 316L de punta reducida, aprobada por normas sanitarias 3-A Sanitary Standards, Inc. (74-03), (Intemco Controls Ltd, Canadá, modelo TW810-C-DF-SA-045-015-T20-ED-SF-N), con brida de unión TriClamp de 2", diámetro del tubo de 0.375", diámetro interior de 0.260", largo total de 4,5" y punta reducida de diámetro exterior de 0.312

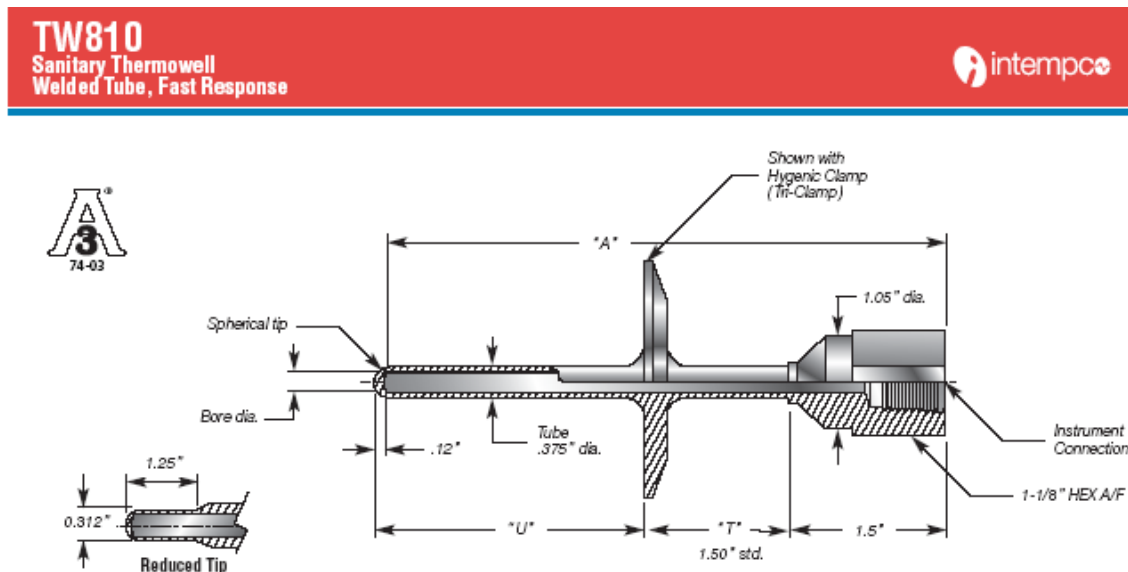


Figura 3. Termovaina protectora

La **Figura 4** ilustra el sensor de temperatura seleccionado. Corresponde a una RTD Sanitaria 3-A modelo RS25 (Intemco Controls Ltd.) con diámetro de vaina de $\frac{1}{4}$ " con punta reducida de $\frac{1}{8}$ ", normalmente utilizada para la medición de temperatura en el proceso de pasteurización de leche, debido a su alta velocidad de respuesta.

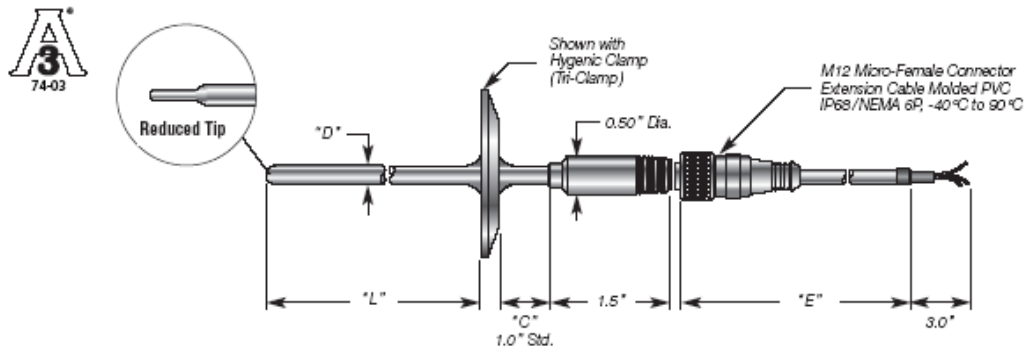


Figura 4. Sensor de temperatura

4. Resultados de ensayos preliminares

Se realizaron ensayos de respuesta de señal y calibración del sensor MPL, en aire a 25°C, obteniéndose los parámetros de potenciales eléctricos mínimos y máximos, las temperaturas de auto-calentamiento del termo-elemento y las potencias disipadas.

Los ensayos en leche a escala laboratorio, fueron realizados utilizando leche en polvo descremada reconstituida (10,5 %) durante 24 hs a 5 °C con el agregado de azida sódica (0,02 %) como conservante. Las condiciones de las variables críticas pH, temperatura, concentración enzimática y CaCl₂, corresponden a aquellos niveles utilizados por la industria quesera. En estas condiciones, y excitando el termoelemento con cargas de corriente continua constante dentro de un rango establecido para un valor mínimo teórico y un valor máximo límite, impuesto por el diseño constructivo, se obtuvieron las respuestas características. Con los datos obtenidos, se seleccionaron valores óptimos de corriente de excitación, de manera de obtener señales muy repetitivas, de alta sensibilidad, con una relación señal/ruido de entre 150 y 400, calculado como el valor en volts del máximo voltaje – “máxima firmeza”- de la cuajada, relativo al valor medio del desvío estándar en volts de la señal sobre leche fluida, tomado como línea de base. La repetibilidad “r” calculada como S_r (desvío estándar) x 2,83, para 2 determinaciones observó para T_c $r = 0,022$ y Voltaje máximo $r = 0,0056$ para una probabilidad del 95 %. La Figura 5 nos muestra el perfil del voltaje en función del tiempo para un ensayo de coagulación con quimosina (Chy-Max Ultra 1000, fuerza 950 IMCU/ml, ChR Hansen Argentina SAIC), el tiempo de coagulación, el T_{max} y el Voltaje. Ensayos en tina industrial reflejaron similares resultados que aquellos a escala piloto. Su colocación en tina no interfiere con las operaciones características de elaboración es decir es no-intrusivo.

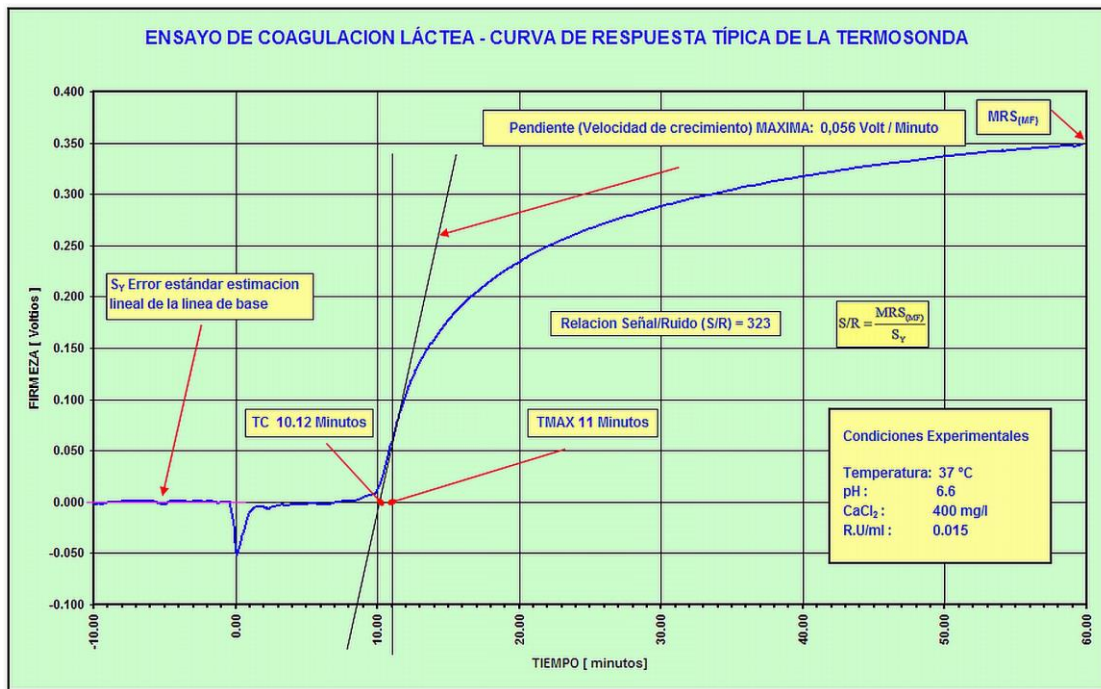


Figura 5. Curva característica de “firmeza” Voltaje vs tiempo.

5. Conclusiones

El dispositivo diseñado tiene la capacidad de efectuar mediciones objetivas y consistentes del proceso de coagulación láctea, los perfiles voltaje vs tiempo son análogos a aquellos obtenidos por reología..

Posee una señal de respuesta al fenómeno medido, de alta sensibilidad y muy repetitiva

Demuestra una alta viabilidad par su aplicación industrial, en virtud de que cumple con los requerimientos de fortaleza, usa un principio no-destructivo, su colocación en tina quesera no interfiere con las operaciones de corte y agitación (no-intrusivo), cumple con las normas sanitarias y se puede higienizar con agua y/o vapor en el mismo lugar

Tiene un desempeño adecuado para su utilización a escala laboratorio, para trabajos de investigación del proceso de coagulación láctea.

Para este desarrollo se ha iniciado la etapa de diseño y construcción del prototipo electrónico de registro y control de la sonda, de aplicación industrial, que integra y condensa las funcionalidades del sistema de escala piloto.

6. Bibliografía

- 1.- Bynum, D. G. y Olson, N. F. (1982). Influence of curd firmness at cutting on cheddar cheese yield and recovery of milk constituents. J. Dairy Sci. 65: 2281-2290.
- 2.- Fagan, C. C.; Leedy, M., Castillo, M., Payne, F. A., O'Donnell, C. P., O'Callaghan, D. J. (2007a). Development of a light scatter sensor technology for on.line monitoring of milk coagulation and whey separation. J. Food Eng. 83 (1), 61-67.
- 3.- Fagan, C. C.; Castillo, M., Payne, F. A., O'Donnell, C. P., Leedy, M., O'Callaghan, D. J.(2007b). Novel online sensor technology for continuous monitoring of milk coagulation and whey separation in cheesemaking. J. Agric. Food Chem. 55, 8836-8844.
- 4.- Fagan, C. C.; Castillo, M., O'Donnell, C. P., O'Callaghan, D. J., Payne, F. A. (2008). On-line prediction of cheese making indices using backscatter of near infrared light. International Dairy Journal 18, 120-128.

- 5.- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., y McSweeney, P. L. H. (2000). *Fundamentals of cheese Science*. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD.
- 6.- Hatfield, D. S., (1981). A new instrument to measure cheese curd rigidity, and preliminary trials in cheesemaking. *Journal of Society of Dairy Technology* 34: 139-142.
- 7.-Hori, T. (1985). Objective measurements of the process of curd formation during rennet treatment of milk by the hot wire method. *J. Food Sci.* 50: 911-917.
- 8.- Kowalchuk, A. W., y Olson, N. F. (1978). Firmness of enzymatically-formed milk gels measured by resistance to oscillatory deformation. *J. Dairy Sci.* 61: 1375-1379.
- 9.- Lucey, J. A. (2002). Formation and Physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.* 85: 281-294.
- 10.- Marshall, R. J., Hatfield, D. S., y Green, M. L. (1982). Assessment of two instruments for continuous measurement of the curd-firming of renneted milk. *Journal of Dairy Research* 49: 127-135.
- 11.- Mateo, M. J., O'Callaghan, D. J. O., Everard, C. D., Castillo, M., Payne, F. A., O'Donnell, C. P. (2009). Validation of curd-syneresis sensor over a range of milk composition and process parameters. *J. Dairy Sci.* 92, 5386-5395
- 12.- Mc Mahon, D. J., y Brown, R. J. (1982). Evaluation of Formagraph for comparing rennet solutions. *J. Dairy Sci.* 65: 1639-1642.
- 13.- O' Callaghan, D. J., O' Donnell, C. P., Payne, F. A. (2000) On-line sensing techniques for coagulum setting in renneted milks. *J. Food Eng.* 43: 155-165.
- 14.- O' Callaghan, D. J., O' Donnell, P. O., y Payne, F. F (2002). Review of systems for monitoring curd setting during cheesemaking. *Int. J. Dairy Technology.* 55: 65-74.
- 15.- Richardson, G. H., Okigbo, L. M., y Thorpe, J. D. (1985). Instrument for measuring milk coagulation in cheese vats. *J. Dairy Sci.* 68: 32-36
- 16.- Sbdio, O. A.; Tercero, E. J.; Coutaz, R.; Martinez, E. (2002) Optimizing processing conditions for milk coagulation using hot wire method and response surface methodology. *J. Food Sci.* 67: 1097-1102.
- 17.- Taifi, N.; Bakkali, F.; Faiz, B.; Moudden, A.; Maze, G.; Décultot, D. (2006). Characterization of the syneresis and the firmness of the milk gel using an ultrasonic technique. *Meas. Sci. Technol.* 17, 281-287
- 18.- Tomasow, J.; Voss, E. (1977). Methods for the determination of firmness of milk coagulum. *IDF Bulletin N° 99*. Brussels. International Dairy Federation
- 19.- Ustunol, Z.; Hicks, C. L. (1990). Effect of a coagulation monitoring device on experimental cheese yield. *J. Dairy Sci.* 73: 1-7.
- 20.- van Hooydonk, A. C. M.; van den Berg, G. (1988). Control and determination of the curd-setting during cheesemaking. *IDF Bulletin N° 225*. Brussels: International Dairy Federation.

06TCA. ESTABILIDAD Y CONSERVACIÓN DEL ACEITE DE ALMENDRA OBTENIDO POR PENSADO EN FRIO

MENAPACE E.^a, HADAD L.^a, MAESTRI D.^b, MARTINEZ M.L.^{b*}, PENCI C.^c

^a **Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

^b **Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV. CONICET – UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

^c **Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

*** E-mail: mmartinez@efn.uncor.edu**

Resumen: La almendra constituye un alimento energético y muy nutritivo con un elevado contenido de aceite. El aceite de almendra posee un elevado contenido de ácidos grasos insaturados (principalmente oleico y linoleico), por lo que resulta susceptible a reacciones de deterioro oxidativo. Para mejorar la estabilidad del aceite, conservar su calidad y prolongar su vida útil, una práctica frecuente es el agregado de aditivos antioxidantes. En el presente trabajo se evaluó la estabilidad del aceite de almendra aditivado con antioxidantes naturales y sintéticos mediante un ensayo de termo-oxidación (60°C) en una estufa de convección forzada. El aceite se obtuvo por prensado (prensa de tornillo escala piloto) bajo las siguientes condiciones: humedad del material, 0,087 g de agua/g material seco; temperatura de extracción, 40°C. Si bien el TBHQ resultó el antioxidante más eficaz, la combinación de extracto de romero y palmitato de ascorbilo presentó un efecto sinérgico sobre la conservación del aceite. La eficacia de esta combinación de antioxidantes se destacó del resto de las alternativas naturales planteadas alcanzando un período de almacenamiento en góndola estimado de aproximadamente 1 año.

1. Introducción:

Las reacciones de oxidación de los lípidos constituyen una de las causas de mayor importancia comercial en la industria alimentaria por las pérdidas que producen en grasas, aceites y alimentos que contienen lípidos. Los sustratos de estas reacciones son fundamentalmente los ácidos grasos no saturados que, cuando están libres, se oxidan por lo general más rápidamente que cuando son parte de moléculas de triglicéridos o fosfolípidos. También pueden sufrir reacciones de oxidación otros sustratos no saturados que pueden estar presentes en los aceites: algunos hidrocarburos (escualeno), las vitaminas A y E y los pigmentos carotenoides. Las reacciones de oxidación motivan una disminución de la calidad nutricional y sensorial de los alimentos debido a pérdidas de ácidos grasos esenciales, actividad vitamínica y color. Además, algunos productos de oxidación son potencialmente tóxicos (Dobarganese y Márquez-Ruiz, 2003; Colles et al., 2001; Esterbauer, 1993). El aceite de almendra posee un elevado contenido de ácidos grasos insaturados (principalmente oleico y linoleico), por lo que resulta susceptible a reacciones de deterioro oxidativo. Para mejorar la estabilidad del aceite, conservar su calidad y prolongar su vida útil, una práctica frecuente es el agregado de aditivos antioxidantes. Los mecanismos por los cuales los antioxidantes ejercen su actividad son diferentes y su eficacia se ve influenciada notablemente por las características del sustrato (Decker et al.,

2005; Frankel, 2005). Los antioxidantes sintéticos son los más utilizados por la industria alimenticia debido a su alto grado de estabilidad, eficacia y costo. No obstante, en las últimas décadas se observa una notable tendencia al uso de antioxidantes naturales, ya que son considerados más seguros que los sintéticos. Entre las sustancias naturales que presentan propiedades antioxidantes se encuentran fenoles, ácidos fenólicos, carotenoides, antocianinas y flavonoides (Maestri et al., 2006).

En este trabajo se propone analizar el efecto de algunos antioxidantes naturales y sintéticos sobre la estabilidad oxidativa y la conservación del aceite de almendra.

2. Objetivos:

Analizar la eficacia de la incorporación de extracto de romero (ER), 2,5-diterbutil hidroquinona (TBHQ) y palmitato de ascorbilo (PA), solos y en diferentes combinaciones, sobre la estabilidad oxidativa y la conservación del aceite de almendra, mediante un ensayo acelerado de termo-oxidación.

3. Materiales y Métodos:

Para evaluar la estabilidad del aceite frente a la termo-oxidación se utilizó aceite de almendra (variedad Guara) obtenido por prensado en frío (humedad del material, 0,087 g de agua/g material seco; temperatura de extracción, 40 °C).

Se utilizó la mitad de la máxima concentración permitida por el Código Alimentario Argentino (CAA) para TBHQ (grado alimenticio) y PA (Danisco, GRAS). En el ER (Danisco, GRAS) se cuantificó el contenido de ácido carnósico (3,55 g/100 g extracto) por ser el principal componente activo. Debido a que la utilización de este extracto no se encuentra aún regulada por el CAA, se realizó un ensayo preliminar con la finalidad de determinar la concentración adecuada del mismo para el aceite de almendra.

Determinación del factor de protección

Se utilizaron tres concentraciones (400, 600 y 800 ppm) de ER. La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método Rancimat (AOCS, 1992) determinando el período de inducción de los aceites aditivados y sin aditivar (por duplicado).

Se calculó el factor de protección (FP) empleando la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{\text{tiempo de inducción del aceite con antioxidante (horas)}}{\text{tiempo de inducción del aceite sin antioxidante (horas)}}$$

Ensayo acelerado de termo-oxidación (Schaal Oven Test)

Se colocaron volúmenes iguales (30 mL) de aceites aditivados y sin aditivar (por duplicado) en beakers de 50 mL (4,5cm diámetro/6 cm altura) en una estufa de convección forzada (60°C ± 1 °C) (AOCS, 1997). Los aceites se almacenaron durante 12 días. Periódicamente se tomaron muestras de 2 g de aceite las cuales fueron almacenadas en frascos de vidrio en atmósfera de nitrógeno a -18 °C hasta la realización de las determinaciones de calidad química del aceite.

En la Tabla 1 se presentan los tratamientos realizados para evaluar la estabilidad oxidativa del aceite de almendra:

Tabla 1: Tratamientos realizados para evaluar la estabilidad del aceite de almendra

Muestra	Tratamiento
Control (C)	Sin aditivar
(ER)	ER (400 ppm)
(PA)	PA (100 ppm)
(TBHQ)	TBHQ (100 ppm)
(ER + PA)	ER (400 ppm) + PA (100 ppm)
(ER + TBHQ)	ER (400 ppm) + TBHQ (100 ppm)
(TBHQ + PA)	TBHQ (100 ppm) + PA (100 ppm)

ER: 201 Guardiantm, PA: Danisco, GRAS

Métodos analíticos

Para la determinación del índice de peróxido y coeficientes de extinción específica (k_{232}) se siguió la metodología descrita en AOCS (2009). La evaluación de la capacidad antioxidante de los aceites se determinó según la metodología descrita por Martínez et al. (2008). Para el estudio de la composición acídica de los aceites se prepararon ésteres metílicos de ácidos grasos por saponificación (KOH 1N en MeOH) seguida de esterificación (H_2SO_4 1N en MeOH). La identificación y cuantificación de los ácidos grasos de los aceites se realizó mediante CG y CG-EM en base a los métodos propuestos por Maestri y Guzmán (1998).

Análisis estadístico

Las diferencias entre los tratamientos se estimaron mediante análisis de la varianza (ANAVA). En aquellos casos en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), se utilizó un test a posteriori de comparaciones múltiples (Fisher LSD).

4. Resultados y Discusión:

En la Tabla 2 se presentan los factores de protección (FP) obtenidos para cada una de las aditivaciones realizadas con ER.

Tabla 2: Factores de protección con ER

Muestra	Factor de protección
400 ppm de ER	1,72 ^a ± 0,01
600 ppm de ER	1,97 ^b ± 0,05
800 ppm de ER	2,13 ^c ± 0,04

Valores medios ($n = 2$) ± desvío estándar. Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos.

Todas las concentraciones ensayadas mostraron un aumento significativo del FP con respecto al aceite no aditivado. Sin embargo, la relación entre la concentración de ER y el FP obtenido no resultó lineal (Figura 1). Para el ensayo de almacenamiento (Schaal Oven Test) se utilizó una concentración de 400 ppm de ER.

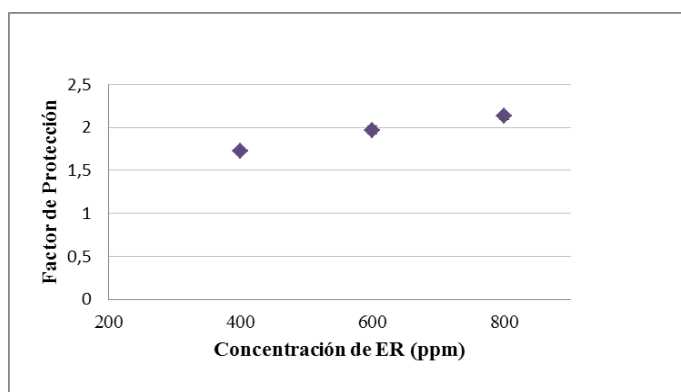


Figura 1: FP vs. Concentración de ER

En la Figura 2 se muestra la evolución del índice de peróxidos respecto al tiempo para cada una de las formulaciones ensayadas. Todos los tratamientos aditivados con TBHQ (sólo o en combinación) presentaron la estabilidad oxidativa más elevada (seguidos por ER + PA, PA y ER) y resultaron igualmente eficaces para inhibir la formación de productos de oxidación primarios en el aceite de almendra. La combinación ER + PA mostró efecto sinérgico.

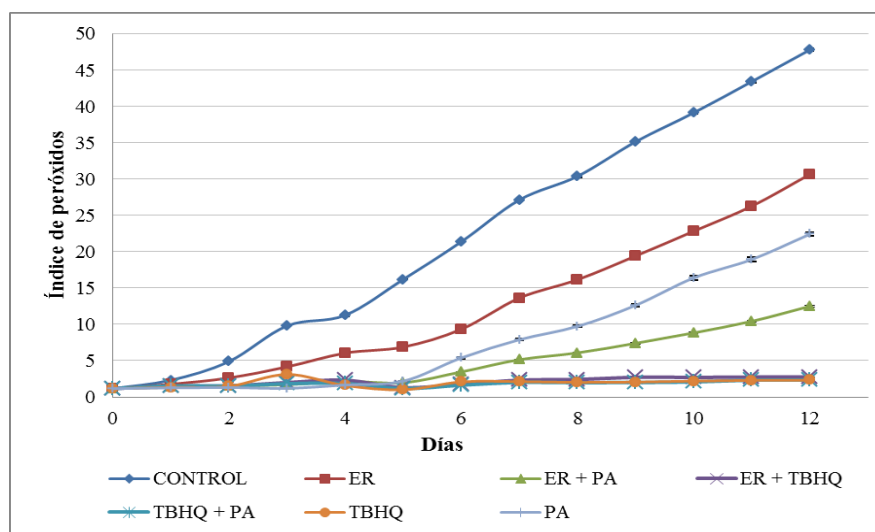


Figura 2: Evolución del índice de peróxidos durante el ensayo acelerado de termo-oxidación

Para aquellos aceites extraídos por prensado en frío y sin una legislación particular, el Codex (1981) admite un valor máximo de peróxido de 15 meq de oxígeno/kg de aceite. Teniendo en cuenta esta referencia, en la Tabla 3 se expresan los días de almacenamiento estimados (a partir del análisis de regresión con los datos experimentales) para alcanzar dicho valor de peróxidos (IP=15, y para aditivaciones con TBHQ, IP=3). Según Abou-Gharbia et al. (1996) y Evans et al. (1973), 24 h de almacenamiento bajo las condiciones del Schaal Oven Test puede considerarse equivalente a 1 mes de almacenamiento en condiciones normales de góndola.

Tabla 3: Coeficientes de regresión y R^2 para el índice de peróxido respecto al tiempo de almacenamiento.

Muestra	β_0	β_1	β_2	R^2	
Antioxidantes Naturales					Días para IP=15

					predicho
Control	0,082	3,122	-0,535	0,99	5
ER	0,161	0,558	0,982	0,99	8
PA	0,193	-0,493	1,150	0,99	10
ER + PA	0,091	-0,157	1,287	0,99	13
Con Antioxidantes Artificiales					Días para IP=3 predicho
TBHQ	-0,010	0,160	1,160	0,96	23
ER + TBHQ	-0,010	0,260	1,210	0,95	14
PA + TBHQ	-0,004	0,130	1,320	0,91	27

$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$, donde 'y' es la variable dependiente (índice de peróxido) y 'x' es la variable independiente (días) and R^2 es el coeficiente de determinación

En la Figura 3 puede observarse que la k_{232} presentó un comportamiento similar al observado para el índice de peróxidos.

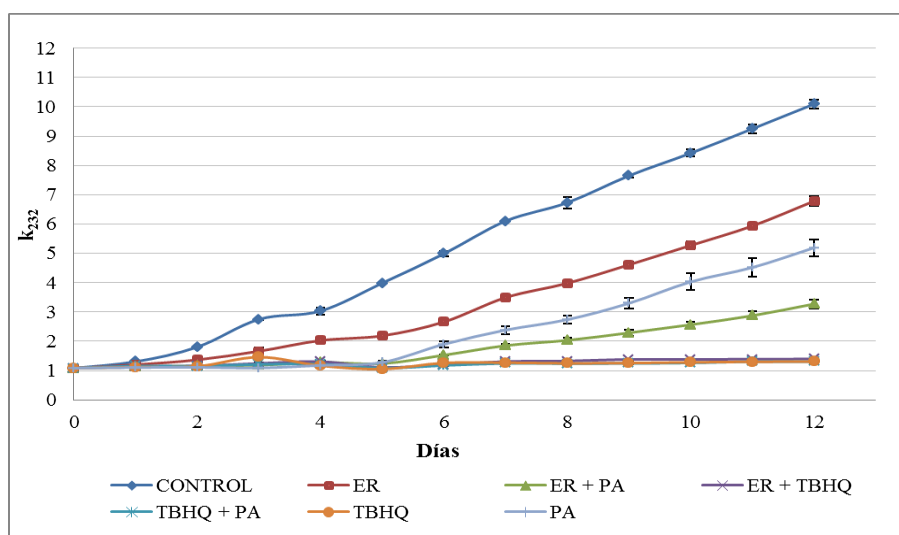


Figura 3: Evolución del coeficiente de extinción específica (k_{232}) durante el ensayo acelerado de termo-oxidación

Con respecto a la actividad antirradicalaria de los distintos tratamientos, la valoración del DPPH• remanente (DPPH•r) a lo largo del ensayo de almacenamiento proporciona una medida de la capacidad de las sustancias antioxidantes para estabilizar radicales libres. En la Tabla 4, se observa que los tratamientos se agrupan en dos bloques. La mayor actividad antirradicalaria se observó en los tratamientos aditivados con TBHQ. Dicha actividad resultó independiente del tiempo de almacenamiento. Nuevamente se evidenció un efecto sinérgico entre PA + ER

Tabla 4: Porcentaje de inhibición de DPPH a 30 min, obtenidos en el ensayo de termo-oxidación.

Muestra	% Inhibición de DPPH a 30 min		
	Día 0	Día 6	Día 12
Control	76,21 ^a ± 0,08	68,69 ^a ± 0,65	49,47 ^a ± 1,00
ER	79,32 ^a ± 0,57	76,84 ^c ± 0,32	68,23 ^b ± 0,59
PA	84,51 ^b ± 0,13	75,75 ^b ± 0,73	69,88 ^c ± 0,59
TBHQ	95,97 ^c ± 0,08	95,64 ^e ± 0,00	95,50 ^{ef} ± 0,17

ER + PA	85,48 ^b ± 0,00	79,13 ^d ± 0,00	77,28 ^d ± 0,17
ER + TBHQ	96,14 ^c ± 0,08	95,18 ^e ± 0,00	94,50 ^e ± 0,42
PA + TBHQ	96,43 ^c ± 0,00	95,93 ^e ± 0,08	95,80 ^f ± 0,08

Valores medios (n = 2) ± desvío estándar. Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el perfil ácido respecto del tiempo de almacenamiento en estufa en el aceite sin aditivar (Tabla 5).

Tabla 5: Composición de ácidos grasos (% relativo) del aceite sin aditivar (control).

Ácidos grasos (%)	Día 0	Día 12
Palmítico (16:0)	6,74 ^a ± 0,06	6,82 ^a ± 0,04
Palmitoleico (16:1)	0,40 ^b ± 0,01	0,43 ^b ± 0,00
Estearico (18:0)	1,84 ^c ± 0,58	2,37 ^c ± 0,03
Oleico (18:1)	71,24 ^d ± 0,36	70,96 ^d ± 0,04
Linoleico (18:2)	19,77 ^e ± 0,14	19,43 ^e ± 0,04

Valores medios (n = 2) ± desvío estándar. Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

5. Conclusiones

La producción de aceite de almendra constituye una alternativa viable para incrementar el valor agregado de este cultivo, sobre todo con aquellas variedades como Guara poco aceptadas para consumo directo. Por sus características físicas y químicas el aceite de almendra puede consumirse de manera directa, sin refinar. No obstante, para su conservación y almacenamiento debe ser protegido mediante el empleo de sustancias que puedan inhibir o retardar el enranciamiento. Entre las sustancias ensayadas a tal fin el TBHQ, solo o combinado con ER o con PA, presentó la mayor eficacia antioxidante, aún con la mitad de la concentración máxima permitida por el Código alimentario Argentino. Los antioxidantes naturales analizados, si bien no lograron la eficacia del TBHQ, ofrecen una alternativa que debe ser explorada con mayor profundidad, teniendo en cuenta efectos sinérgicos que pueden contribuir a estabilizar el aceite utilizando menores cantidades de antioxidantes sintéticos.

6. Bibliografía

Abou-Gharbia, H.A.; Shahidi, F.; Shehata, A.A.Y.; Yousseff, M.M. (1996). Oxidative stability of extracted sesame oil from raw and processed seeds. *J. Food Lipids* 3, 59-72.

AOCS. (1997). Schaal Oven Test. AOCS Cg 5-97.

AOCS. (1992). Determine oxidative stability of oils and fats based. AOCS Cd 12b-92.

AOCS. (2009). Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, USA.

- Codex. (1981). Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. CODEX STAN 19-1981
- Colles, S.M., Maxson, J.M., Carlson, S.G., Chisolm, G.M. (2001). Oxidized LDL-induced injury and apoptosis in atherosclerosis. Potential roles of oxysterols. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 11: 131-138.
- Decker, E.A.; Warner, K.; Richards, M.P.; Shahidi, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4303-4310.
- Dorbarganese, C., Máquez-Ruiz, G. (2003). Oxidized fats in foods. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 6: 157-163.
- Esterbauer, H. (1993). Cytotoxicity and genotoxicity of lipid oxidation products. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56: 7796-7865.
- Evans, C.D.; List, G.R.; Moser, H.A.; Cowan, J.C. (1973). Long term storage of soybean and cottonseed salad oils. *J. Am. Oil Chem. SOC.* 50,2 18- 222.
- Frankel, E.N. (2005). *Lipid oxidation*. Editorial: Barnes & Associates, Bridgewater, England.
- Maestri, D.M., Nepote, V., Lamarque, A.L., Zygadlo, J.A. (2006). Natural products as antioxidants. En: *Phytochemistry: Advances in research* (Imperato, F., Ed.), Research Signpost, Trivandrum, Kerala, India, pp. 105-135.
- Maestri, D.M.; Labuckas, D.O.; Meriles, J.M.; Lamarque, A.L.; Zygadlo, J.A.; Guzman, C.A. (1998). Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77: 494-498.
- Martínez, M.L.; Maestri, D.M. (2008). Oil chemical variation in walnut (*Juglans regia* L) genotypes grown in Argentina. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 110: 1183-1189.

**07TCA. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA MEDIANTE PENSADO:
ESTUDIO DE ALGUNAS VARIABLES DEL PROCESO Y SU RELACIÓN CON
EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL MISMO.**

HADAD L.^a, MENAPACE E.^a, MAESTRI D.^b, PENCI C.^c, MARTINEZ M. L.^{b,*}

^a **Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

^b **Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV. CONICET – UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

^c **Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.**

*** E-mail: mmartinez@efn.uncor.edu**

Resumen: La almendra constituye un alimento energético y muy nutritivo con un elevado contenido de aceite. En el presente trabajo se abordan aspectos relacionados con el acondicionamiento de la semilla y variables tecnológicas vinculadas con la extracción de aceite de almendra. En todas las extracciones llevadas a cabo a escala piloto se obtuvieron aceites de buena calidad química y actividad antioxidante. Las condiciones adecuadas de humedad de material y temperatura de extracción para la extracción del aceite de almendra fueron 0,087 g agua/g material seco y 40 °C, respectivamente. Se alcanzaron rendimientos cercanos al 80 % (g / 100 g aceite disponible).

1. Introducción

Debido a condiciones agro-ecológicas favorables para su cultivo, la producción de almendro en Argentina presenta un elevado potencial de rendimiento. El principal destino de la producción es la industria alimenticia y prácticamente el total de la misma se consume de manera directa, en forma no procesada. La elaboración de subproductos de la almendra ha sido poco explorada. Representa una alternativa importante sobretudo en variedades donde la presencia de caracteres no deseados (presencia de gemelas o semillas dobles, de tegumento duro u oscuro) pueden depreciar el valor del grano para consumo directo y limitar su comercialización.

El principal componente del grano es el aceite. El mismo está compuesto casi exclusivamente por triglicéridos con predominio de ácidos grasos monoinsaturados (Cherif et al., 2004; Kodad et al., 2008). La producción mundial de aceite de almendra es muy limitada y proviene principalmente de Europa. Además de su uso alimentario, tiene aplicaciones en las industrias farmacéutica y cosmética. Estudios preliminares realizados con diferentes variedades de almendro cultivadas en nuestro país, nos permitieron detectar genotipos con características promisorias para la potencial producción comercial de aceite. La extracción mediante disolvente arrojó rendimientos de aceite comprendidos entre 50 – 53 %, con contenidos de ácido oleico de hasta el 78 %. No obstante, sobre la base de las experiencias llevadas a cabo con la nuez (Martínez et al., 2008) y teniendo en cuenta las similitudes entre este material y la almendra, creemos que la extracción con solvente de materiales con tan elevado contenido de aceite no resulta un proceso viable desde el punto de vista operativo y económico. En su lugar, el empleo de prensas de tornillo helicoidal

(Expellers) provee un método sencillo para la obtención de aceites de semilla, a la vez que implica operaciones más seguras y de menor riesgo para el ambiente.

Hipótesis

Por sus cualidades físicas (tamaño, dureza) la almendra constituye un material apropiado para la extracción del aceite por prensado, pero debe ser acondicionado previamente para lograr condiciones adecuadas (tamaño de partícula, contenido de humedad, temperatura) que permitan optimizar el proceso, en términos de rendimiento y calidad del producto.

2. Objetivo

Evaluar diferentes condiciones de extracción del aceite mediante prensa de tornillo helicoidal y analizar su influencia sobre el rendimiento y la calidad química de los aceites obtenidos.

3. Materiales y Métodos

Material vegetal

Se utilizaron granos enteros de almendra (*Prunus amygdalus* Batsch) de la variedad Guara producidas en la localidad de Guaymallen, provincia de Mendoza, Argentina. El material presentó un contenido inicial de humedad de 0,047 (g agua/g material seco); el contenido de aceite (Soxhlet, n-hexano) fue de 53,11 % (p/p base seca).

Extracción de los aceites

Se utilizó una prensa de tornillo a escala piloto (Komet, Modelo CA 59 G). Las experiencias se realizaron mediante un diseño experimental factorial multinivel: temperatura (20 y 40 °C) y contenido de humedad del material (0,042; 0,064; 0,087; 0,111; 0,136 g agua/g material seco). El tamaño de partícula (2.4 – 4.8 mm), el diámetro de la restricción del barril (5 mm) y la velocidad de prensado (20 rpm) se establecieron en función de ensayos preliminares (Martínez et al., 2008). La humidificación del material se llevó a cabo mediante “aspersión de agua”, dejando en reposo la muestra en una bolsa de polietileno durante 48 h en heladera (Singh et al., 2000). Se trabajó con 250 g de material molido para cada extracción. Se determinó la calidad química de los aceites obtenidos en cada uno de los tratamientos realizados.

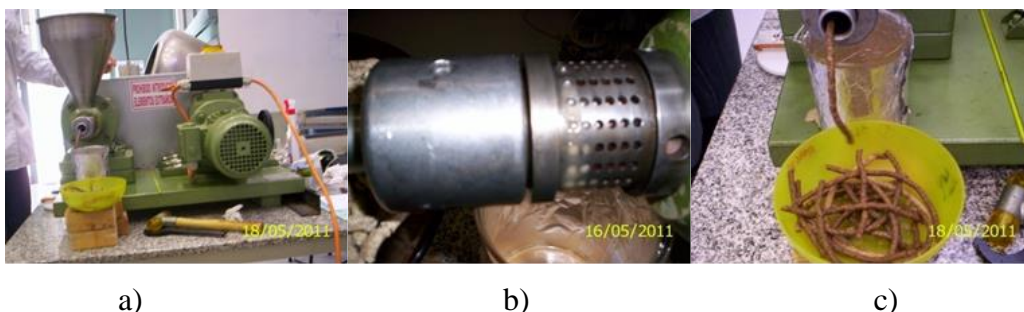


Figura 1- Extracción de aceite: a) Prensa de tornillo, b) Residuo sólido, c) Extracto

Métodos analíticos

El rendimiento total en aceite, cantidad de aceite retenido en el residuo sólido y el contenido de finos en el extracto se determinaron según metodología propuesta por Martínez et al. (2008).

Para la determinación de los índices generales de calidad de los aceites se siguió la metodología descrita en AOCS (2009) en lo relativo a acidez, peróxidos y prueba espectrofotométrica en el UV. La cuantificación de los tocoferoles totales y evaluación de la capacidad antioxidante de los aceites se determinó siguiendo la metodología descrita por Wong et al. (1995) y Martínez et al. (2008), respectivamente.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos para los diferentes tratamientos, se evaluaron estadísticamente mediante análisis de la varianza (ANOVA) a dos factores (temperatura y contenido de humedad del material). En aquellos casos donde se observaron diferencias estadísticamente significativas, se utilizó un test a posteriori de comparación múltiple (LSD). En todos los casos se utilizó un nivel de significación del 0.05 %.

4. Resultados y Discusión:

En la Tabla 1 se exponen los resultados obtenidos a partir de los distintos tratamientos de prensado. La extracción del material conteniendo 0,087 g agua/g, realizada a 40 °C (tratamiento G), arrojó el porcentaje más alto de aceite extraído (79,3 % respecto del total disponible) (Fig. 1). En las extracciones a 20 °C los porcentajes de recuperación de aceite fueron significativamente menores, a excepción del tratamiento con material conteniendo 0,111 g agua/g (Tabla 1). La humedad del material fue la principal fuente de variabilidad para este parámetro (Fig. 1). Li et al. (1999) han observado que la aplicación de tratamientos térmicos y de humidificación previo al prensado provoca una expansión y ruptura de las estructuras celulares e incrementa la plasticidad y permeabilidad del material, lo que facilitaría la salida del aceite con el consiguiente aumento del rendimiento de prensado. El incremento del rendimiento de extracción se relacionó negativamente con el contenido de aceite retenido en el residuo de extracción: el tratamiento G presentó el porcentaje más bajo de aceite retenido (17,9 %).

Tabla 1: Resultados de extracción

		Tratamientos									
Parámetros		A	B	C	D	F	G	H	I	J	K
Humedad (% b.h.)		4	4	6	6	8	8	10	10	12	12
Temperatura (°C)		20	40	20	40	20	40	20	40	20	40
Parámetros físicos	Rendimiento de extracción (b.s.)	22,81 ^a ±0,58	31,14 ^b ±1,02	36,36 ^c ±0,62	50,75 ^d ±3,50	74,60 ^e ±0,92	79,31 ^h ±1,22	73,71 ^g ±0,51	73,78 ^g ±0,38	69,48 ^e ±0,71	71,71 ^f ±0,29
	% Aceite retenido en torta (b.s.)	70,06 ^g ±1,32	62,83 ^f ±2,68	57,97 ^e ±0,42	36,75 ^d ±1,05	19,03 ^{ab} ±3,56	17,92 ^a ±0,71	22,82 ^c ±1,71	22,60 ^c ±0,71	20,35 ^{abc} ±1,98	21,66 ^{bc} ±0,65
	% Sólidos en el extracto (b.s.)	23,38 ^g ±2,14	28,64 ^f ±0,60	16,44 ^e ±0,43	8,86 ^d ±2,02	6,17 ^{bc} ±1,96	2,59 ^a ±1,74	4,28 ^{ab} ±0,28	4,14 ^{ab} ±0,59	6,35 ^c ±0,09	5,59 ^{bc} ±0,26
	Caudal (g/min)	38,96 ^g ±0,10	37,04 ^{fg} ±0,10	34,89 ^e ±0,45	35,89 ^{ef} ±0,36	19,11 ^a ±1,73	23,36 ^b ±1,91	21,61 ^b ±0,85	30,45 ^c ±1,37	34,26 ^{de} ±1,33	32,73 ^d ±1,61
Parámetros químicos	Índice de acidez (g ác.oleico/g aceite)	0,12 ^a ±0,02	0,12 ^a ±0,01	0,12 ^a ±0,00	0,12 ^a ±0,00	0,16 ^b ±0,02	0,15 ^b ±0,01	0,14 ^b ±0,01	0,15 ^b ±0,01	0,15 ^b ±0,01	0,16 ^b ±0,01
	k ₂₃₂	1,04 ^a ±0,06	1,07 ^a ±0,01	1,04 ^a ±0,02	1,07 ^a ±0,03	1,06 ^a ±0,01	1,05 ^a ±0,01	1,08 ^a ±0,03	1,06 ^a ±0,01	1,07 ^a ±0,03	1,08 ^a ±0,03
	Conc. Tocoferoles (µg/g aceite)	560,94 ^a ±10,72	580,91 ^a ±4,62	571,67 ^a ±9,87	585,12 ^a ±1,62	593,97 ^a ±10,83	609,92 ^a ±4,06	607,29 ^a ±4,31	599,87 ^a ±2,38	599,14 ^a ±1,45	604,54 ^a ±2,71
	Peróxidos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	DPPH·r a 30 min	29,55 ^a ±0,39	28,52 ^a ±0,29	28,42 ^a ±2,03	25,35 ^{bc} ±0,18	26,76 ^b ±1,34	24,96 ^c ±0,55	22,48 ^d ±0,24	22,75 ^d ±0,18	22,17 ^d ±0,27	24,61 ^c ±1,60
	% Inhibición de DPPH·a 30 min	70,45 ^a ±0,39	71,48 ^a ±0,29	71,58 ^a ±2,03	74,65 ^{bc} ±0,18	73,24 ^b ±1,34	75,04 ^c ±0,55	77,52 ^d ±0,24	77,25 ^d ±0,18	77,83 ^d ±0,27	75,39 ^c ±1,60

Valores medios (n = 3) ± desvío estándar. Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (p ≤ 0.05) entre los tratamientos.

ND: no detectado.

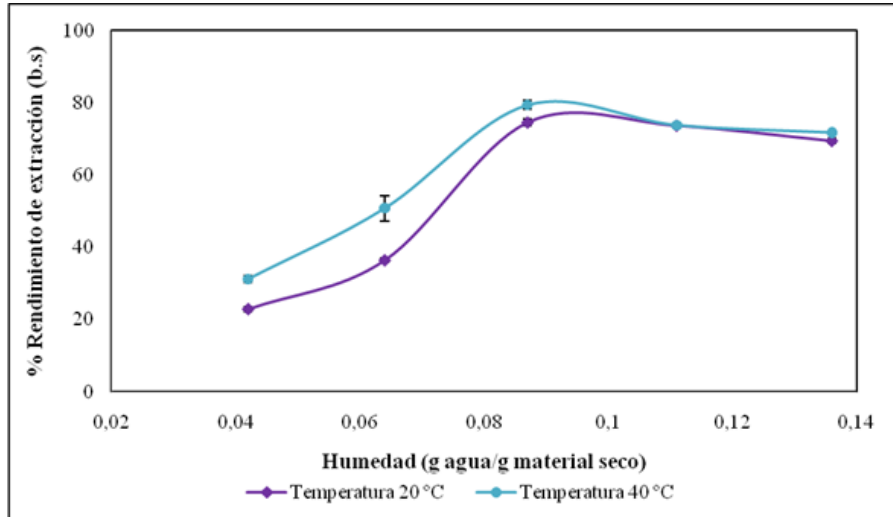


Figura 1: Rendimiento de extracción vs. contenido de humedad a diferentes temperaturas de prensado.

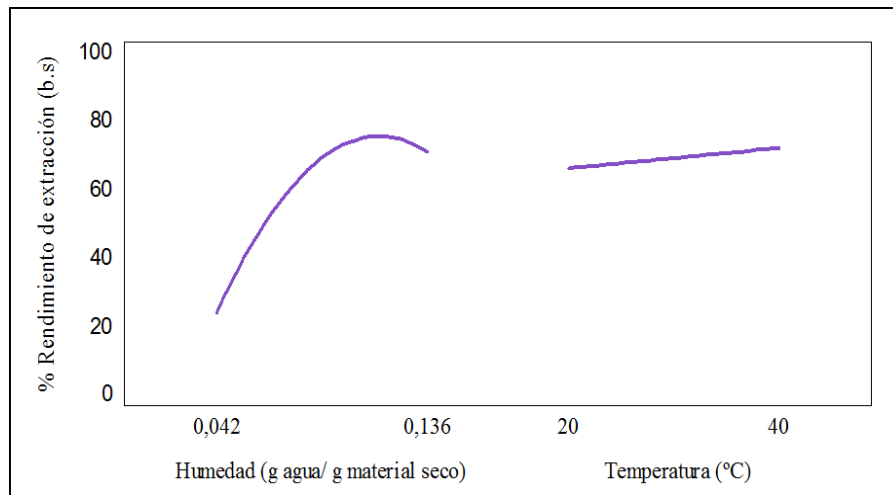


Figura 2: Variabilidad del rendimiento de extracción frente a la humedad y temperatura

En relación al contenido de sólidos en el extracto, Vargas-López et al. (1999) y Singh et al. (2002) han observado que el mismo se incrementa al disminuir el contenido de humedad del material. En este trabajo, se observó que para valores de humedad entre 0,042 y 0,064 g agua/g, el contenido de sólidos estuvo comprendido entre 8,86 y 28,64 %; para valores de humedad entre 0,087 y 0,136 g agua/g los porcentajes variaron entre 2,59 y 6,35 %. El menor contenido de sólidos en el extracto se obtuvo en el tratamiento G. Este hecho estuvo asociado a la obtención de un residuo más compacto, lo cual puede disminuir la liberación de finos que atraviesan los orificios del barril y son co-extraídos con el aceite.

En los tratamientos con menor contenido de humedad (A, B, C y D) los valores de caudal de aceite extraído variaron entre 35,89 - 38,96 g/min (Tabla 1). Estos caudales resultaron significativamente más elevados que los obtenidos en los tratamientos con mayor contenido de humedad del material. Sin embargo, presentaron mayor retención de aceite en el residuo y mayor proporción de sólidos en el extracto.

En todos los tratamientos se registraron bajos niveles de acidez ($< 0,16$ % ácido oleico), demostrando que los mismos no generan deterioro hidrolítico de los aceites. No se detectaron peróxidos en ninguno de los tratamientos. El coeficiente de extinción específica k_{232} , que se relaciona con la estabilidad oxidativa de los aceites y que corresponde a la máxima absorción de dienos conjugados presentó valores inferiores a 1,08. El contenido de tocoferoles totales varió entre 560,94 y 609,92 $\mu\text{g/g}$ aceite, resultando más elevados a los reportados por Kodad et al. (2008) (400 - 500 $\mu\text{g/g}$). La actividad antiradicalaria estuvo comprendida entre 77,83 y 70,45 %; la misma puede ser atribuida al contenido de tocoferoles presentes en los aceites.

5. Conclusiones

Las experiencias de extracción por prensado a escala piloto permitieron determinar un rango de tamaño de partícula (2.4 – 4.8 mm) óptimo para la alimentación de la prensa. Los tratamientos (contenido de humedad x temperatura) aplicados a la extracción de este material, indicaron que el contenido de humedad resulta un factor fundamental para lograr la máxima recuperación de aceite, lográndose rendimientos cercanos al 80 % con materiales conteniendo 0,087 g de agua/g material seco, extraídos a 40 °C. La influencia de la temperatura fue de menor significación. El aceite extraído bajo las condiciones mencionadas mostró baja proporción de sólidos en el extracto, lo que representa una ventaja adicional para la etapa posterior de clarificación del aceite. Los aceites obtenidos mediante los distintos tratamientos no presentaron mayores diferencias en su composición química por lo que, en principio, las metodologías utilizadas resultan asequibles para la extracción de aceites de buena calidad.

6. Bibliografía:

- AOCS. (2009). Método de determinación de lípidos 31.4.02. Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, USA.
- Cherif, A.; Sebei, K.; Boukhchina, S.; Kallel, H.; Azul, J.(2004). Kernel Fatty Acid and Triacylglycerol Composition for Three Almond Cultivars During Maturation. JAOCS. 81 (10): 901-905
- Kodad, O.; Socias, I.C.R. (2008). Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and its relationship with kernel quality. J. Agric Food.
- Li, M.; Bellmer, D.D.; Brusewitz, G.H. (1999). Pecan kernel breakage and oil extracted by supercritical CO₂ as affected by moisture content. Journal of Food Science, 64: 1084–1088.
- Martínez, M.L.; Mattea, M.; Maestri, D.M. (2008). Pressing and supercritical carbón dioxide extraction of walnut oil. J. Food Eng. 88: 399-404.
- Rivera Nuñez, D.; Obón de Castro, C;Ríos Ruiz, S.; Ferrández, C.S. (1996). Frutos secos, oleaginosos, frutales de hueso, almendros y frutales de pepitas. Editorial: Servicio de publicaciones. España.
- Singh, J.; Bargale, P.C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. Journal of Food Engineering, 43 (2): 75-82.

Singh, K.K.; Wiesenborn, D.P.; Tostenson, K.; Kangas, N. (2002). Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 79(2): 165-170.

Vargas-Lopez, J.M.; Wiesenborn, D.; Tostenson, K.; Cihacek, L. (1999). Processing of crambe for oil and isolation of erucic acid. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 76:801-809.

Wong, D.W.S. (1995). Lípidos. En: *Química de los alimentos: Mecanismos y teoría*. Ed.

Acibia, Zaragoza, España, pp. 1-52.

08TCA. ANTIOXIDANTES NATURALES: EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE NUEZ (*JUGLANS REGIA* L.)

MARTINEZ M.L.^{a*}, PENCI C.^b, IXTAÍNA V.^c, HADAD L.^d, RIBOTTA P.D.^e, MAESTRI D.M.^a

^a Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV. CONICET – UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.

^b Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.

^c Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), (CCT La Plata – CONICET,) Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina y Facultad de Ingeniería, Dpto. de Ingeniería Química (TECSE), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA, Av. del Valle 5737, B7400JWI, Olavarría, Argentina.

^d Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av. Vélez Sársfield 1611 - CU. X5016GCA Córdoba, Argentina.

^e Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (CONICET-UNC) - Universidad Nacional de Córdoba (UNC)- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

*E-mail: mmartinez@efn.uncor.edu

Resumen: Por su elevado nivel de insaturación (> 68%), el aceite de nuez es altamente susceptible al deterioro termo y foto-oxidativo. En este trabajo se propone analizar el efecto de algunas sustancias naturales y sintéticas sobre la estabilidad oxidativa y la conservación del aceite de nuez. Las condiciones de iluminación empleadas (luz fluorescente, intensidad 800 Lux) promovieron la formación de productos de oxidación primarios, aún en los aceites aditivados; los antioxidantes evaluados resultaron poco eficaces como inhibidores de oxidación fotosensibilizada. En ausencia de luz, todos los tratamientos con agregado de antioxidantes fueron igualmente eficaces para inhibir la formación de productos de oxidación durante el periodo de almacenamiento. La valoración de la capacidad antirradicalaria de los aceites aditivados permitió determinar que: a) TBHQ es un efectivo inhibidor de radicales libres en el aceite de nuez, b) su actividad no resulta afectada por la luz, pero es dependiente de la concentración, c) el extracto de romero y el palmitato de ascorbilo no ejercen un efecto aditivo sobre la actividad del TBHQ.

1. Introducción

Las reacciones de oxidación de los lípidos constituyen una de las causas de mayor importancia comercial en la industria alimentaria. Los sustratos de estas reacciones son fundamentalmente los ácidos grasos no saturados que, cuando están libres, se oxidan por lo general más rápidamente que cuando son parte de moléculas de triglicéridos o fosfolípidos (Frankel, 2005).

El aceite de nuez constituye un sustrato altamente susceptible a reacciones oxidativas que deterioran su calidad química y organoléptica. Este hecho hace necesario que para su conservación debe ser protegido mediante el empleo de sustancias o condiciones de almacenamiento que puedan inhibir o retardar los procesos de oxidación mencionados. La adición de antioxidantes, en su mayor parte sintéticos, es un procedimiento tecnológico habitual en la industria alimentaria ya que mejora la estabilidad de los lípidos y prolonga la vida útil de los alimentos que los contienen. Los mecanismos por los cuales estas sustancias ejercen su actividad son diversos y su eficacia se ve influenciada notablemente por las características del sustrato (Yanishlieva y Marinova, 2001; Decker et al., 2005; Frankel, 2005). Si bien la mayor parte de los antioxidantes de grado alimentario son sustancias sintéticas, la presencia de ellos está siendo cuestionada cada vez en mayor grado. Entre las sustancias de origen natural, el palmitato de ascorbilo ha mostrado actividad antioxidante frente a la termo-oxidación del aceite de canola, pero tiene un efecto limitado sobre el deterioro foto-oxidativo (McMullen et al., 1991). Hras et al. (2000) compararon la actividad antioxidante de un extracto de romero (rico en ácido carnósico), α -tocoferol, palmitato de ascorbilo y ácido cítrico, solos y en combinación, sobre aceite de girasol almacenado a 60 °C. Estos autores observaron un efecto sinérgico del extracto de romero cuando se combina con palmitato de ascorbilo o con ácido cítrico, disminuyendo la formación de peróxidos y productos de oxidación secundarios.

Una revisión exhaustiva de la bibliografía disponible hasta el momento, da cuenta de la carencia de estudios científicos en donde se evalúen alternativas para la conservación del aceite de nuez. En este trabajo se propone analizar el efecto de algunas sustancias naturales y sintéticas sobre la estabilidad oxidativa y la conservación del aceite de nuez.

2. Objetivo:

Analizar la eficacia de sustancias naturales (extracto de romero y palmitato de ascorbilo) y sintéticas (2,5-diterbutil hidroquinona), solas y en diferentes combinaciones, sobre la estabilidad oxidativa y la conservación del aceite de nuez en condiciones de almacenamiento prolongado.

3. Materiales y métodos

Se utilizó aceite de nuez (variedad Franquette) obtenido mediante prensa de tornillo escala piloto (Martínez et al., 2008). Sustancias empleadas como antioxidantes: extracto de romero (ER) Guardian y palmitato de ascorbilo (PA) Grindox 562 ambos de Danisco, 2,5-diterbutil hidroquinona (TBHQ, Sigma Aldrich).

Ensayo de almacenamiento prolongado: estabilidad frente a la foto-oxidación.

Se utilizó una cámara con iluminación permanente (luz fluorescente, intensidad 800 Lux) y temperatura controlada (25 °C). Mediante un estudio de termo-oxidación preliminar se definió la cantidad de ER a incorporar al aceite. Las cantidades de PA y TBHQ se definieron según lo establecido en el Código Alimentario Argentino (CAA) para aditivos antioxidantes en aceites (Tabla 1). La condición de almacenamiento en oscuridad se logró recubriendo los envases con una lámina de aluminio. Los aceites se almacenaron durante un periodo de 6 meses. Con una periodicidad quincenal se extrajeron muestras de cada uno de los tratamientos a fin de evaluar posibles cambios en la calidad química de los aceites.

Tabla 1: Aditivaciones realizadas al aceite de nuez (AN).

Tratamiento	Antioxidante
-------------	--------------

1	Control
2	TBHQ 200 ppm
3	TBHQ 100 ppm
4	TBHQ 100 ppm + PA 100 ppm
5	PA 100 ppm
6	ER 800 ppm
7	ER 800 ppm + PA 100 ppm
8	ER 800 ppm + TBHQ 100 ppm
9	ER 800 ppm + TBHQ 100 ppm + PA 100 ppm
10	PA 200 ppm
11	ER 800 ppm + PA 200 ppm
12	ER 800 ppm + TBHQ 200 ppm

Métodos analíticos

Se determinaron el índice de peróxidos (IP), grado de acidez (GA), p-anisidina (IA) y la estabilidad oxidativa (Rancimat, tiempo de inducción (TI)) de los aceites según metodología descrita en los métodos oficiales AOCS (2009). La actividad antirradicalaria y la composición ácida de los aceites se evaluaron de acuerdo a Martínez et al. (2008).

Análisis estadístico

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. Las diferencias entre los tratamientos se estimaron mediante análisis de la varianza (ANAVA) y un test a posteriori de comparaciones múltiples (LSD).

4. Resultados y discusión:

La composición química del AN obtenido por prensado en frío se muestra en la Tabla 2. Los AN expuestos a la luz mostraron incrementos significativos en IP y TI a lo largo del periodo de almacenamiento. En condiciones de luz, ER y PA resultaron poco eficaces para evitar la formación de compuestos de oxidación primaria. Luego de 180 días de almacenamiento se observó una reducción del 78,2 % en el TI respecto de su valor inicial en el AN control. Los aceites expuestos a la luz también presentaron un incremento significativo del IA, alcanzando valores superiores a 3 luego de 180 días de almacenamiento. Por otra parte, los valores de GA mostraron un leve incremento (0,22 g ácido oleico /100 g aceite) luego de 180 días de almacenamiento, indicando que el AN es estable frente a la degradación hidrolítica, aún en condiciones de exposición a la luz.

En función de la valoración de la actividad antirradicalaria (DPPHr) de las sustancias utilizadas como antioxidantes, los tratamientos se asociaron en tres grupos: tratamientos control, tratamientos aditivados con ER y PA (solos o combinados), tratamientos aditivados con TBHQ (sólo o combinado). Estos últimos presentaron los valores más elevados de DPPHr, confirmando que esta sustancia es un efectivo inhibidor de radicales libres manteniendo su actividad al menos durante un periodo de 6 meses. Dicha actividad no fue afectada por la luz, pero resultó dependiente de la concentración. Los tratamientos adicionados con 100 ppm TBHQ, sólo o en combinación con ER o PA, no se diferenciaron significativamente entre sí demostrando que estas dos últimas sustancias no ejercen un efecto aditivo sobre la actividad antirradicalaria del TBHQ.

Del análisis conjunto de los datos obtenidos surge que la condición lumínica ejerce un efecto significativo sobre la generación de productos de oxidación primarios en el AN. Los aceites adicionados con ER, PA y TBHQ, solos o combinados, cuando fueron almacenados en presencia de luz, no se diferenciaron significativamente del tratamiento control (aceite

sin aditivos), indicando que las sustancias ensayadas fueron poco eficaces para prolongar el periodo de inducción. Estas reacciones de oxidación fotosensibilizadas, al igual que las que ocurren durante la auto-oxidación, conducen a la formación de peróxidos pero, a diferencia de estas últimas, no presentan un periodo de inducción apreciable puesto que no son inhibidas ni retardadas por sustancias inhibitoras de la propagación en cadena de radicales libres, como los antioxidantes añadidos (ER, PA y TBHQ) o los que están presentes naturalmente en el aceite (tocoferoles).

Tabla 2: Caracterización del AN

Parámetro	Valor ^a
Distribución de ácidos grasos (% relativo)	
Ácido Palmítico (16:0)	7.20 ± 0.04
Ácido Palmitoleico (16:1)	0.08 ± 0.01
Ácido Esteárico (18:0)	2.14 ± 0.01
Ácido Oleico (18:1)	22.92 ± 0.02
Ácido Linoleico (18:2)	52.40 ± 0.02
Ácido Linolénico (18:3)	15.24 ± 0.03
Tocoferoles Totales (µg/g oil)	289 ± 14.6
Carotenoides (µg/g oil)	0.93 ± 0.25
Clorofilas (µg/g oil)	0.52 ± 0.02

^a Valores medios ± DE (desvío estándar) n=3

5. Conclusiones:

El análisis de la estabilidad del aceite de nuez frente a la foto-oxidación, permitió determinar la eficacia antioxidante de algunas sustancias (ER, PA y TBHQ) bajo condiciones de almacenamiento que simulan las utilizadas en el comercio. Las condiciones de iluminación empleadas (luz fluorescente, intensidad 800 Lux) promueven rápidamente la formación de productos de oxidación primarios, aún en los aceites aditivados. En consecuencia, los antioxidantes evaluados resultan poco eficaces como inhibidores de oxidación fotosensibilizada en el AN. En ausencia de luz, todos los tratamientos con agregado de antioxidantes fueron igualmente eficaces para inhibir la formación de productos de oxidación durante el periodo de almacenamiento. La valoración de la capacidad antirradicalaria de los aceites aditivados permitió determinar que: a) TBHQ es un efectivo inhibidor de radicales libres en AN, b) su actividad no resulta afectada por la luz, pero es dependiente de la concentración, c) ER y PA no ejercen un efecto aditivo sobre la actividad del TBHQ.

Tabla 3: IP (meq/kg aceite) y TI (h) para AN y sus aditivaciones durante el ensayo de almacenamiento.

Tratamientos	Parámetros					
	IP (meq/kg aceite)			TI (h)		
	Tiempo (días)			Tiempo (días)		
	0	90	180	0	90	180
<i>LUZ</i>						
Control	0.55±0.06	22.25 ^{bcd} ±0.06	70.92 ^{gh} ±0.01	2.75 ^a ±0.07	1.85 ^a ±0.07	0.60 ^a ±0.14
ER		19.31 ^a ±1.41	64.37 ^e ±1.44	5.35 ^{bc} ±0.07	2.90 ^{cd} ±0.14	1.30 ^b ±0.14
ER + 100 ppm PA		22.33 ^{cd} ±0.01	72.26 ^h ±1.04	6.15 ^c ±0.21	3.15 ^d ±0.21	1.75 ^{bc} ±0.07
ER + 200 ppm PA		22.29 ^{bcd} ±0.01	56.54 ^{bc} ±1.92	6.05 ^c ±0.21	3.15 ^d ±0.21	1.95 ^c ±0.21
ER + 100 ppm TBHQ		25.36 ^{ef} ±1.46	69.33 ^{fg} ±2.11	12.10 ^d ±0.57	5.45 ^e ±0.07	3.40 ^d ±0.01
ER + 200 ppm TBHQ		27.03 ^f ±0.01	67.04 ^{ef} ±0.01	17.10 ^e ±0.01	7.20 ^f ±0.01	4.40 ^e ±0.01
ER + 100 ppm PA + 100 ppm TBHQ		19.21 ^a ±0.06	49.10 ^a ±0.21	12.90 ^d ±0.57	6.65 ^f ±0.49	3.15 ^d ±0.64
100 ppm PA		23.86 ^{de} ±0.71	59.11 ^{cd} ±0.90	4.00 ^{abc} ±0.01	2.35 ^{ab} ±0.07	1.25 ^b ±0.07
200 ppm PA		20.37 ^{ab} ±0.04	55.52 ^b ±1.77	3.50 ^{ab} ±0.01	2.50 ^{bc} ±0.42	1.55 ^{bc} ±0.07
100 ppm TBHQ		20.69 ^{abc} ±0.49	58.53 ^{cd} ±1.04	10.90 ^d ±2.26	5.20 ^e ±0.28	3.10 ^d ±0.42
200 ppm TBHQ		20.86 ^{abc} ±0.66	53.86 ^b ±1.03	16.45 ^e ±2.62	8.45 ^g ±0.07	4.75 ^e ±0.07
100 ppm PA + 100 ppm TBHQ		22.43 ^{cd} ±1.81	59.50 ^d ±0.17	11.90 ^d ±0.42	5.30 ^e ±0.14	3.35 ^d ±0.35
<i>OSCURIDAD</i>						
Control	0.55±0.06	17.69 ^e ±0.66	68.87 ^h ±1.53	3.00 ^a ±0.28	1.80 ^a ±0.28	0.90 ^a ±0.14
ER		2.53 ^d ±0.39	8.97 ^f ±1.13	5.15 ^b ±0.07	4.55 ^c ±0.07	3.45 ^{cd} ±0.35
ER + 100 ppm PA		1.62 ^{bcd} ±0.43	5.75 ^{de} ±0.54	6.50 ^c ±0.28	5.20 ^c ±0.01	4.55 ^d ±0.07
ER+ 200 ppm PA		1.43 ^{abc} ±0.01	4.50 ^{bcd} ±0.56	6.25 ^{bc} ±0.07	5.60 ^c ±0.01	4.60 ^d ±0.28
ER + 100 ppm TBHQ		1.95 ^{cd} ±0.11	3.19 ^{abc} ±0.16	11.70 ^{de} ±0.14	11.95 ^d ±1.06	10.35 ^{ef} ±0.07
ER + 100 ppm PA + 100 ppm TBHQ		1.71 ^{bc} ±0.13	4.75 ^{cd} ±0.47	12.60 ^e ±0.85	11.65 ^d ±0.21	10.00 ^{ef} ±0.28
100 ppm PA		1.77 ^{bc} ±0.18	54.11 ^g ±1.52	3.95 ^a ±0.49	3.05 ^b ±0.35	1.35 ^{ab} ±0.49
200 ppm PA		1.16 ^{ab} ±0.07	7.20 ^e ±0.33	3.75 ^a ±0.07	3.10 ^b ±0.28	2.70 ^{bc} ±0.42
100 ppm TBHQ		1.47 ^{abc} ±0.07	2.31 ^a ±0.06	11.00 ^d ±0.85	12.20 ^d ±1.13	10.80 ^f ±0.57
200 ppm TBHQ		1.31 ^{ab} ±0.03	2.55 ^a ±0.03	18.25 ^f ±0.78	17.90 ^e ±0.71	16.75 ^g ±1.34
100 ppm PA + 100 ppm TBHQ		1.01 ^a ±0.16	2.86 ^{ab} ±0.01	11.85 ^{de} ±0.64	11.45 ^d ±0.49	8.95 ^e ±1.91

Media ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p ≤ 0,05).

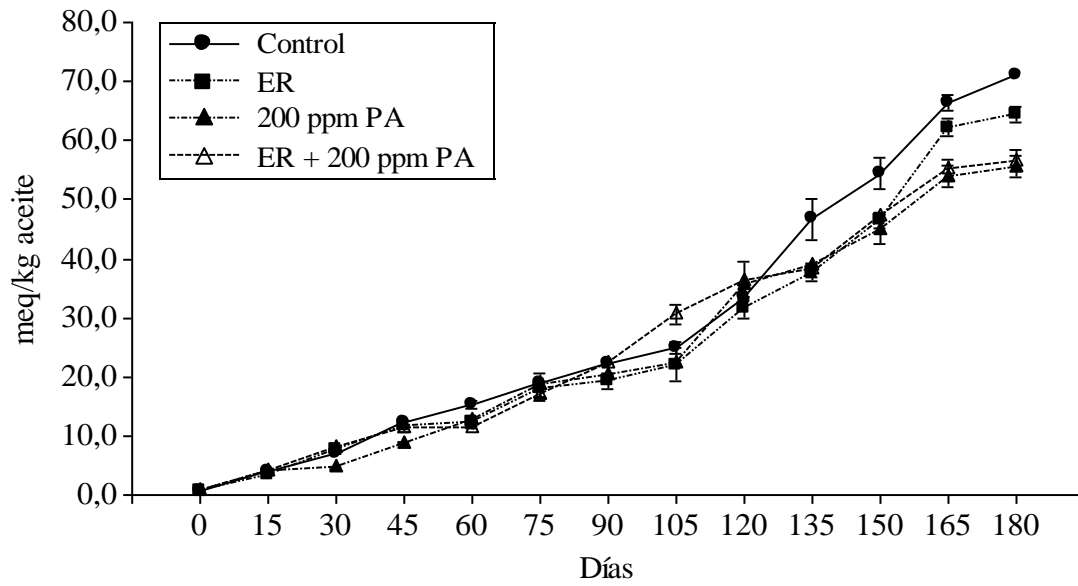


Figura 1: Evolución del IP (meq/kg aceite) durante el almacenamiento del AN en condiciones de iluminación (800 Lux) y temperatura (25 °C) controladas.

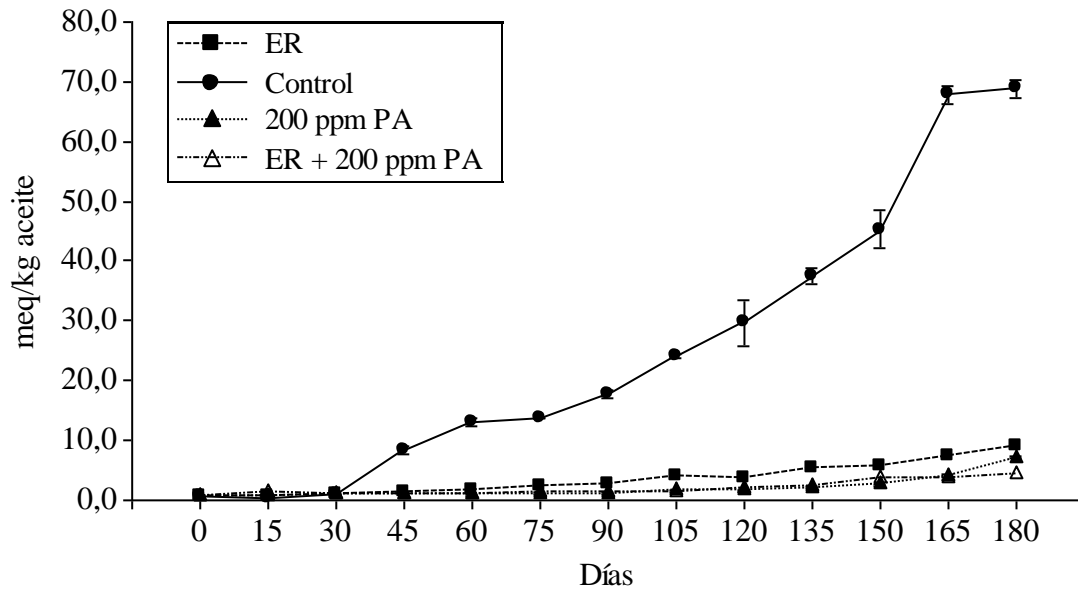


Figura 2: Evolución del IP (meq/kg aceite) durante el almacenamiento del AN en condiciones de oscuridad y temperatura (25 °C) controladas.

6. Bibliografía:

AOCS. (2009). Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, USA.

Decker, E.A., Warner, K., Richards, M.P., Shahidi, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4303-4310.

Frankel, E.N. (2005). Lipid oxidation. Ed. Barnes & Associates, Bridgwater, England.

Hras, A.R., Hadolin, M., Knez, Z., Bauman, D. (2000). Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chemistry*, 71: 229-233.

Martínez, M.L.; Mattea, M.; Maestri, D.M. (2008). Pressing and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil. *J. Food Eng.* 88: 399-404.

McMullen, L.M., Hawrysh, Z.J., Lin, C., Tokarska, B. (1991). Ascorbyl palmitate efficacy in enhancing the accelerated storage stability of canola oil. *Journal of Food Science*, 56 (6): 1651–1659.

Yanishlieva, N.V., Marinova, E.M. (2001). Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 752-767.

09TCA. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES EFECTIVOS DE DIFUSIÓN MEDIANTE SOLUCIÓN ANALÍTICA Y SOLUCIÓN NUMÉRICA EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PELONES

RODRIGUEZ M. M.^{1,2}, ARBALLO J. R.^{3,4}, CAMPAÑONE L. A.^{3,4}, PAGANO A. M.², MASCHERONI R. H.^{3,4}

¹CONICET, UNLP-UNICEN - ²TECSE-UNICEN, Olavarría, Buenos Aires –
³CIDCA (CONICET La Plata - UNLP) – ⁴MODIAL, Fac. Ing., UNLP, La Plata –
rhmasche@ing.unlp.edu.ar

Resumen: El propósito del presente trabajo fue determinar los coeficientes efectivos de difusión a partir de la solución analítica de la ley de Fick para placa plana y a partir de la solución numérica empleando la geometría real durante la deshidratación osmótica de pelones Caldesi (*Prunus persica var. nectarina*). También se evaluó el efecto de las condiciones operativas sobre la transferencia de materia entre el fruto y el jarabe osmótico. Fueron utilizadas para la deshidratación soluciones hipertónicas de jarabe de glucosa y sorbitol (40 y 60% p/p) durante 2 h a temperaturas de 25 y 40°C y con relaciones de fruta a agente osmótico de 1/4 y 1/10. Los coeficientes efectivos de difusión obtenidos a partir de la solución analítica de la segunda ley de Fick aplicados a geometría de placa plana variaron entre 1.27×10^{-10} y $1.37 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para el agua y entre 1.14×10^{-10} a $1.08 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para los sólidos, mientras que el rango de variación fue 0.70×10^{-09} y $4.80 \times 10^{-09} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para el agua y entre 0.26×10^{-09} y $1.70 \times 10^{-09} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para sólidos, calculados mediante la geometría real de la porción del fruto. Los valores de los coeficientes de difusión obtenidos a partir de la solución numérica mostraron estar en concordancia con los publicados en literatura.

1. Introducción:

La deshidratación osmótica (DO) consiste en colocar las frutas u hortalizas (enteras o en trozos) en soluciones de sales, azúcares, combinaciones de ambos o alcoholes; que permite que la fruta pierda agua y gane sólidos, dependiendo de las condiciones del proceso). Dicha técnica genera un gradiente de presión osmótica que provoca un importante flujo de agua del alimento hacia la solución y una transferencia simultánea de solutos desde la solución hacia el alimento, los cuales modifican la composición y el sabor final del producto (Chiralt y Fito, 2003; Ramallo y Mascheroni, 2005).

Se ha comprobado que la difusión de agua del alimento hacia la solución concentrada es mayor que la de los sólidos solubles hacia el interior del alimento, debido al bajo peso molecular del agua y a la alta permeabilidad que presentan las membranas celulares frente a este compuesto (Chiralt y Fito, 2003; Keqing, 2004; Ramallo y Mascheroni, 2005). La existencia de flujos simultáneos y opuestos es una de las principales dificultades en el modelado de la cinética de deshidratación osmótica (Spiazzi y Mascheroni, 1997).

En muchos trabajos se han desarrollado modelos para predecir la cinética de transferencia de masa de la DO a presión atmosférica. Sin embargo, es muy difícil desarrollar un modelo matemático capaz de incluir todos los factores que intervienen en el proceso (Ispir y Togrul, 2009). Algunos autores como Salvatori et al. (1999) han utilizado la ley de Fick para explicar el fenómeno de difusión, mientras que otros autores como Spiazzi y Mascheroni (1997) han propuesto modelos basados en el conocimiento de la fisiología celular de los tejidos. Por otro lado, la determinación de los coeficientes de transferencia de agua para productos sometidos a la deshidratación es esencial para un análisis eficiente del proceso y para la optimización del uso de energía. La solución analítica de la segunda

ley de Fick en estado no estacionario, puede ser aplicada para el cálculo de la difusividad efectiva de humedad (D_w), este es el procedimiento más conocido para representar el mecanismo difusional (Perumal, 2007; Farid, 2010).

La mayoría de estudios publicados toman la geometría finita de los alimentos como una configuración de placa plana infinita, dejando de lado la difusión en las demás direcciones. Esa hipótesis es aceptable cuando el espesor es muy pequeño en comparación a los lados, indicando una difusión periférica insignificante, pero cuando el espesor es de una magnitud igual a la longitud y al ancho (paralelepípedo o cubo), este supuesto ya no es válido, ya que parte importante de la difusión se lleva a cabo a través de las partes periféricas (Ferrari et al., 2011). Como alternativa, se deben evaluar los coeficientes considerando la geometría real del producto, empleando técnicas numéricas de solución de las ecuaciones diferenciales que gobiernan el proceso.

2. Objetivos:

El objetivo del trabajo es determinar los coeficientes efectivos de transferencia de agua y solutos, calculados empleando la solución analítica de la ley de Fick y a través de herramientas computacionales que permiten considerar la geometría real de las porciones de pelones. Como así también analizar el efecto de las condiciones operativas (concentración de la solución osmótica, temperatura, relación fruta/solución, tipo de soluto y tiempo de procesamiento) sobre la transferencia de materia.

3. Metodología:

Deshidratación osmótica

Se trabajó con pelones frescos de la variedad Caldesi (*Prunus persica var. nectarina*). Los pelones se guardaron refrigerados a 5°C; previo al ensayo se lavaron, se pelaron, se descarozaron y finalmente se cortaron manualmente en porciones de $1/16$ (peso promedio 3.2 g) (**Figura 1 a**).

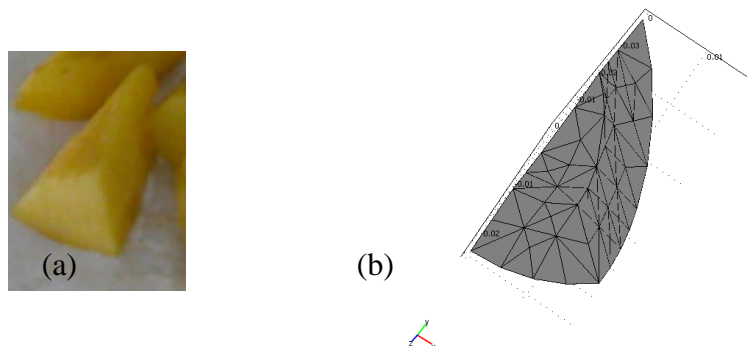


Figura 1- Porción de fruta analizada (a) y Modelo 3D empleado para simular el proceso DO (b).

La humedad inicial del fruto fue de 82.14% (base húmeda) y el contenido inicial de sólidos solubles fue de 14.50 °Brix, determinado con refractómetro Abbe (precisión ± 0.01) (AOAC, 1980). La deshidratación osmótica se llevó a cabo durante 2 h por inmersión de las muestras en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol preparadas al 40 y 60% p/p en agua destilada, utilizando relaciones jarabe a fruta de 4/1 y 10/1. Se ensayaron dos temperaturas de 25 y 40°C, con agitación constante del sistema a 331 rpm. A intervalos regulares se evaluó el peso las muestras (balanza analítica, METTLER AE240, precisión ± 0.0001 g), el contenido de humedad (g de agua/100 g de muestra) y contenido de sólidos solubles (g de sólidos solubles/100 g de muestra).

Modelado de la transferencia de materia

Modelos fenomenológicos

Para describir la transferencia de materia durante el proceso de DO se pueden plantear los siguientes balances microscópicos para la humedad y para los sólidos:

$$\frac{\partial C_w}{\partial t} = \nabla(D_w \nabla C_w) \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = \nabla(D_s \nabla C_s) \quad (2)$$

donde C es la concentración en el sólido (kg m^{-3} total); t es el tiempo y D es el coeficiente de difusión aparente con los subíndices w para el agua y s para los sólidos solubles, respectivamente.

Suposición de geometría regular

Estas expresiones se pueden resolver analíticamente considerando propiedades constantes, condiciones iniciales uniformes y condiciones de contorno de concentración prescripta tanto para la humedad como para los sólidos solubles. De esta forma pueden ser resueltas analíticamente (Crank, 1975) para medios semiinfinitos regulares, como placas planas, cilindros infinitos y esferas.

Para la solución analítica se asumen las siguientes hipótesis: *i*) la transferencia de masa es unidireccional; *ii*) la concentración de la solución constante en el tiempo; *iii*) sólo se considera el mecanismo difusional de eliminación de agua; *iv*) no se considera la interacción entre flujos; *v*) se desprecia el encogimiento y la resistencia externa a la transferencia de masa; *vi*) se considera una placa plana equivalente de espesor 12.5 mm.

La solución de Crank para la concentración promedio en láminas planas semi-infinitas para tiempos largos se puede simplificar a la siguiente expresión:

$$\left(\ln \frac{(C_{wt} - C_{w\infty})}{(C_{wo} - C_{w\infty})} \right) = \left(\ln \frac{8}{\pi^2} \right) + \left(- \frac{\pi^2 \cdot D_w}{4l^2} \right) t \quad (3)$$

donde C_{wt} es concentración de agua a tiempo t ; C_{wo} es la concentración de agua inicial; l es el semiespesor, y $C_{w\infty}$ es el valor de equilibrio que se puede determinar a partir del modelo empírico de Azuara et al. (1992).

La solución de la Ecuación (2) tiene la misma forma que la Ec. 3 donde la variable C_w es reemplazada por C_s . Conociendo los valores experimentales medios de concentración de humedad y de sólidos en el producto y empleando la Ec. (3) se pueden calcular aproximadamente los coeficientes de difusión de agua y de sólidos en el producto. El error medio relativo (EMR) (Ec. 4) fue utilizado para estimar la calidad del ajuste del modelo.

$$EMR_j = \sum_i \left| \frac{C_j^{\text{exp}} - C_j^{\text{cal}}}{C_j^{\text{exp}}} \right| \quad (4)$$

donde C es la concentración, el subíndice j indica agua o sólidos, el superíndice *exp* hace referencia a experimental, mientras que *cal* a “calculados” y el contador i indica que la suma se hace para tiempos discretos en los cuales se dispone de datos experimentales.

Suposición de geometría real

Para un cálculo más exacto de los perfiles de humedad y sólidos, se debe considerar la geometría real del producto. Con este fin, las Ecuaciones (1) y (2) se resolvieron numéricamente con la técnica de Elementos Finitos empleando un software comercial (Comsol Multiphysics 3.5a), asumiendo como válidas las suposiciones *ii-v* realizadas en la sección anterior. En la Fig. 1b se muestra un esquema de la porción de pelón, la cual fue sometida al modelado de DO.

La resolución de las ecuaciones diferenciales (Ecs. 1 y 2) permite obtener los perfiles de humedad y sólidos en el producto, a partir de los cuales se pueden calcular los coeficientes de difusión efectivos de agua y de sólidos. Para su determinación se realizó la programación en el software Matlab 7.10.0, en la cual se consideran distintas combinaciones de D_w y D_s en un rango conocido (10^{-08} - 10^{-12} $m^2 s^{-1}$), los valores del intervalo fueron seleccionados de acuerdo a valores previos presentados en literatura (Panagiotou et al., 2004). Con la asistencia del software Comsol se pudieron obtener las soluciones numéricas para dichas combinaciones, las cuales fueron comparadas con las corridas experimentales a través del error relativo medio (Ec. 4). Finalmente, se construyó la siguiente función error para cada par D_w - D_s :

$$EMR = EMR_w + EMR_s \quad (5)$$

El par que minimizaba la función error (Ec.5) se consideró como válido para las condiciones operativas seleccionadas.

Análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un ANOVA con un nivel de significación del 5%. Para la comparación de medias se utilizó el Test de Duncan. Ambos análisis fueron realizados utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

4. Resultados y discusión:

Los coeficientes efectivos de difusión se obtuvieron a partir de la solución analítica de la ley de Fick para placa plana y a partir de la solución numérica empleando la geometría real de las porciones. En este último caso se obtuvieron los perfiles de concentración de humedad y sólidos solubles en el interior del producto, la solución analítica también permitió conocer la distribución de ambas especies pero considerando la porción como una placa plana, la cual se aleja de la condición real.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los coeficientes efectivos de difusión de agua (D_w) y de sólidos (D_s), calculados empleando la solución analítica (Ec. 3) y los obtenidos empleando la solución numérica acompañados de sus errores medios relativos (EMR).

Tabla 1- Coeficientes efectivos de difusión de agua.

Nº	Condición	D_w ($m^2 s^{-1}$)		D_w ($m^2 s^{-1}$)	
		Solución analítica	EMR	Solución numérica	EMR
1	g-40%-r1/4-25°C	8.29×10^{-09}	0.01	1.80×10^{-09}	0.07
2	g-40%-r1/4-40°C	8.45×10^{-09}	0.03	1.30×10^{-09}	0.12
3	g-40%-r1/10-25°C	6.56×10^{-09}	0.01	2.11×10^{-09}	0.13
4	g-40%-r1/10-40°C	2.34×10^{-09}	0.003	1.00×10^{-09}	0.06
5	g-60%-r1/4-25°C	1.37×10^{-08}	0.03	2.20×10^{-09}	0.13
6	g-60%-r1/4-40°C	9.44×10^{-09}	0.02	1.70×10^{-09}	0.08
7	g-60%-r1/10-25°C	4.79×10^{-09}	0.03	0.70×10^{-09}	0.13
8	g-60%-r1/10-40°C	1.70×10^{-10}	0.02	4.80×10^{-09}	0.11

9	s-40%-r1/4-25°C	1.22x10 ⁻⁰⁸	0.02	4.80x10 ⁻⁰⁹	0.11
10	s-40%-r1/4-40°C	5.85x10 ⁻⁰⁹	0.02	1.30x10 ⁻⁰⁹	0.10
11	s-40%-r1/10-25°C	3.91x10 ⁻⁰⁹	0.009	1.10x10 ⁻⁰⁹	0.07
12	s-40%-r1/10-40°C	6.62x10 ⁻⁰⁹	0.02	1.80x10 ⁻⁰⁹	0.14
13	s-60%-r1/4-25°C	2.67x10 ⁻⁰⁹	0.01	1.30x10 ⁻⁰⁹	0.06
14	s-60%-r1/4-40°C	2.93x10 ⁻⁰⁹	0.003	0.70x10 ⁻⁰⁹	0.07
15	s-60%-r1/10-25°C	5.73x10 ⁻⁰⁹	0.01	1.90x10 ⁻⁰⁹	0.09
16	s-60%-r1/10-40°C	1.27x10 ⁻¹⁰	0.02	1.70x10 ⁻⁰⁹	0.12

Tabla 2- Coeficientes efectivos de difusión de sólidos.

Nº	Condición	D_s (m ² s ⁻¹)			
		Solución analítica	Solución numérica		
1	g-40%-r1/4-25°C	7.40x10 ⁻⁰⁹	0.06	1.10x10 ⁻⁰⁹	0.07
2	g-40%-r1/4-40°C	9.00x10 ⁻⁰⁹	0.15	0.80x10 ⁻⁰⁹	0.12
3	g-40%-r1/10-25°C	5.98x10 ⁻⁰⁹	0.07	0.26x10 ⁻⁰⁹	0.13
4	g-40%-r1/10-40°C	1.90x10 ⁻⁰⁹	0.01	0.30x10 ⁻⁰⁹	0.06
5	g-60%-r1/4-25°C	6.12x10 ⁻⁰⁹	0.03	1.30x10 ⁻⁰⁹	0.13
6	g-60%-r1/4-40°C	1.08x10 ⁻⁰⁸	0.11	0.70x10 ⁻⁰⁹	0.08
7	g-60%-r1/10-25°C	4.69x10 ⁻⁰⁹	0.11	0.30x10 ⁻⁰⁹	0.13
8	g-60%-r1/10-40°C	1.50x10 ⁻¹⁰	0.05	1.70x10 ⁻⁰⁹	0.11
9	s-40%-r1/4-25°C	7.67x10 ⁻⁰⁹	0.07	1.13x10 ⁻⁰⁹	0.11
10	s-40%-r1/4-40°C	5.55x10 ⁻⁰⁹	0.10	0.60x10 ⁻⁰⁹	0.10
11	s-40%-r1/10-25°C	4.25x10 ⁻⁰⁹	0.05	0.60x10 ⁻⁰⁹	0.07
12	s-40%-r1/10-40°C	7.86x10 ⁻⁰⁹	0.07	1.30x10 ⁻⁰⁹	0.14
13	s-60%-r1/4-25°C	2.35x10 ⁻⁰⁹	0.06	0.60x10 ⁻⁰⁹	0.06
14	s-60%-r1/4-40°C	3.33x10 ⁻⁰⁹	0.02	0.90x10 ⁻⁰⁹	0.12
15	s-60%-r1/10-25°C	6.03x10 ⁻⁰⁹	0.05	1.40x10 ⁻⁰⁹	0.09
16	s-60%-r1/10-40°C	1.14x10 ⁻¹⁰	0.08	0.70x10 ⁻⁰⁹	0.07

En la Tabla 1 se observa que los coeficientes efectivos de difusión de agua calculados a partir de la solución analítica variaron en un rango comprendido entre 1.27x10⁻¹⁰ y 1.37x10⁻⁰⁸ m² s⁻¹ con valores de *EMR* inferiores a 0.03, lo cual indica una buena calidad de ajuste entre los valores predichos y los experimentales, mientras que los obtenidos con la solución numérica variaron en un rango de 0.70x10⁻⁰⁹ y 4.80x10⁻⁰⁹ m² s⁻¹ con valores de *EMR* inferiores a 0.14.

Los coeficientes de difusión de sólidos calculados a partir de la solución analítica variaron desde 1.14x10⁻¹⁰ a 1.08x10⁻⁰⁸ m² s⁻¹ con *EMR* inferiores a 0.15, mientras que los calculados a partir de la solución numérica 0.26x10⁻⁰⁹ y 1.70x10⁻⁰⁹ m² s⁻¹ con *EMR* inferiores a 0.14 (Tabla 2).

Para comparar los coeficientes de difusión de agua y de sólidos calculados mediante la solución analítica y la solución numérica se utilizó el análisis de medias apareadas mediante la Prueba *T*. El valor de *T* teórico para un ensayo bilateral; grados de libertad=15 (n-1); y con un error del 5% corresponde a ±2.13. Los valores de *T* experimentales obtenidos mediante la comparación de a pares de los 16 coeficientes de difusión de agua y de sólidos calculados mediante placa plana y geometría real fueron de 4.12 y 5.65, respectivamente. Por lo tanto, existen diferencias significativas (p<0.05) entre los valores determinados mediante la ecuación analítica y numérica.

Se puede observar (Tablas 1-2) que en la mayoría de las condiciones de procesamiento los coeficientes calculados por el método analítico son mayores en relación a los obtenidos por

el método numérico debido a que para una condición dada la pérdida agua (WL) y la ganancia de sólidos (SG) se atribuyen a una sola dirección sobreestimando la velocidad de difusión para los mismos valores de WL y SG , considerar la geometría real e irregular implica una distribución espacial distinta y una menor velocidad de difusión. Los resultados obtenidos a partir de la solución numérica se encuentran en concordancia con los obtenidos por otros autores (Ispir y Togrul, 2009; Sabarez y Price, 1999; Khoyi y Hesari, 2007), que han determinado los coeficientes de difusión de agua y de sólidos mediante la ley de Fick para placa plana.

Para evaluar la influencia de las variables del sistema sobre los coeficientes de difusión de materia se realizó un análisis de la varianza, mediante el cual se pudo determinar qué las variables operativas (tipo de agente osmótico, concentración, relación fruta a jarabe y temperatura) no ejercieron una influencia significativa ($p < 0.05$) sobre los valores de D_w y D_s obtenidos a partir de los dos técnicas de cálculo.

5. Conclusiones:

Los coeficientes difusionales calculados por el método analítico para placa plana son mayores en relación a los calculados considerando la geometría real, sobreestimando la velocidad de difusión para los mismos valores de WL y SG . Los resultados obtenidos a partir de la solución numérica se encuentran en concordancia con los publicados en la literatura.

El estudio de la osmodeshidratación de pelones permite aportar información relevante sobre un fruto novedoso para la industria del secado y optimizar el proceso a partir de las variables estudiadas.

Cabe aclarar, que la deshidratación osmótica no es una metodología que deba aplicarse sola, sino que debe ir acompañada de otra técnica de conservación como el secado por aire caliente que permita alcanzar la humedad de seguridad de producto.

6. Bibliografía:

- AOAC (1980). Official methods of analysis. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Azuara, E.; Cortes, R.; Garcia, H.S. and Beristain, C.I. (1992). Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *International Journal of Food Science and Technology*, 27: 239-242.
- Chiralt, A. and Fito, P. (2003). Transport mechanisms in osmotic dehydration. The role of the structure. *Food Science and Technology International*, 9(3): 179–186.
- Crank, J. (1975). *The Mathematics of diffusion*, 2nd Ed. Oxford University Press, Oxford, England.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. and Robledo, C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Farid, M.M. (2010). *Mathematical modelling of food processing*. CRC Press; Boca Raton, USA.
- Ferrari, C.C.; Arballo, J.R.; Mascheroni, R.H. and Hubinger, M.D. (2011). Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 436–443.
- Ispir, A. and Togrul, I.T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, 87: 166–180.

- Keqing, X. (2004). Optimización del secado por aire caliente de pera (variedad Blanquilla), Tesis doctoral. Departamento de tecnología de alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Khoyi, M.R. and Hesari, J. (2007). Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, 78: 1355–1360.
- Panagiotou, N.M.; Krokida, M.K.; Maroulis, Z.B. and Saravacos, G.D. (2004). Moisture Diffusivity: Literature Data Compilation for Foodstuffs. *International Journal of Food Properties*, 7(2): 273–299.
- Perumal, R. (2007). Comparative performance of solar cabinet, vacuum assisted solar and open sun drying methods. Thesis M.S. Department of Bio resource engineering McGill University, Montreal, Canada.
- Ramallo, L. and Mascheroni, R.H. (2005). Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(5): 761-770.
- Sabarez, H.T. and Price, W.E. (1999). A diffusion model for prune dehydration, *Journal of Food Engineering*, 42: 167-172.
- Salvatori, D.; Andrés, A.; Chiralt A. and Fito, P. (1999). Osmotic dehydration progression in apple tissue I: spatial distribution of solutes and moisture content. *Journal of Food Engineering*, 42(3): 125–132.
- Spiazzi, E. and Mascheroni, R. H. (1997). Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables. I. Development of the simulation model. *Journal of Food Engineering*, 34: 387–410.

10TCA. RELACIÓN ENTRE ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN Y RETENCIÓN EN UNA MATRIZ DE TREHALOSA/CASEINATO DE UN ACEITE RICO EN Ω -3

ÁLVAREZ CERIMEDO M S^{1,2}, CANDAL R J^{2,3} y HERRERA M L¹

¹Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), Ciudad Universitaria, Departamento de Industrias, 1428 Buenos Aires, Argentina, T.E. 4576-3300 ext 274, Fax 4576-3366, lidia@di.fcen.uba.ar

²Instituto de Química Inorgánica, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Universitaria, Pabellón 2, Piso 3, C1428EHA Buenos Aires, Argentina

³Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia, CP 1650, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Resumen: El objetivo del siguiente trabajo fue relacionar propiedades físicas de las emulsiones como estabilidad con la eficiencia de los polvos deshidratados preparados a partir de ellas para encapsular un nutraceutico fácilmente oxidable y con aromas no deseables como un concentrado comercial de aceite de pescado, especialmente de salmón. Las emulsiones se formularon con dos concentraciones distintas de trehalosa (20 y 30% en peso) y tres concentraciones distintas de un emulsificante natural, la proteína caseinato de sodio. Las concentraciones empleadas fueron 0,5; 2 y 5% en peso. Las muestras con 20 y 30% de trehalosa en peso y 5% de caseinato de sodio correspondieron a emulsiones estables por al menos una semana. La emulsión con 20% de trehalosa demostró la mayor eficiencia para encapsular el aceite de pescado, siendo la matrix de azúcar amorfa como lo revelaron los rayos X y dando un polvo cuyo tamaño de partícula resultó no ser significativamente distinto del de la emulsión inicial.

1. Introducción

Es un hecho aceptado en general por todos los autores que la estabilidad de los lípidos se puede mejorar por encapsulación. La matriz encapsulante forma una barrera física que ofrece protección contra la oxidación sin que haya necesidad de emplear antioxidantes (Hardas y et al., 2002). Los ácidos grasos ω -3 han mostrado tener efectos benéficos en enfermedades crónicas como cáncer, resistencia a la insulina y enfermedades cardiovasculares (Anderson y Ma, 2009). El aceite seleccionado para este estudio es un producto comercial que se emplea como ingrediente en la industria alimentaria. Se obtiene a partir de aceite de pescado, especialmente de salmón y como posee altas concentraciones de PUFA, especialmente eicosapentaenoico (C20:5, EPA), docosapentaenoico (C22:5, DPA) y docosahexaenoico (C22:6, DHA) es adecuado para la formulación de alimentos funcionales enriquecidos como chocolates, yogurt, mermeladas, rellenos, aceites para ensalada, mayonesas y aderezos. El uso de este nutraceutico que es un concentrado de ácidos grasos ω -3 permite a los fabricantes de alimentos controlar el contenido de PUFA en el producto final y enriquecer el mismo con vitamina E. Dado que estos ácidos grasos son muy insaturados y por lo tanto susceptibles a la oxidación es interesante explorar la posibilidad de microencapsularlos para protegerlos del deterioro químico.

Existen diversos métodos para encapsular materiales susceptibles de deterioro. El método usualmente empleado en alimentos es el secado spray ya que es muy económico. Su costo puede resultar entre 30 y 50 veces menor que el de la liofilización de alimentos. Sin

embargo, durante el secado spray la superficie expuesta al calor y oxígeno es muy grande lo que favorece la oxidación si el material de la pared no es lo suficientemente espeso para generar una barrera al oxígeno. La liofilización en cambio se produce a bajas temperaturas, estando el agua del material congelada, lo que evita reacciones en fase acuosa y dado que se opera en vacío se reduce considerablemente la oxidación. Por esta razón es el método preferido para aquellos alimentos en los que los olores y sabores son muy importantes y que tienen además un alto valor agregado como es el caso del café liofilizado. En ambos métodos la eficiencia de encapsulación es comparable (Desobry y et al., 1997).

En microencapsulación, la elección del material encapsulante, del material encapsulado y del emulsificante seleccionado para preparar la emulsión es muy importante dado que afectará la estabilidad de la emulsión previa al secado. Algunos materiales han demostrado tener muy alta capacidad emulsificante y muy buena retención del aceite luego del secado. Los materiales más empleados como componentes de la pared son algunos carbohidratos de bajo peso molecular como las maltodextrinas que tienen una temperatura de transición vítrea elevada y resisten al colapso estructural del polvo y a la formación de tortas (Minemoto y et al., 2002). En este contexto resultan muy interesantes las propiedades fisicoquímicas de un disacárido no reductor, la trehalosa, un conocido crioprotector que se espera sea un buen encapsulante especialmente si el método elegido para preparar los polvos es liofilización, dado que durante este tratamiento de deshidratación no se emplea aire caliente. La trehalosa posee una temperatura de transición vítrea muy alta (alrededor de 100°C) y cuando cristaliza forma habitualmente un di-hidrato. Cuando se encuentra en la forma cristalina la actividad de agua del polvo es baja. Se ha visto que este azúcar es particularmente efectivo para proteger lípidos de la oxidación y para estabilizar sistemas con proteínas y carbohidratos (Hogan et al. 2001).

Hoy en día la industria de alimentos muestra un gran interés por emulsificantes naturales. Entre las proteínas las caseínas son los sistemas más estudiados porque se emplean en una variedad de productos. Sus propiedades funcionales incluyen poder emulsificante y capacidad de unirse a moléculas de agua o de lípidos, de aumentar la viscosidad del sistema y de gelificar. La caseína en una emulsión se agrega para formar partículas polidispersas llamadas micelas. En el sistema micelar de la caseína, el estado micela parece ser el de menor energía libre de todos. La estructura de las micelas y los mecanismos que determinan el tamaño de la micela son de gran interés dado que se relacionan estrechamente con la estabilidad de la emulsión (Fox and Brodkorb, 2008).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue relacionar la estabilidad de seis emulsiones (formuladas con distintas concentraciones de caseinato de sodio, NaCas, y trehalosa) con su habilidad para encapsular un nutraceutico rico en ω -3 obtenido de aceite de pescado. Estas formulaciones presentaron distinta estabilidad física y dieron polvos con propiedades fisicoquímicas diferentes. Por ello se estudió también la influencia de factores como tamaño y distribución de tamaño de gota de la fase lipídica, contenido de agua y estado físico de la matriz en la retención del material encapsulado.

3. Metodología

Materiales

La composición en ácidos grasos del aceite seleccionado para este estudio se determinó con cromatografía gaseosa con detector de masa. Los ácidos grasos en mayor proporción fueron los siguientes: C14:0, C15:0, C16:1, C17:0 ramificado, C17:0 lineal, C18:0, C20:5, C20:4, C20:2, C20:1, C22:6, C22:5, C22:1, C24:1; los mismos se encontraron en los porcentajes que figuran a continuación: 11.81%, 2.64%, 2.08%, 2.16%, 2.39%, 6.94%, 10.90%, 4.58%, 3.66%, 7.65%, 7.96%, 5.21%, 5.66% y 2.06%.

Preparación de la emulsión

La fase acuosa consistió en una solución de trehalosa al 20 o 30% en peso. La fase grasa representó el 10% en peso del total de la emulsión. El caseinato de sodio fue el emulsificante seleccionado. Se emplearon porcentajes de 0.5, 2 y 5% en peso, dando una relación aceite/proteína de 20, 5 y 2, respectivamente. Las fases se mezclaron a 60°C y se homogeneizaron con un Ultra-Turrax T18 (IKA Labortechnik, Janke & Kunkel, GmbH & Co., Staufen, Germany), operado a 20.000 rpm por 1 min. La pre-emulsión resultante de partículas grandes sufrió una segunda homogenización. Fue sometida 20 min a la acción de ondas de ultrasonido proveniente de un procesador VIBRA CELL, modelo VCX (Sonics & Materials, Inc., Newtown, CT, USA), (Álvarez Cerimedo et al., 2008). La temperatura de la emulsión durante este proceso fue controlada por medio de un baño de agua a 15°C de manera que la temperatura de las muestras no superara 40°C. De esta manera se obtuvo una emulsión de tamaño de gota pequeño sin desnaturalizar la proteína. Luego de preparadas las muestras se enfriaron sin agitar hasta temperatura ambiente (22.5°C) y se estudió su estabilidad física con un equipo Turbican TMA 2000 (Formulation, Toulouse, France), (Álvarez Cerimedo et al., 2010) y la distribución de tamaño de gota por medio de técnicas dinámicas de dispersión de luz (DLS) con un equipo Mastersizer 2000 con una unidad dispersora Hydro 2000MU (Malvern Instruments Ltd., UK). Los experimentos se realizaron por duplicado y los valores que se informan son el promedio de dos determinaciones.

Preparación de los polvos liofilizados

Las emulsiones se congelaron con nitrógeno líquido y se almacenaron por 24 h a -80°C antes de liofilizarlas para obtener la mayor cantidad de hielo que se forma en esas condiciones. Se empleó un equipo liofilizador Heto-Holten A/S, modelo CT 110 (Heto Lab Equipment, Allerød, Denmark) operado a -110°C con una presión de $4 \cdot 10^{-4}$ mbar.

Grasa extraíble y encapsulada

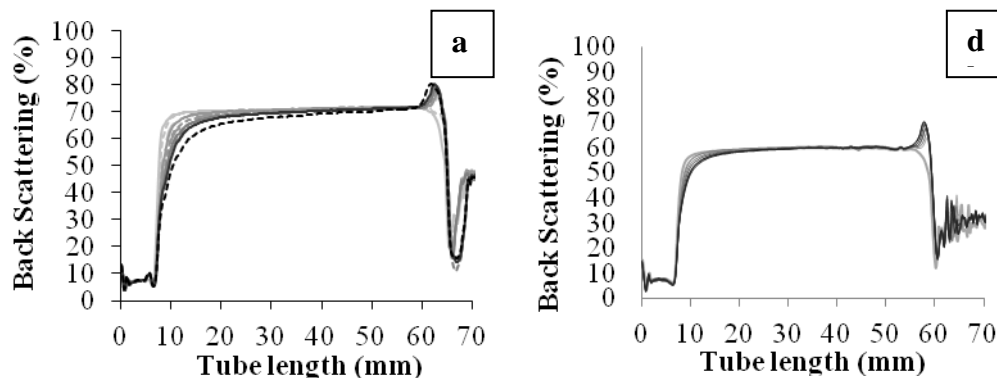
Los polvos obtenidos (6 g) se dispersaron en 45 mL de hexano grado analítico y se agitó por media hora para extraer el aceite no encapsulado. Luego el polvo se filtró y se evaporó el solvente con un rotavapor hasta peso constante. El aceite extraído se pesó para determinar la eficiencia de encapsulación. Luego el polvo libre de grasa extraíble se mezcló con 45 mL de agua y 45 mL de etanol y 3,75 mL de hidróxido de amonio. El aceite de la solución resultante se extrajo con 40 mL de éter sulfúrico. La fase orgánica se recogió, se evaporó el solvente y se pesó. La eficiencia de encapsulación se calculó como el porcentaje del aceite total empleado para preparar la emulsión que representa el aceite encapsulado extraído del polvo lavado.

Determinaciones en los polvos lavados

Se analizó el tamaño y distribución de tamaño de las emulsiones congeladas y posteriormente descongeladas y de las emulsiones obtenidas reconstituyendo los polvos como se indicó previamente. El contenido de humedad se determinó colocando los polvos deshidratados en una estufa de vacío a 98°C por 48 h. La cristalinidad de los polvos se estudió por rayos X empleando un equipo Siemens D 5000 usando una velocidad de barrido de 1°/min desde 5 a 50°. El comportamiento térmico se analizó por calorimetría diferencial de barrido con un equipo DDSC Mettler Toledo modelo 822e (Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland). Se determinaron la temperatura de transición vítrea (T_g), el punto de fusión de la matriz de trehalosa (T_m), y los calores de fusión (ΔH_m) en los polvos deshidratados. El pico de fusión que apareció a una temperatura no significativamente diferente de la de la trehalosa pura se empleó para calcular el porcentaje de cristalización (PC) del di-hidrato de trehalosa presente según la fórmula: $PC = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_T} \times 100$, donde ΔH_m es el área de la endoterma de fusión obtenida para una muestra dada y ΔH_T es el área de la endoterma de fusión correspondiente a la trehalosa pura (149 J/g), (Cardona et al., 1997).

4. Resultados

En la Figura 1 se presentan los cambios en los perfiles de Back Scattering (BS) en función del largo del tubo a distintos tiempos de almacenamiento (las muestras fueron almacenadas por una semana, las flechas indican el sentido en el que transcurrió el tiempo) que sufrieron las emulsiones formuladas con el concentrado de aceite de pescado, en condiciones estancas. Las muestras a), b) y c) contenían trehalosa en proporción de 20% en peso y las muestras d), e) y f) contenían trehalosa al 30% en peso. Las concentraciones de caseinato de sodio fueron: a) y d) 0,5% en peso, b) y e) 2% en peso y c) y f) 5% en peso. Las muestras tenían una altura de 65 mm. Los perfiles de Turbiscan (Figura 1 a y d) muestran que el mecanismo principal de desestabilización para las emulsiones formuladas con 0.5% en peso de caseinato de sodio fue el cremado que ocurrió más lentamente en el caso de la emulsión con 30% de trehalosa. Las emulsiones estabilizadas con 2% en peso de caseinato de sodio cremaron las primeras 10 h pero luego presentaron floculación, el cual fue el mecanismo principal cuando se evaluó la desestabilización a lo largo de una semana (Figura 1 b y e). Las emulsiones estabilizadas con 5% de caseinato de sodio resultaron estables durante todo el tiempo que se almacenaron (1 semana).



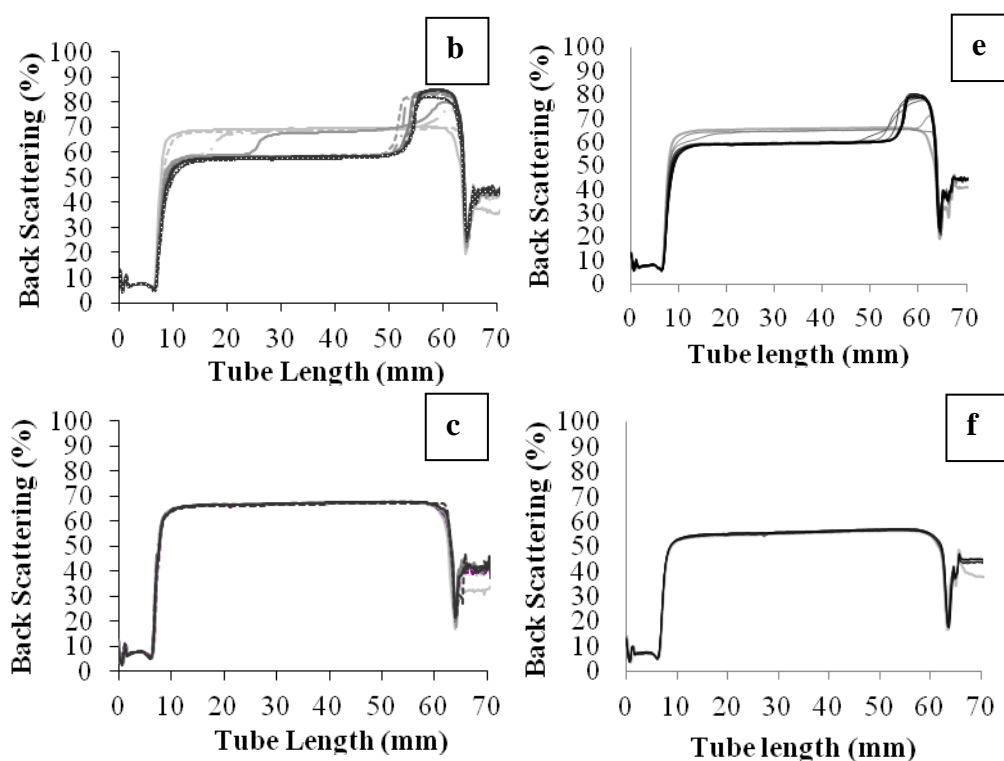


Figura 1. Resultados del estudio de estabilidad empleando un equipo Turbiscan.

Tabla 1. Tamaño medio de la distribución expresada en volumen ($D_{4,3}$, μm), porcentaje de partículas de la distribución en volumen que exceden $1 \mu\text{m}$ ($\%V_{d>1}$), y ancho de la distribución calculado como percentilo 90 menos percentilo 10 (W) de las emulsiones formuladas con 10% en peso de concentrado de aceite de pescado como fase grasa, 20 o 30% en peso de trehalosa y 0,5; 2 o 5% en peso de caseinato de sodio (NaCas). Se evaluaron las emulsiones inmediatamente después de preparadas, descongeladas luego de haber sido congeladas y los polvos reconstituidos con agua en las proporciones de la formulación inicial.

Muestra	Emulsiones			Descongeladas			Polvos reconstituidos		
	$D_{4,3}$	$\%V_{d>1}$	W	$D_{4,3}$	$\%V_{d>1}$	W	$D_{4,3}$	$\%V_{d>1}$	W
20T05NaCas	0.717	11.15	0.976	0.715	19.9	1.298	3.034	45.77	10.134
20T2NaCas	0.535	11.37	0.984	0.532	11.15	0.976	1.149	22.67	2.229
20T5NaCas	0.421	6.37	0.745	0.435	9.31	0.765	0.507	11.27	0.998
30T05NaCas	0.620	15.17	1.177	0.643	15.76	1.203	26.087	82.82	48.301
30T2NaCas	0.458	5.92	0.735	0.512	6.47	0.758	5.683	52.48	15.076
30T5NaCas	0.318	1.09	0.393	0.319	1.20	0.394	1.859	31.45	4.594

Tabla 2. Temperatura de pico, entalpías y grado de cristalización de soluciones de azúcares liofilizadas y de polvos liofilizados.

Muestra	Temperatura de Pico ($^{\circ}\text{C}$)	Entalpía J/g	Porcentaje de Cristalización (%)
Trehalosa 20%	87.2	7.4	5.0

Trehalosa 30%	87.4	12.7	8.5
05NaCas20T	89.5	30.2	20.3
2NaCas20T	89.3	22.2	14.9
5NaCas20T	89.0	3.5	2.3
05NaCas30T	88.9	14.9	10
2NaCas30T	88.8	14.7	9.9
5NaCas30T	89.6	12.4	8.3

Porcentaje de Cristalización: $\frac{\Delta H_m}{\Delta H_T} \times 100$, donde ΔH_m es el área de la endoterma de fusión de una muestra dada y ΔH_T es el área correspondiente a la endoterma de fusión de la trehalosa pura (149 J/g).

Para las muestras de la Tabla 1 en el orden en que se mencionan los grados de retención fueron 28,2; 41,6; 80,0; 1,1; 11,9; 19,1%, respectivamente y el contenido de agua 7,1; 4,9; 5,7; 3,0; 3,8; 3,2%. El mayor porcentaje de retención correspondió a la emulsión que contenía 20% T y 5 % NaCas en peso. Esta emulsión presentó un tamaño de gota pequeño que no creció significativamente al ser congelada y deshidratada, estabilidad física al cremado y coalescencia por al menos una semana, dio el polvo con el menor tamaño de partícula y un contenido de agua de 5,7%. El azúcar de la matriz se encontró en estado amorfo como se evidenció por difracción de rayos X. Los termogramas obtenidos por calorimetría diferencial de barrido mostraron una T_g a 65°C. Los porcentajes de cristalización calculados como se indicó a partir de los diagramas de DSC para estas muestras se resumen en la Tabla 2. Como puede observarse en concordancia con los resultados hallados por rayos X la emulsión formulada con 20% de trehalosa y 5% en peso de caseinato de sodio resultó mayormente amorfa. Las otras emulsiones dieron polvos con matrices cristalinas que resultaron tener pobres propiedades encapsulantes.

5. Conclusiones

Estos estudios muestran la importancia de las interacciones entre el material encapsulado, la matriz encapsulante y el emulsificante en el grado de retención de un material hidrofóbico en una matriz hidrofílica.

6. Bibliografía

- Álvarez Cerimedo, M. S.; Cerdeira, M.; Candal, R. J.; Herrera, M. L. (2008). Microencapsulation of a low-trans fat in trehalose as affected by emulsifier type. *Journal of American Oil Chemists' Society* 85:797–807.
- Álvarez Cerimedo, M. S.; Huck-Iriart, C.; Candal, R. J., Herrera, M. L. (2010). Stability of emulsions formulated with high concentrations of sodium caseinate and trehalose. *Food Research International* 43:1482-1493.
- Anderson, B. M.; Ma, D. W. L. (2009). Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal? *Lipids in Health and Disease*, 8:33–52.
- Cardona, S.; Schebor, C.; Buera, M. P.; Karel, M.; Chirife, J. (1997). Thermal stability of invertase in reduced moisture amorphous matrices in relation to glassy state and trehalose crystallization. *Journal of Food Science* 62:105–112.
- Desobry, S. A.; Netto, F. M.; Labuza, T. P. (1997). Comparison of spraydrying, drum-drying and freeze-drying for β -carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science* 62:1158–1162.
- Fox, P. F.; Brodtkorb, A. (2008). The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. *International Dairy Journal* 18:677-684.

Hardas, N.; Danviriyakul, S.; Foley, J.L.; Nawar, W.W.; Chinachoti, P. (2002). Effect of relative humidity on the oxidative and physical stability of encapsulated milk fat. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 79:151–158.

Hogan, S. A.; McNamee, B. F.; O'Riordan, E. D.; O'Sullivan, M. (2001). Microencapsulating properties of sodium caseinate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:1934–1938.

Minemoto, Y.; Hakamata, K.; Adachi, S.; Matsuno, R. (2002). Oxidation of linoleic acid encapsulated with gum arabic or maltodextrin by spray-drying. *Journal of Microencapsulation* 19:181–189.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por CONICET, por ANPCyT y por la Universidad de Buenos Aires. Los autores desean agradecer a la compañía SPES por la donación del concentrado de aceite de pescado.

11TCA. TRATAMIENTO CON CALCIO EN CEREZAS EN CONSERVA Y SU INTERACCION CON ANHÍDRIDO SULFUROSO.

CREMADES, L. B. ^{1,2}; ZURITZ, C. A. ^{1,2}

¹Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Chacras de Coria Mendoza, Argentina, ²CONICET.

lcremades@conicet.gov.ar,

Resumen: El siguiente trabajo pretende dar soluciones tecnológicas a la industria de procesado de cerezas en conserva, actividad ampliamente desarrollada en la provincia de Mendoza dado que en ella se concentra un poco más del 50% de las plantaciones de cerezos del país. Actualmente, esta actividad enfrenta el desafío de transformar sus prácticas artesanales en procesos con respaldo científico-tecnológico.

Para ello, es necesario identificar etapas críticas de proceso. Dado que el agregado de aditivos reviste importancia trascendental para obtener un producto de alta calidad, es que centraremos nuestro análisis en esta etapa.

El siguiente trabajo está centrado en el estudio de penetración de calcio y anhídrido sulfuroso utilizados como aditivos en cerezas destinadas a producción de conservas. El propósito de este estudio fue analizar la absorción de calcio en cerezas (*Prunus avium L.*) tipo "REINER", y su posible interacción con el anhídrido sulfuroso. Dado que el calcio se acumula en la pared celular e interacciona con el con el ácido péctico para dar estabilidad e integridad a la estructura celular (Poovaiah, 1986), además de contribuir a la reducción de la permeabilidad de las membranas celulares y con ello la absorción de agua (Bangerth al., 1972; Faust y Shear, 1972; Poovaiah, 1986); es posible que este último efecto interfiera en la penetración del anhídrido sulfuroso.

En relación a la incorporación de estos dos aditivos, a nivel industrial ambos, se agregan simultáneamente (por cuestiones de practicidad) y en cantidades fijadas por tradición sumergiendo el fruto en una solución que contiene cloruro de calcio y metabisulfito de sodio, permitiendo así que los dos aditivos difundan al mismo tiempo.

Para llevar adelante este estudio, se realizó un ensayo de laboratorio en el que se evaluó la penetración de calcio y anhídrido sulfuroso en 3 ensayos paralelos empleándose 3 combinaciones diferentes de concentraciones de ambos solutos: ensayo 1 (23.200 mg/l metabisulfito de sodio; 11.000 mg/l CaCl₂); ensayo 2 (46.300 mg/l metabisulfito de sodio; 27500mg/l CaCl₂); y ensayo 3 (69.500 mg/l metabisulfito de sodio; 44000mg/l CaCl₂). El estudio de penetración se llevó a cabo tomando muestras en cada ensayo en distintos tiempos. Los resultados no muestran interacción alguna en la difusión de los solutos.

1. Introducción

La industria de procesado de cerezas en conserva es una actividad ampliamente desarrollada en la provincia de Mendoza dado que en ella se concentra un poco mas del 50% de las plantaciones de cerezos del país (fuente PROFRUTAL). Si bien el principal destino de las cerezas cultivadas es el consumo en fresco, una parte minoritaria va destinada a la industrialización y el mercado final de este producto tiene altas exigencias de calidad, dentro de las que se incluyen: sabor, textura, firmeza, presencia de sustancias conservantes, entre otras. Actualmente, esta actividad enfrenta el desafío de transformar

sus prácticas artesanales en procesos con respaldo científico-tecnológico. Para abordar este estudio identificaremos las operaciones y procesos que puedan alterar la materia prima y aquellos que involucren cambios químicos en el fruto, que serán en última instancia las etapas que luego fijarán atributos de calidad en el producto terminado. El acondicionamiento del fruto involucra la manipulación continua de mismo, además de estar sometido a operaciones de mezclado que pueden dañarlo. Para prevenir este tipo de deterioro la cereza se somete a un tratamiento con calcio. Además de alteración oxidativa que sufre como consecuencia de la acción de enzimas y reacciones químicas propias de un tejido vegetal; que suele retardarse con el uso de anhídrido sulfuroso. Podría considerarse, entonces, que dentro de las etapas que introducen valor al fruto, la más importante es el tratamiento con aditivos. Como se mencionó las cerezas se someten a un tratamiento de inmersión en una solución de cloruro de calcio y metabisulfito de sodio etapas de pre-tratamientos que permiten: modificar la textura y rigidez del fruto para reducir daños por golpes, y retardar la acción oxidativa enzimática y no enzimática que se inicia una vez que la cereza ha sido separada de la planta.

En relación al uso de estos aditivos cabe mencionar que numerosos estudios han demostrado la importancia fundamental del calcio como nutriente esencial en las plantas y frutos (White y col, 2003). Conjuntamente con esto, es sabido que el calcio produce cambios fisiológicos en la epidermis y el mesocarpio necesarios para obtener un producto de textura más firme (Lara y col., 2004; Bangerth al., 1972; Mason, 1976; Conway y Sams, 1984; Poovaiah, 1986). Al respecto, Romero et al. (2006) mostraron que el Ca interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, reestructurando la integridad de ambas estructuras y que en la medida que aumentan sus concentraciones tiende a existir un incremento de la firmeza, disminución de la intensidad respiratoria y una menor sensibilidad del fruto a diversos desórdenes fisiológicos. Al mismo tiempo, contribuye a reducir la permeabilidad de las membranas celulares, y con ello reduce la absorción de agua.

Por otro lado, el anhídrido sulfuroso es empleado como conservante temporal de frutas, dado que su acción antioxidante y antiséptica es muy eficiente en relación a otros conservantes. En cuanto a su acción antioxidante, el mecanismo de acción está ligado a la captación del oxígeno, lo cual reduce los procesos oxidativos del fruto. Aunque produce decoloración y en altas concentraciones alteración del sabor natural, en la elaboración de cerezas en conserva esto no reviste mayor importancia dado que la coloración de las mismas se hace mediante colorantes artificiales, y las concentraciones de anhídrido que quedan luego del desulfitado son suficientemente bajas para no producir cambios apreciables en el sabor del fruto.

A nivel industrial, estos dos aditivos se incorporan al fruto simultáneamente, sumergiendo el fruto en una solución que contiene cloruro de calcio y metabisulfito de sodio, permitiendo así que los dos aditivos difundan al mismo tiempo. El objetivo de este trabajo está centrado en el estudio de penetración de calcio y anhídrido sulfuroso, evaluando que capacidad de absorción presenta el calcio a distintas concentraciones y si limita la capacidad de penetración del metabisulfito de sodio. A partir de estos estudios, será posible definir variables de proceso que contribuyan a mejorar las prácticas industriales y el proceso de conservación de frutas.

2. Objetivos

- Estudiar el proceso de penetración de calcio y anhídrido sulfuroso en el procesamiento de cerezas para elaboración de conservas.
- Evaluar posible interacción en la difusión de estos compuestos.

3. Metodología

Procedencia de las muestras

En el experimento se utilizaron muestras de cerezas (*Prunus avium L.*) tipo “REINER”, variedad empleada comúnmente en Mendoza para elaboración de cerezas en conserva por ser de tamaño uniforme y tener buena firmeza. Las mismas se adquirieron en una finca ubicada en el Departamento de Luján de Cuyo. La temporada de cosecha se extiende desde mediados de noviembre hasta mediados de diciembre.

Caracterización de las cerezas

Previo al pre-tratamiento de las cerezas, se determinaron las características físico-químicas de las mismas, sobre un muestra de 20 cerezas. Los parámetros que se midieron fueron: humedad por secado en estufa a 103° C (AOAC, 1995), cenizas por incineración en mufla a 550°C (Métodos de análisis de tejidos vegetales, 2007), pH con potenciómetro digital, consistencia con penetrómetro manual de émbolo 1 mm, peso promedio de las cerezas empleando balanza analítica, acidez titulable con NaOH 0,1 N. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 1. Parámetros físico-químicos

FÍSICOS		
<i>parámetro</i>	<i>promedio</i>	<i>Desv. St.</i>
Peso (g)	9.168	0.981
Consistencia (émbolo 1mm)	215	7
Humedad %	82.80%	0.029
Cenizas (por unidad de masa seca de cereza en g/g)	0.028	0.003
QUÍMICOS		
<i>parámetro</i>	<i>promedio</i>	<i>Desv. St.</i>
pH	3.78	0.02
Acidez titulable % p/p en ác. cítrico	0.63%	0.00
°Brix	17.98	0.65

Preparación de las muestras.

En el ensayo se usaron cerezas tipo “Reiner”, con palo, que fueron seleccionadas según el tamaño, procurando además, eliminar todas aquellas que presentaban daños en la piel y en la pulpa (golpes, magulladuras, manchas, entre otros). Las mismas se lavaron previas a su almacenamiento, para eliminar todo tipo de suciedad presente en la piel.

Se prepararon 9 bidones de 7 litros de capacidad en los que se colocaron 3 Kg de cerezas y 3 kg de agua como líquido de cobertura (peso total del bidón 6 kg). En dicho líquido se disolvió cloruro de calcio y metabisulfito de sodio, en la proporción que se observa a continuación en la tabla 2. Cabe aclarar que el uso de cloruro de calcio y de metabisulfito como fuentes de calcio y anhídrido sulfuroso respectivamente, se fijó de acuerdo a los insumos que se utilizan en la industria para la preparación de cerezas en conserva. Una vez homogeneizadas las soluciones, se taparon los bidones y se almacenaron en un lugar cerrado, procurando que la temperatura no superara los 25° C, ya que temperaturas mayores favorecen la eliminación de SO₂ por volatilización.

Tabla 2. Cantidad de aditivos disueltos en cada ensayo.

	Cant. de cloruro de calcio (mg/l ¹)	Cant. de metabisulfito ² (mg/l ¹)
Ensayo 1	10000	6800
Ensayo 2	19600	13200
Ensayo 3	25300	17900

¹ La cantidad de cada aditivo que se adicionó a los bidones se calculó en base a los 3 litros de agua (líquido de cobertura).

² La cantidad metabisulfito pesado para cada ensayo se calculó considerando un 50% de rendimiento de esta sal en SO₂.

Cada ensayo se hizo por triplicado (3 bidones por 3 ensayos), para contar con suficiente cantidad de muestras para los análisis y para poder evaluar reproducibilidad del ensayo.

En este experimento se sometió a la cereza a 3 tratamientos diferentes de cloruro de calcio y anhídrido sulfuroso para poder determinar si existe o no influencia del tratamiento de calcio en la penetración del anhídrido sulfuroso; teniendo en cuenta que el calcio produce alteración en la estructura fisiológica de la piel y la pulpa, y disminuye la permeabilidad de la piel.

Determinación de anhídrido sulfuroso.

Se determinó la concentración de anhídrido sulfuroso libre, combinado y total tanto en las cerezas como en el líquido de cobertura. Para evaluar la penetración de anhídrido sulfuroso a través de la epidermis y pulpa de cerezas, se tomaron 10 cerezas por muestra, que fueron trituradas cuidadosamente para no eliminar el SO₂ libre. De esta pasta de cerezas homogeneizada, se tomaron 10g para la determinación de SO₂ por el método Ripper, y a su vez cada determinación se hizo por duplicado. Sobre estas muestras se determinó anhídrido sulfuroso libre, combinado y total.

En el caso del líquido de cobertura, se tomaron muestras de 10 ml de líquido sobre el cual se determinó en contenido de SO₂ por el mismo método.

Cuantificación del calcio en cereza.

El calcio se determinó por volumetría con EDTA, sobre el residuo mineral de muestras de cerezas calcinadas a 550° C. La cantidad inicial de cereza que se pesó en las cápsulas de porcelana fue 1g. Por tratarse de un fruto con alto contenido de humedad, previo a la calcinación en mufla, las muestras de cerezas se secaron en estufa a 80° C hasta evaporación total del agua “libre”, posteriormente se sometieron a un proceso de pre-incineración a fuego directo, para evitar pérdidas de muestra por salpicaduras.

En el caso del líquido de cobertura, se tomaron muestras de 10 ml de líquido sobre el cual se determinó en contenido de Ca por el mismo método.

4. Resultados

Para cada ensayo, se tomaron muestras de cereza y de líquido de cobertura, durante un lapso total de tiempo de 504 horas, en tres períodos de tiempo.

Se analizaron algunos parámetros químicos en las cerezas durante este período de tiempo. Como se ve en el gráfico 1, el contenido de agua de las cerezas se incrementa en un 10% respecto a la humedad original del fruto fresco. Este dato fue tenido en cuenta para poder expresar las concentraciones de calcio y anhídrido sulfuroso en base seca de materia.

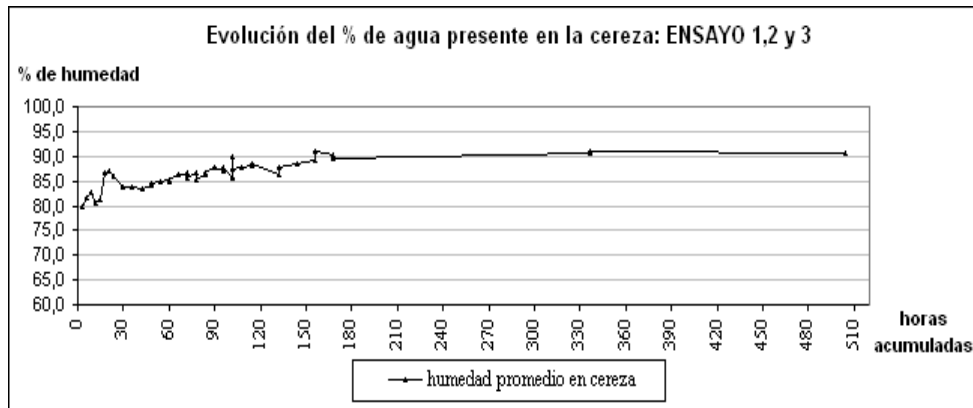


Gráfico 1– Contenido de humedad promedio en las muestras de cereza extraídas.

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de cereza, extraídas durante los 21 días, para diferentes tratamientos de calcio, no muestran indicios de interacción entre los componentes en presencia de anhídrido sulfuroso. Cabe resaltar el hecho de que la cantidad total de calcio que se absorbe es proporcional a la concentración de la solución de tratamiento, pero aunque el porcentaje de penetración de calcio fue considerable en cada ensayo, esto no mostró interferencias significativas sobre el SO₂. A continuación se muestran los gráficos de seguimiento de la penetración de Ca en la cereza y en el líquido de tratamiento para el ensayo 1 ensayo 2 y ensayo 3.

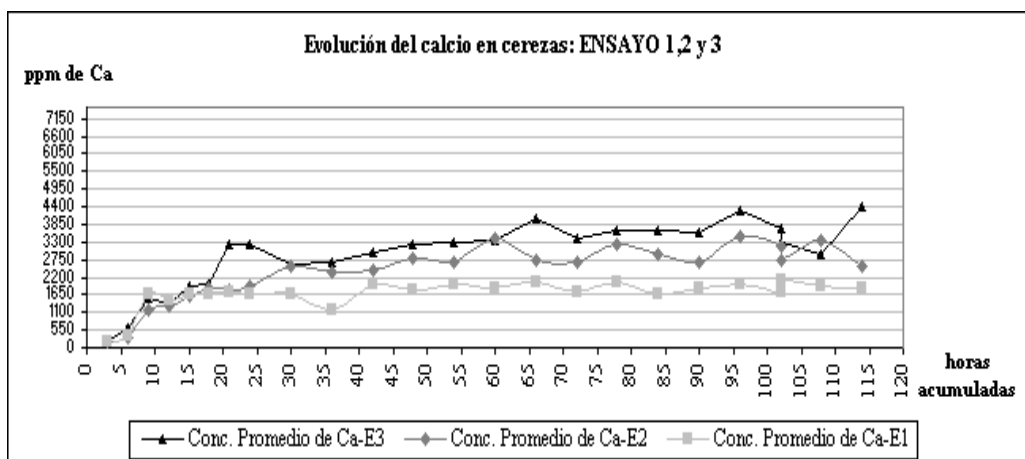


Gráfico 2– Contenido de calcio (ppm en base seca) en las muestras. Comparación de los 3 ensayos.

En el gráfico 3 se muestra la evolución de la concentración de calcio en la solución de tratamiento de las cerezas. Puede verse que en el ensayo de menor concentración de calcio, la misma se redujo tan sólo un 10% aproximadamente al cabo de 21 días, mientras que en los otros dos ensayos la concentración final muestra una disminución del 20% en relación a la cantidad original de calcio que se disolvió.

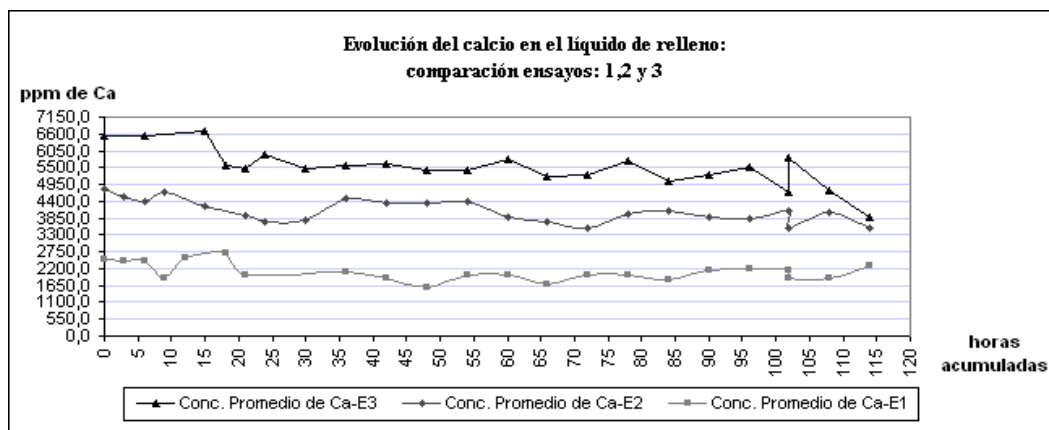


Gráfico 3– Contenido de calcio (ppm en base seca) en las muestras. Comparación de los 3 ensayos.

Esta disminución del calcio en solución está relacionada con la penetración de calcio en las cerezas, pues la proporción con que el calcio se absorbe en el fruto coincide con la proporción con que este compuesto se reduce en la solución. Esto evidencia que no existen interferencias en la absorción de calcio. Aunque, por otro lado, dichas variaciones de concentración en el líquido están ligadas al equilibrio de solubilidad del sulfato de calcio que se forma como precipitado al combinar altas concentraciones de calcio y anhídrido sulfuroso.

Por otro lado, el análisis de la absorción de anhídrido sulfuroso mostró un comportamiento bastante regular frente a la presencia de diferentes concentraciones de calcio, como puede verse en el gráfico 4. En los tres ensayos, para diferentes concentraciones de anhídrido, el grado de penetración fue proporcional a la concentración de dicho soluto.

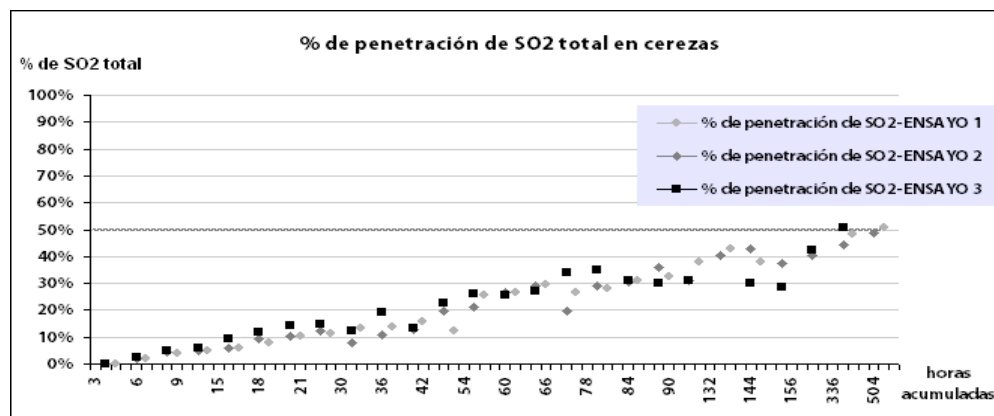


Gráfico 4– Comparación los porcentajes de penetración de anhídrido sulfuroso: ensayo 1, 2 y 3.

Este gráfico muestra que al cabo de 21 días se logra absorber el 50% del SO₂ contenido en la solución.

Al igual que en el caso del calcio, las concentraciones de anhídrido en el líquido disminuyeron proporcionalmente a la penetración en el fruto.

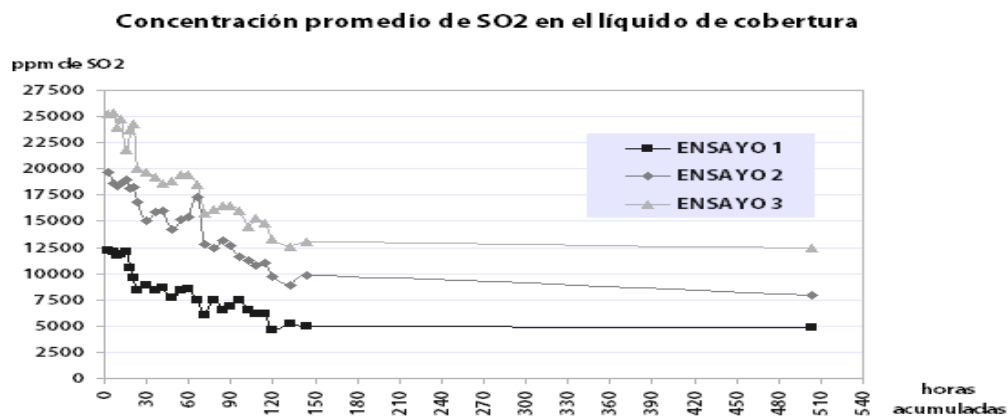


Gráfico 5-

Contenido de calcio (ppm en base seca) en las muestras. Comparación de los 3 ensayos.

5. Conclusiones

Los resultados muestran que, si bien la presencia de calcio altera las condiciones fisiológicas principalmente de la piel de la cereza (Bangerth al., 1972; Mason, 1976; Conway y Sams, 1984; Poovaiah, 1986), ya que modifica la permeabilidad de la misma y altera los procesos de respiración (White y Broadley, 2003), esto no modifica las condiciones de penetración del SO₂; al menos en condiciones en las que el anhídrido sulfuroso se encuentra en altas concentraciones. Esto permite definir nuevas condiciones de tratamiento para las cerezas, evitando usar cantidades excesivas de anhídrido, que luego deben ser eliminadas para alcanzar concentraciones admitidas por el Código Alimentario Argentino. Además, el uso excesivo de anhídrido sulfuroso promueve la formación de un precipitado de calcio (sulfato de calcio) que conlleva la pérdida de ambos aditivos.

6. Bibliografía

- Bangerth, F. (1979). Calcium related physiological disorders of plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17: 97-122.
- Código Alimentario Argentino.
- García Mendez A. D. y Praderas Cárdenas G. M. (2010). "Influencia del Cloruro de Calcio y de un Tipo de Empaque sobre las Propiedades Fisicoquímicas y la Textura de la Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Durante el Almacenamiento" *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín* 63(1): 5417-5427.
- Romero-Gomezcaña N. R., Saucedo-Veloz C., Sánchez-García P., Rodríguez-Alcázar J.,González-Hernández V. M., Rodríguez-Mendoza M. N. y Báez-Sañudo R. (2006). "Aplicación Foliar De Ca(NO₃)₂: Fisiología Y Calidad De Frutos De Mango 'Haden'. Publicado como nota de investigación en *Terra Latinoamericana* 24: 521-527.
- Poovaiah, B. W. 1986. Role of calcium in prolongin storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40: 86-89.
- Taiz L. y Zeiger E. (2006), "Fisiología Vegetal", volumen I, 3° de., Universitat Jaume, 2006. Unidad I, capítulo 5.
- White P. y Broadley M. (2003), Calcium in Plants, *Annals of Botany*, Vol. 92, pp. 487-511.

12TCA. MOLIENDA DE ARROZ EN MOLINO PLANETARIO

LOUBES, M. A. ¹; AGUERRE, R. J. ²; TOLABA, M. P. ¹

¹Departamento de Industrias - Fac. de Ciencias Exactas y Naturales -Universidad de Buenos Aires - 1428 - Buenos Aires - Argentina - mtolaba@di.fcen.uba.ar

²Depto. Tecnología - Universidad Nacional de Luján - 6700 - Luján - Argentina.

Resumen: La obtención de harina por molienda seca provoca daño térmico, el cual puede estimarse mediante el porcentaje de almidón dañado (PAD) o la pérdida de cristalinidad (C). Es sabido que el daño térmico resulta dependiente del método y de las condiciones de molienda, favorece la absorción de agua y la producción de hidratos de carbono fermentables, los cuales tienen influencia en los procesos de panificación y de elaboración de pastas. En este trabajo se estudió la molienda seca de arroz pulido en un molino planetario de bolas de alto impacto (PM100, Retsch Co., Germany) con el propósito de determinar su efecto sobre la distribución de tamaño de partícula (DTP), grado de dispersión (span) y el PAD de la harina obtenida. Se adoptó como referencia harina de arroz obtenida por molienda seca tradicional (272 μ m, PAD= 2,7 %, C= 36%, span= 1,172). Utilizando una proporción bolas/arroz de 3,35:1, se investigó mediante un diseño multifactorial la influencia de la velocidad de rotación (450-650 rpm) y del tiempo de molienda (10-20 min). El PAD fue determinado mediante un método enzimático. La pérdida de cristalinidad fue evaluada mediante difracción de rayos-x resultando comprendida entre 8 y 44%. Para establecer la DTP se utilizó la técnica de tamizado, se aplicó el modelo de Rosin-Rammler-Bennet (RRB) para estimar la granulometría y homogeneidad de la harina (span). Mediante el método RSM se determinó el efecto significativo del tiempo (lineal) y de la velocidad de molienda (cuadrático) sobre los parámetros del modelo de RRB. Al incrementar el tiempo mejoró la homogeneidad y la DTP se desplazó a menores valores salvo para 650 rpm donde se observó aglomeración de la harina. El incremento de la velocidad y del tiempo de molienda provocó un aumento del PAD encontrándose los valores comprendidos entre 9,7 y 16,6%. Se determinaron las condiciones de molienda óptimas (550 rpm, 20 min) las cuales proporcionaron una harina 76% más homogénea que el control, con un PAD de 14% y una granulometría similar a la del control (282 μ m).

1. Introducción:

Existen numerosas aplicaciones de la harina de arroz, entre ellas encontramos panificados y pastas libres de gluten, alimentos para bebés y comidas asiáticas tradicionales (An-I Yeh, 2004). La harina de arroz también es apta para la elaboración de films biodegradables, área de investigación en desarrollo en años recientes (Dias y col., 2011).

La molienda seca de arroz para la obtención de harina, es un método de bajo costo en comparación con la molienda húmeda o semi-húmeda (Champagne, 2004). Las características funcionales de la harina dependen del tipo de molino utilizado y de las condiciones de molienda (Yang, 1994; Chen, 1995).

En el área de alimentos, existen escasas publicaciones referidas al uso del molino planetario. Estas mencionan las modificaciones de almidones por activación mecánica (Martínez-Bustos y col., 2007; Han y col., 2007; Anzai y col., 2010).

2. Objetivos:

El propósito fue determinar el efecto del uso del molino planetario de bolas en las características de la harina de arroz, para ello se aplicó el método de superficies de respuesta. La calidad de la harina se evaluó en términos de la distribución de tamaño de partículas, el porcentaje de almidón dañado y la pérdida de cristalinidad. Las condiciones de molienda involucraron variaciones de la velocidad de rotación y del tiempo de molienda. El criterio de optimización fue obtener el menor tamaño de partícula con la distribución más homogénea evaluando para esta condición el contenido de almidón dañado.

3. Metodología:

Material

Se utilizó arroz comercial (Molinos Río de la Plata S.A., Buenos Aires, Argentina) de tipo largo fino con un contenido intermedio de amilosa (23,7 g/100 g) cuyo humedad fue del 11,5 % (base seca). La composición del grano fue determinada en base a los métodos standard (AOAC, 1995) la misma resultó en: almidón (59.8 g/100 g b.s.), fibra (18.7 g/100 g b.s.), grasa (2.8 g/100 g b.s.), proteína (9.9 g/100 g b.s.; N x 6.25), y ceniza (5.4 g/100 g b.s.).

Molienda seca de arroz

Se llevó a cabo la molienda de arroz pulido en un molino planetario de alto impacto (PM100, Retsch Co., Alemania). La muestra (200 g) se colocó en una jarra de óxido de zirconio (500 ml), se usaron bolas de 30 mm de diámetro siendo 3,35:1 la proporción bolas/arroz. En base a ensayos previos se estableció un protocolo de molienda para evitar el calentamiento excesivo del arroz, el mismo comprendió períodos de molienda y pausa de 5 y 40 minutos respectivamente. Se estableció un diseño factorial de dos factores: velocidad de rotación (450-650 rpm) y tiempo de molienda (10-20 minutos). Las condiciones experimentales se muestran en la Tabla 1. Como control se adoptó harina de arroz obtenida en un molino de Butt (Decalab Fbr®, Buenos Aires, Argentina).

Porcentaje de almidón dañado

Fue determinado mediante el método 76-30A de AACC (1995) el cual se basa en el uso de un kit enzimático (Megazyme International Ireland Ltd., Irlanda). Los resultados se expresan como g de almidón dañado/100 g de harina seca.

Distribución de tamaño de partícula

Fue determinada en base a 200 g de harina por tamizado durante 20 minutos utilizando una serie de tamices ASTM (40, 45, 60, 80, 100, 120, 140, 200, 270 y 325 mesh) y un agitador mecánico Zonytest. El peso de las once fracciones se registró en una balanza analítica de precisión (± 0.5 g).

La frecuencia acumulada (Y) se ajustó en función del diámetro promedio de partícula (x) de acuerdo al modelo de Rosin-Rammler-Bennet (RRB) expresado mediante la siguiente ecuación (Holdich, 2002):

$$Y = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{x_{63.2}} \right)^n \right] \quad (1)$$

Dónde $x_{63.2}$ representa el tamaño correspondiente a la fracción acumulada del 63.2% de la muestra y n es el índice de uniformidad.

Cristalinidad

Se determinó mediante difracción de rayos-x (DRX) en un difractor Philips PW1730/10 (Holanda) bajo las siguientes condiciones: $2\theta = 0-60^\circ$ (ángulo de difracción), velocidad del barrido 4.0 °/min. La cristalinidad (C) se calculó en base a la relación entre las áreas cristalina (I_c) y amorfa (I_a) según la expresión:

$$C (\%) = \frac{I_c}{(I_a + I_c)} \times 100 \quad (2)$$

Análisis estadístico

Cada una de las respuestas estudiadas (Z_K , $K=1, \dots, p$) se modeló en función de las condiciones de molienda en términos de las variables codificadas (x_1 =velocidad, x_2 = tiempo) usando un polinomio de segundo grado (Khuri y Cornell, 1987):

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n a_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

$i < j$

Dónde a_0 , a_i y a_{ii} representan los coeficientes correspondientes a los términos constante, lineal y cuadrático respectivamente. La interacción entre los factores estudiados esta dada por el coeficiente a_{ij} . Se aplicó una codificación lineal asignando los valores codificados 1 y -1 a los extremos superior e inferior del rango experimental establecido para cada una de las variables. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa estadístico Statgraphics Plus ® versión 5.1 (Statistical graphics Corporation, U.S.A.).

4. Resultados y discusión:

La Tabla 1 muestra el diseño experimental utilizado en términos de las variables operativas del molino (variables experimentales y codificadas) y los valores del porcentaje de almidón dañado. Puede apreciarse que los valores de almidón dañado resultaron en todos los casos superiores al valor del control (PAD= 2,7%). El incremento tanto de la velocidad como del tiempo de molienda ocasionó un significativo aumento del porcentaje de almidón dañado.

Tabla 1 – Condiciones experimentales y valores promedio de almidón dañado.

N°	Velocidad (rpm)		Tiempo (min)		PAD (% , base seca)
	Valor Experimental	x_1	Valor Experimental	x_2	
1	450	-1	10	-1	9,7
2	450	-1	20	1	13,0
3	550	0	10	-1	12,3
4	550	0	20	1	14,0
5	650	1	10	-1	14,2
6	650	1	20	1	16,6

El efecto de las condiciones de molienda sobre el PAD se determinó mediante RSM, resultando el siguiente polinomio en función de las variables del proceso de molienda:

$$PAD (\%) = 13,18 + 2,0x_1 + 1,25x_2 + 0,188x_1^2 - 0,26x_1x_2 \quad (4)$$

El método RSM proporcionó un ajuste satisfactorio de los datos ($r^2 = 0,9638$) siendo significativos los efectos lineales de la velocidad y del tiempo de molienda.

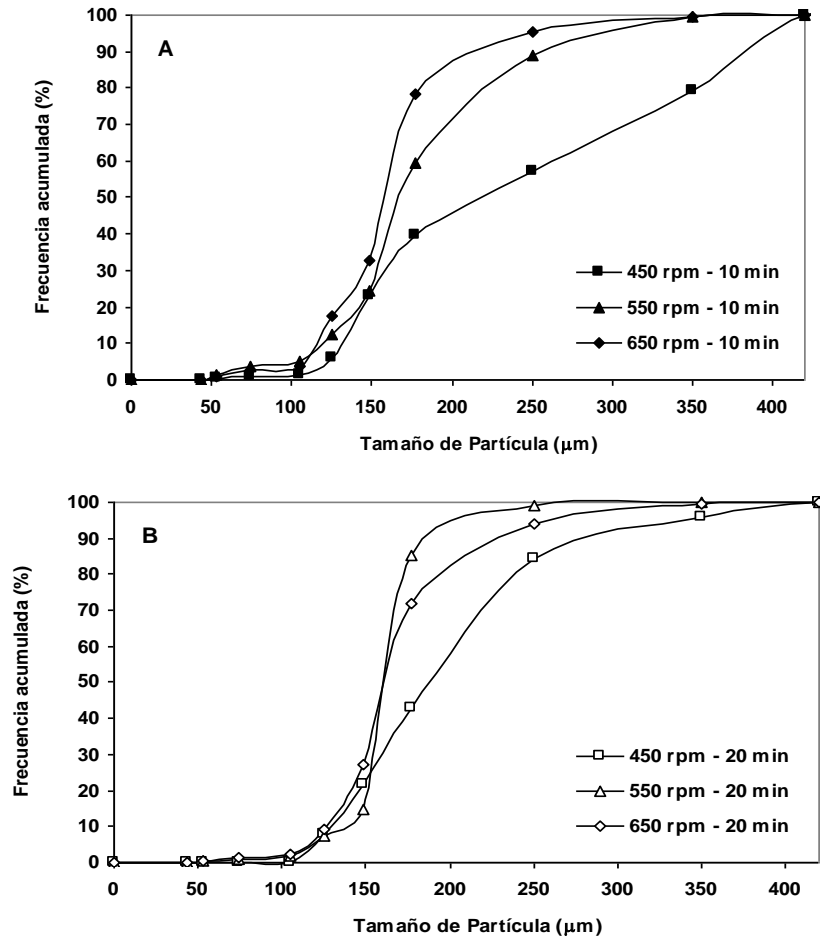


Figura 1 – Distribución de frecuencia acumulada. A: 10 minutos de molienda, B: 20 minutos de molienda

El menor valor de PAD (9,7%) se obtuvo a 450 rpm y 10 minutos de molienda.

La Figura 1 muestra las curvas de frecuencia acumulada para 10 minutos (Figura 1.A) y 20 minutos (Figura 1.B) de molienda. Puede apreciarse en la Figura 1.A un desplazamiento hacia la izquierda (menores valores de tamaño de partícula) a medida que se incrementa la velocidad de molienda. Al incrementar el tiempo de molienda las sigmoideas correspondientes a diferentes velocidades de rotación están más juntas y se observa cierto efecto aglomerante (mayor tamaño de partícula) al trabajar a 650 rpm (ver Figura 1.B).

La Tabla 2 muestra los parámetros de la ecuación de Rosin-Rammler-Bennet correspondientes a las DTP obtenidas en función de las condiciones de molienda.

Tabla 2 – Valores de los parámetros del modelo de Rosin-Rammler-Bennet (ec. 1).

Nº	<i>N</i>	$x_{63,2}$ (µm)	r^2	span ^a
1	3.75	374	0,9778	1,156
2	5.51	336	0,8247	0,798
3	3.81	297	0,9857	0,808
4	5.17	282	0,9891	0,275
5	3.91	282	0,9847	0,596
6	4.43	297	0,9903	0,631

^aspan= (D₉₀-D₁₀)/D₅₀

Los mismos se obtuvieron mediante regresión no lineal. Puede verse que el índice de uniformidad (*n*) aumenta con el tiempo de molienda mientras que $x_{63,2}$ muestra en general un comportamiento opuesto. Sin embargo cabe señalar que a 650 rpm se observó un efecto anómalo debido a la aglomeración de las partículas. Posiblemente este fenómeno está asociado al nivel de activación mecánica alcanzado con esta velocidad de molienda. Utilizando el método MSR se determinó que el efecto de las condiciones de molienda sobre el índice *n* no resultó significativo. Por lo tanto no fue posible evaluar la uniformidad de las harinas con este índice. La ecuación (5) describe satisfactoriamente ($r^2=0.9994$) el efecto de las condiciones de molienda sobre $x_{63,2}$:

$$x_{63,2} = 289,6 - 32,5 x_1 - 6,13 x_2 + 32,5 x_1^2 + 13,4 x_1 x_2 \quad (5)$$

El tamaño de partícula característico ($x_{63,2}$) fue afectado significativamente por la velocidad de rotación (efecto cuadrático) y por el tiempo de molienda (efecto lineal) siendo significativa la interacción entre factores- Estos efectos pueden apreciarse en la Figura 2 que muestra la superficie predicha para esta respuesta. El menor tamaño de partícula predicho a partir del análisis de optimización resultó 279 µm, el cual corresponde a una velocidad de rotación de 620 rpm y 20 minutos de molienda. Con el fin de evaluar la homogeneidad se calculó el “span” en base a los percentilos 90, 10 y 50 obtenidos del diagrama de distribución de frecuencia acumulada (ver expresión usada al pie de la Tabla), los valores se muestran en la Tabla 2. Mediante el método MSR se encontró que los valores de span estuvieron afectados por las condiciones de molienda en forma significativa. La optimización multirespuesta mostró que puede obtenerse harina de fina granulometría (282 µm) la cual presenta un valor de “span” de 0,275 realizando la molienda a 550 rpm por 20 minutos.

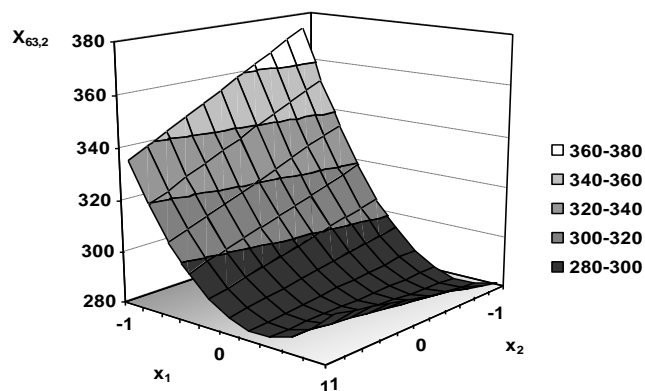


Figura 2 – Superficie predicha del tamaño de partícula característico ($x_{63,2}$) según el modelo de RRB en función de las variables codificadas: velocidad (x_1) y tiempo de molienda (x_2).

La Figura 3 muestra los difractogramas correspondientes a 20 minutos de molienda en función de la velocidad de rotación. Pueden apreciarse los patrones tipo A característicos de arroz, con picos a 15° y 23° (2θ) y un doblete a 17° , 18° (2θ) que van disminuyendo a medida que se incrementa la velocidad de rotación del molino planetario.

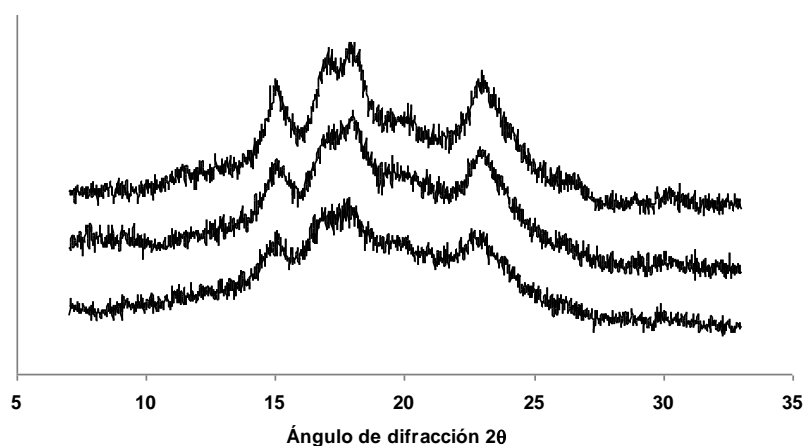


Figura 3 – Diffractogramas de harinas de arroz obtenidas por molienda seca (20 minutos) en molino planetario de bolas. (A) 450 rpm, (B) 550 rpm, (C) 650 rpm.

La cristalinidad calculada según la ec. (2) resultó 36%, 33%, 22% y 20% para el control, 450 rpm, 550 rpm y 650 rpm respectivamente. La pérdida de cristalinidad provocada por la activación mecánica en el molino planetario estuvo comprendida entre un 8% y un 44%, para el rango experimental estudiado.

5. Conclusiones

En este trabajo se investigó la molienda de arroz blanco en un molino planetario. Los resultados revelaron un mayor nivel de almidón dañado en la harina obtenida respecto de la harina control. En coincidencia con este hecho se encontró menor nivel de cristalinidad en las harinas procesadas en el molino planetario, la cristalinidad estuvo comprendida entre 20 y 33% mientras que el control exhibió 36% de cristalinidad.

Se encontró que es posible obtener harina de baja granulometría ($282 \mu\text{m}$) utilizando 550 rpm y 20 minutos de molienda. En estas condiciones se obtuvo una distribución de tamaño de partículas muy homogénea.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero de la Universidad de Buenos Aires (proyecto X471).

6. Bibliografía:

- American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. 9th Edition. Methods 44–15A, 76–30A. The Association: St Paul, MN, U.S.A. (1995).
- An-I Yeh. (2004). Preparation and applications of rice flour. In Rice Chemistry and Technology, Third edition, Editor Elaine T. Champagne, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). Official Methods of Analysis (16th ed.). Washington, D.C.
- Anzai, M., Hagiwara, T., Watanabe, M., Komiyama, J. & Suzuki, T. (2010). Relationship between enthalpy relaxation and water sorption of ball-milled potato Starch. *Journal of Food Engineering*, article in Press, DOI10.1016/j.jfoodeng.2010.11.
- Champagne E.T. (2004). *Rice Chemistry and Technology*, Third edition, Editor Elaine T. Champagne, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Chen, J. J. (1995). Effect of milling methods on the physicochemical properties of waxy rice flour. MS thesis. National Chung-Hsing University: R.O.C.
- Dias, A.B., Müller, C.M.O., Larotonda, F.D.S. & Laurindo, J.B. (2011). Mechanical and barrier properties of composite films based on rice flour and cellulose fibers. *LWT- Food Science and Technology*, 44 (2), 535-542.
- Han, M., Chang, M., & Kim, M. (2007). Changes in Physicochemical Properties of Rice Starch Processed by Ultra-Fine Pulverization. *J. Appl. Biol. Chem.*, 50 (4), 234-238.
- Holdich, R.G. (2002). *Fundamentals of particle technology*. Ed. Midland Information Technology and Publishing, UK, 114.
- Khuri, A., & Cornell, J. (1987), *Response surfaces Designs and Analyses*. Marcel Dekker, Inc., American Society for Quality Control, Quality Press.
- Martínez-Bustos, F., López-Soto, M., San Martín-Martínez, E., Zazueta-Morales, J., & Velez-Medina J.J. (2007). Effects of high energy milling on some functional properties of jicama starch (*Pachyrrhizus erosus* L. Urban) and cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Food Engineering*, 78 (4), 1212-1220.
- Yang, C. H. (1994). Studies on the preparation, processing properties, and the factors influencing the properties of semi-dry milled rice flour. PhD thesis. National Taiwan University: R.O.C.

13TCA. LA DIFUSIÓN DE SODIO EN COORDENADAS ELÍPTICAS DURANTE EL DESAMARIZADO DE ACEITUNAS VERDES DE MESA

MALDONADO M.B.^{1,2}, PEREZ R.C.³, PÉREZ IGLESIAS J.I.³

¹Research Scientist(CONICET), Argentina

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA-Mendoza (INTA), San Martín 3853, (5507) Mayor Drummond, Mendoza, Argentina. Tel fax: 54-0261-4963020

E mail: mmaldonado@mendoza.inta.gov.ar

³LIHANDO, CEDS. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional, Mendoza. Rodríguez 257. Mendoza. Argentina. Email: rcperezi@gmail.com.

Resumen: Hasta ahora se han probado numerosos modelos para estudiar el proceso de difusión en aceitunas verdes de mesa. Un modelo de placa delgada, un modelo de esfera hueca y un modelo de cilindro hueco. Si bien todos ellos han sido consistentes cuanto a determinar el orden de magnitud del coeficiente efectivo de difusión, ninguno se adapta exactamente a la forma geométrica del fruto. Teniendo en cuenta que las aceitunas se pueden clasificar por su forma ovoides, esféricas y alargadas y también de forma elíptica, se presenta ahora un modelo en coordenadas elípticas posiblemente adaptable a la forma ovoide, elíptica de las aceitunas. El coeficiente efectivo de difusión de soda para coordenadas elípticas es del orden $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ para aceitunas desamarizadas con soda al 2,5% NaOH, es consistente con los valores logrados con otros modelos, con lo cual se validan los datos de este nuevo modelo.

1. Introducción

Un manejo inadecuado de la operación del desamarizado puede causar pérdidas económicas del 7% sobre el producto final. De tal manera que es muy importante entender el proceso de desamarizado. Maldonado y Zuritz (2003) estudiaron el fenómeno de difusión de sodio en aceitunas verdes de la variedad Arauco. Estos consideraron que el proceso de difusión tiene lugar en un fruto isotrópico y que el coeficiente efectivo de difusión es constante en la pulpa y justifican un estado cuasi estacionario a través de la epidermis.

También Maldonado y Zuritz (2004a) calcularon el coeficiente efectivo de difusión de sodio durante el desamarizado de aceitunas verdes variedad Aloreña también asumiendo un modelo de esfera hueca.

Previamente Maldonado y Zuritz (2003) estudiaron la difusión de sodio durante el desamarizado de aceitunas verdes variedad Arauco mediante un modelo de placa fina compuesto por una pared compuesta por una fina placa interna (pulpa) y una placa externa (epidermis) cuya superficie está expuesta a una concentración constante de , Un número de Biot grande y superficie impermeable a la difusión (el carozo)El modelo también asume condiciones de isotropía y un estado cuasi estacionario en la piel.

También ajustaron los datos experimentales obtenidos durante el desamarizado de aceitunas verdes de mesa mediante un modelo de cilindro hueco semi-infinito. Obtuvieron

los respectivos coeficientes efectivos de difusión DL y DS para concentraciones de 1.50%, 2.25% y 3.00% de NaOH. El DL se halló en un rango de 7.18×10^{-11} y 1.18×10^{-09} m²/s, se incrementó con la temperatura y la concentración de soda.

2. Objetivo:

Teniendo en cuenta que las aceitunas se pueden clasificar por su forma ovoides, esféricas y alargadas y también de forma elíptica, se presenta ahora un modelo en coordenadas elípticas posiblemente adaptable a la forma ovoide, elíptica y alargadas de las aceitunas para calcular tanto la concentración como el coeficiente efectivo de difusión.

3. Materiales y Método

Se realizaron los experimentos en la Fabrica Avena e Hijos S.A. con aceitunas traídas del departamento de Maipú. Para la etapa de desamarizado, las aceitunas se colocaron en recipientes de tamaño industrial de 4.000 litros de capacidad, en los que se colocaron 2100 kg de aceitunas y se completaron con 1900 lts de soda de una concentración al 2,50 % de NaOH. La variación de la concentración de soda con el tiempo de tratamiento se evaluó mediante titulación de la misma a distintos intervalos de tiempo en la solución de desamarizado. En cada experimento, se tomaron diez muestras (aceitunas) con un sacamuestras industrial a intervalos regulares de tiempo, hasta que la soda penetró $\frac{3}{4}$ de la pulpa.

Con el objeto de extraer muestras a distintas profundidades en un espesor tan pequeño como lo es la pulpa de la aceituna, se utilizó un sacabocados de vidrio de 0,5 cm de diámetro interno, esmerilado en la punta, que se introdujo perpendicularmente al eje longitudinal de la aceituna. Una vez introducido éste, con la ayuda de una cuchilla fina se seccionó la aceituna a nivel de carozo, lo que permitió extraer un trozo cilíndrico de aceituna de aproximadamente 4,6 mm de longitud, el cual fue empujado hacia afuera del sacabocado con un émbolo plástico de diámetro 0,48 cm. Luego dicho cilindro se seccionó con una cuchilla fina, en cuatro porciones de aproximadamente 1,16 mm de espesor cada una, cuidando de limpiar la misma en cada corte y se midió su espesor con calibre 1:50. Entre las etapas de desamarizado, enjuague, lavados, puesta en salmuera y permanencia en salmuera de expedición se extrajeron y analizaron aproximadamente 6000 muestras sólidas y 300 muestras líquidas.

Las muestras extraídas con la metodología detallada se pesaron con una precisión de 0,0001g y fueron conservadas a -18 C para luego procesarlas de la siguiente manera: se colocaron directamente en un crisol de porcelana con tapa, para evitar la pérdida de líquidos por descogelación. Se secaron en estufa a $100^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 hs y se calcinaron en mufla a $550^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ hasta cenizas totalmente blancas, según lo establecido por Maldonado, M. y Zuritz, C. (2003) y se determinó la concentración de sodio por fotometría de llama.

3.2. Consideraciones teóricas

Las **coordenadas elípticas** son un sistema bidimensional de en los que las líneas coordenadas

La definición más común de las coordenadas elípticas bidimensionales (μ, ν) es:

$$\begin{cases} x = a \cosh \mu \cos \nu \\ y = a \sinh \mu \sin \nu \end{cases}$$

Las curvas con μ constante son elipses, mientras que las la identidad trigonométrica hiperbólica:

$$\frac{x^2}{a^2 \cos^2 \nu} - \frac{y^2}{a^2 \sin^2 \nu} = \cosh^2 \mu - \sinh^2 \mu = 1$$

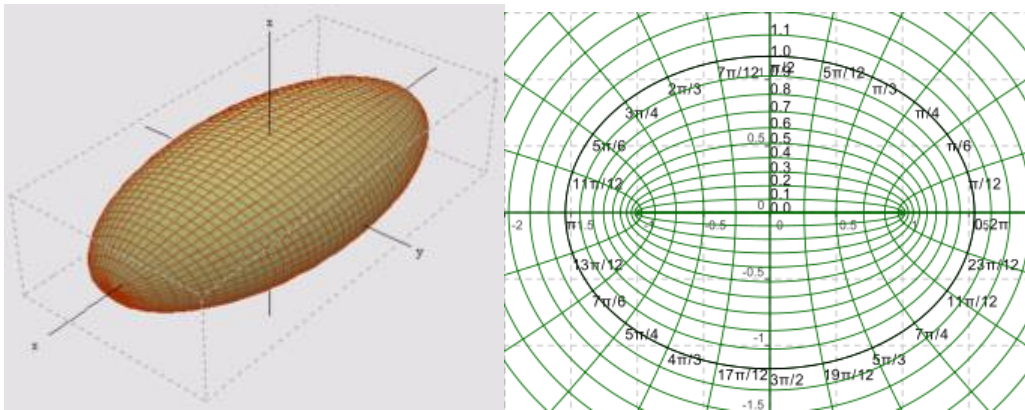


Figura 1: Sistema de coordenadas elípticas.

La ecuación de difusión de la concentración es:

$$\nabla^2 c = D \frac{\partial c}{\partial t} \quad \text{eq. 1}$$

El Laplaciano de la concentración en coordenadas elípticas es:

$$\nabla^2 c = \frac{4}{R^2(\mu^2 - \nu^2)} \left\{ \frac{\partial}{\partial \mu} \left[(\mu^2 - 1) \frac{\partial c}{\partial \mu} \right] + \frac{\partial}{\partial \nu} \left[(1 - \nu^2) \frac{\partial c}{\partial \nu} \right] + \left(\frac{1}{(\mu^2 - 1)} + \frac{1}{(1 - \nu^2)} \right) \frac{\partial^2 c}{\partial \varphi^2} \right\} \quad \text{ec. 2}$$

Donde $R^2 = 4(a^2 - b^2)/a^2$ es la excentricidad de la elipse, además a y b son los semiejes mayores y menores del elipsoide.

Si el problema presenta propiedades isotrópicas, entonces $\frac{\partial^2 c}{\partial \varphi^2} = 0$

Utilizando el método de separación de variables para resolver la ecuación, se propone como función solución el producto de funciones del tipo:

$$c(\mu, \nu, t) = M(\mu) \cdot N(\nu) \cdot T(t) \quad \text{ec. 3}$$

Además se ha considerado que el coeficiente de difusión D es función del tiempo, ya que se asume que a medida que el tiempo transcurre, la pulpa del fruto se va saturando y tiende a disminuir su capacidad de absorber solución. Se considera que este decaimiento del valor

del coeficiente de difusión tiene un comportamiento hiperbólico con el tiempo, cuya dependencia proponemos del tipo:

$$D(t) = D_0/(t + b) \tag{eq. 4}$$

Donde D_0 es el valor del coeficiente de difusión inicial (t=0). Entonces se tendrá que:

$$D(0) = \frac{D_0}{(t+b)} = D_0$$

El resultado anterior sólo es posible si $b = 1$. Así, la ecuación 4 tomará la forma:

$$D(t) = D_0/(t + 1) \tag{ec. 5}$$

integrando y se obtiene:

$$T(t) = T_0 e^{D_0 \alpha \ln[t+1]} = T_0 [t + 1]^{D_0 \alpha} \tag{ec.6}$$

Se propone como funciones soluciones de $N(v)$ y $M(\mu)$ las expresiones:

$$M(\mu) = \frac{1}{2} \ln(\mu^2 - 1) + M_0 \tag{ec. 7(a)}$$

$$N(v) = \frac{1}{2} \ln(1 - v^2) + N_0 \tag{ec. 7(b)}$$

Donde M_0 y N_0 son constantes de integración, cuyos valores deben ser determinados por condiciones de contorno o iniciales. Si se derivan las ecuaciones 15 de forma tal que nos queda:

$$c(\mu, t) = C_0 [t + 1]^{D_0 \alpha} \frac{\left[\ln^2 \frac{(\mu^2 - 1)}{(r_0^2 - 1)} + \ln^2 \frac{\left(1 - \frac{64}{\alpha^2 R^4} + \frac{16}{\alpha R^2} \mu - \mu^2\right)}{\left(1 - \frac{64}{\alpha^2 R^4} + \frac{16}{\alpha R^2} r_0 - r_0^2\right)} \right]}{\left[\ln^2 \frac{(r_s^2 - 1)}{(r_0^2 - 1)} + \ln^2 \frac{\left(1 - \frac{64}{\alpha^2 R^4} + \frac{16}{\alpha R^2} r_s - r_s^2\right)}{\left(1 - \frac{64}{\alpha^2 R^4} + \frac{16}{\alpha R^2} r_0 - r_0^2\right)} \right]} \tag{ec.8}$$

En el modelo se supone que el flujo de la difusión a través de la superficie hacia el interior del carozo es nula, es decir en $\mu = r_0$ se tiene que:

$$|-D \nabla c|_{\mu=r_0} = 0 \tag{ec.9}$$

Que al reemplazar la ecuación en la ecuación

$$c(\mu, t) = C_0 [t + 1]^{\frac{4D_0}{r_0 R^2}} \frac{\left[\ln^2 \frac{(\mu^2 - 1)}{(r_0^2 - 1)} + \ln^2 \frac{\left(1 - \frac{4r_0}{R^2} + 4r_0 \mu - \mu^2\right)}{\left(1 - \frac{4r_0}{R^2} + 4r_0 r_0\right)} \right]}{\left[\ln^2 \frac{(r_s^2 - 1)}{(r_0^2 - 1)} + \ln^2 \frac{\left(1 - \frac{4r_0}{R^2} + 4r_0 r_s - r_s^2\right)}{\left(1 - \frac{4r_0}{R^2} + 4r_0 r_0\right)} \right]} \tag{ec. 10}$$

En un tiempo posterior t_1 se puede realizar una nueva medida de la concentración sobre la superficie del fruto que se denominará c_1 . Entonces se tendrá que:

$$D_0 = \frac{r_0 R^2 \ln(c_1/c_0)}{4 \ln(t_1+1)}$$

ec.11

4. Resultados y Discusión

Los resultados de las aplicación del modelo de coordenadas elípticas se puede ver en la tabla 1 para : a = 1.4 mm. b = 0.89 mm. Entonces R = 5.84. ro = 0,6 mm. re = 4,2 mm. La tabla 1 muestra los valores concentración de sodio a distintos tiempos y profundidades de la aceituna según el modelo empleado.

Se puede observar que le valor de sodio inicial es 0,0045meq Na/g de aceituna para t=0 o inicial en las distintas profundidades o valores de μ . En el caso de la cercanía al carozo para $\mu=0,06$, al final del desamarizado el valor de sodio aumentó a 0,044 meq Na/g de aceituna y en el caso de la cercanía a la epidermis para $\mu=0,21$ la concentración de sodio alcanzó un valor de 0,703 meqNa/g de aceituna. Es decir que mientras a nivel de epidermis la concentración aumenta prácticamente casi dos órdenes de magnitud, a nivel de carozo aumenta solo un orden de magnitud.

Tiempo/ μ	0,06	0,075	0,125	0,1725	0,21
0	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045
9000	0,019974412	0,0349832	0,10952752	0,21614666	0,32595938
16200	0,030140451	0,05278801	0,16527188	0,32615517	0,49185742
23400	0,038988323	0,06828418	0,21378823	0,42189957	0,63624451
27000	0,04309594	0,07547827	0,2363119	0,46634883	0,70327608

Valores teóricos de las concentraciones en Meq Na/g de aceituna. Nota: tiempo en segundos

La figura 2 muestra los valores del coeficiente efectivo de difusión de sodio en el tiempo, mostrando un comportamiento hiperbólico. El coeficiente efectivo de difusión es menor a medida que transcurre el tiempo y va de un valor $9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a los 1000s a $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a partir de los 8200s en adelante donde se hace prácticamente asintótico al eje x.

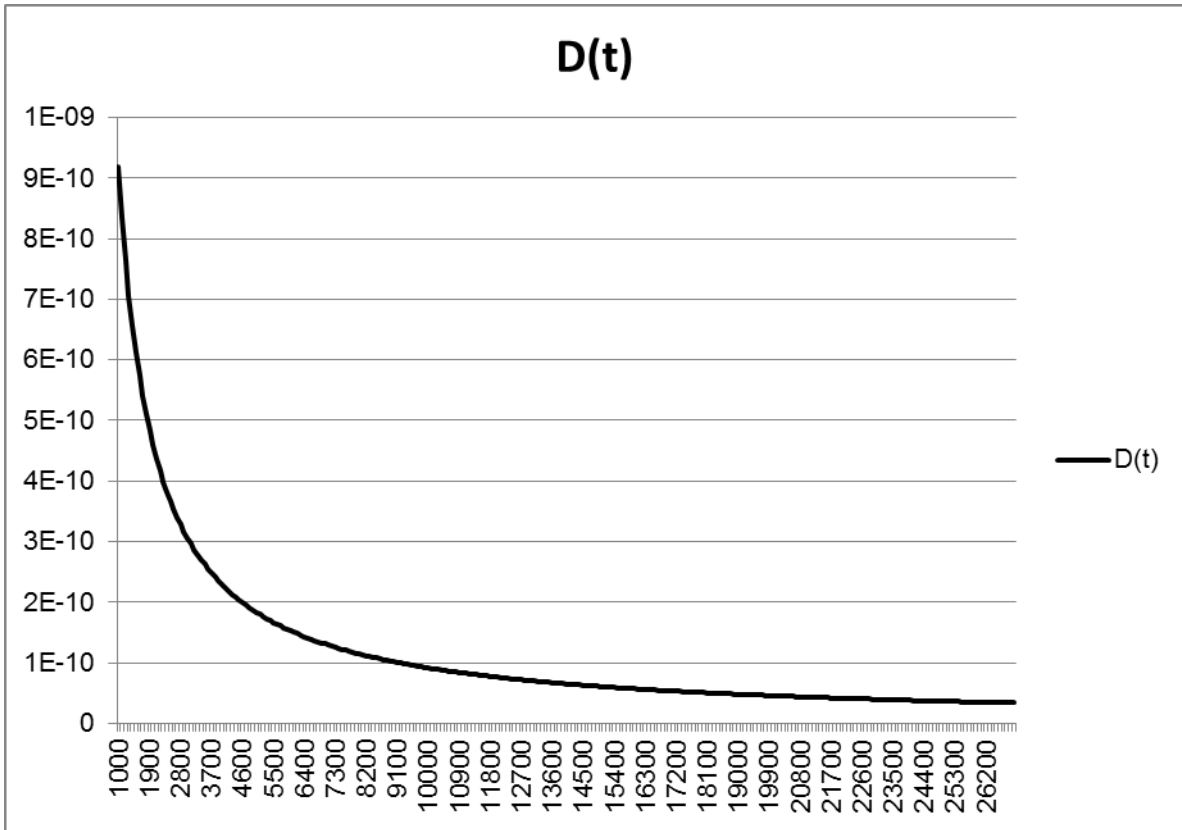


Figura 2: Coeficiente Efectivo de difusión de sodio (m^2/s) en el tiempo (segundos)

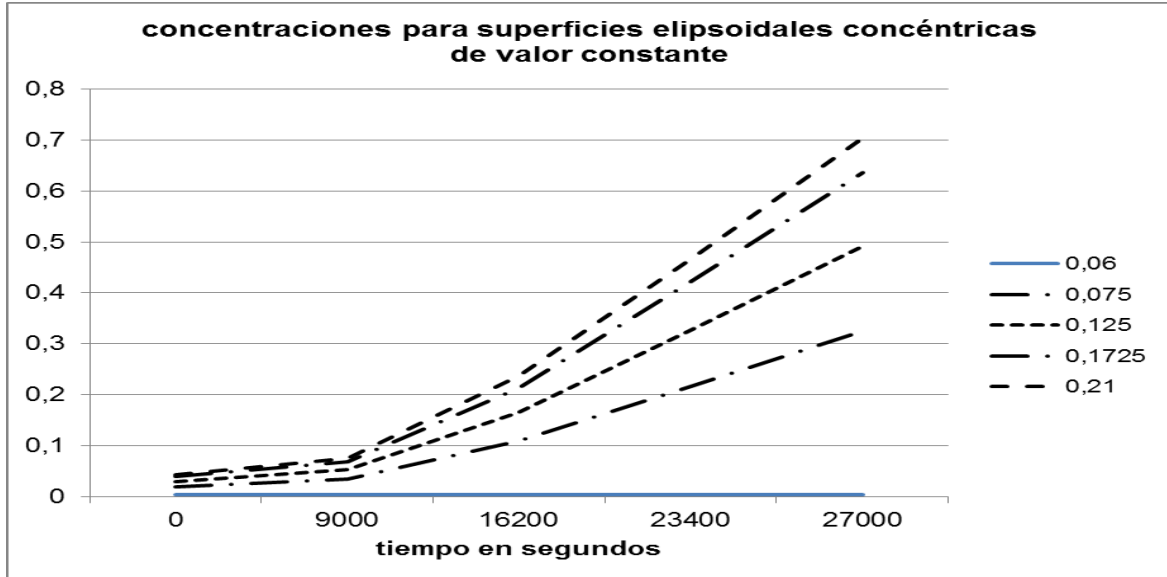


Figura 3: concentraciones de sodio para superficies elipsoidales concéntricas de valor constante.

En la figura 3 se puede observar como varía la concentración de las superficies elipsoidales concéntricas a un valor constante de μ . Por ejemplo para $\mu=0,075$ los valores de concentración de sodio son menores en esa superficie que para $\mu=0,0125$. Esto explica el crecimiento de la concentración a medida que la superficie considerada se encuentra más cerca de la superficie que del carozo. Esto explica que la difusión también está relacionada

con el tamaño de los frutos, de allí la importancia de clasificación de los mismos previo al desamarizado.

5. Conclusiones

Se ha cuantificado la difusión de sodio en el desamarizado de aceitunas verdes de mesa mediante el modelos de coordenadas elípsodales.

La concentración de sodio disminuye en forma concéntrica en superficies elipsoidales paralelas a la superficie de la aceituna y en forma paralela al carozo prácticamente.

El valor de D coeficiente efectivo de difusión de sodio es variable dentro de un rango de valore entre $9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a los 1000s a $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a los 8200s y sigue un comportamiento asintótico al eje x para tiempos mayores.

6. Bibliografía:

Maldonado, M. B. y Zuritz C. A. 2004. "Difusión de Sodio Durante el Tratamiento Alcalino de Aceitunas Variedad Aloreña ". *International Journal of Fats and Oils. Revista Grasas y Aceites* 2004. Vol. 55: 409-414.

Zuritz, C. A. and Maldonado. M. B. 2004. "A simple method to determine diffusion of sodium in epidermis of green olives". *Journal of Food Process Engineering. Journal of Food Process Engineering*. Vol. 27 (5):328-344

14TCA. ISOTERMA DE SORCIÓN DE HUMEDAD DE DOS VARIEDADES DE PURÉS DESHIDRATADOS DE MANDIOCA

Brousse, M.M.⁽¹⁾, Vergara, M.L.⁽¹⁾, Rojas, H.⁽¹⁾, Linares, A.R.⁽¹⁾, Nieto, A.⁽²⁾, Paredes, A.M.⁽¹⁾, Valdéz, E.⁽¹⁾.

(1) FCEQyN, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552- (3300) Posadas, Misiones. Argentina

(2) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria – (1428) Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

marcelabrousse@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen: Los objetivos de este trabajo fueron: a) determinar experimentalmente las isotermas de adsorción de humedad de los purés deshidratados de dos variedades de mandioca (Pomber y Concepción) a las temperaturas: 25, 35, 45 °C, b) evaluar la capacidad del modelo de GAB para describir el proceso de adsorción c) determinar los efectos de la temperatura y variedad de mandioca sobre el proceso de adsorción d) calcular el calor isostérico de adsorción a partir de los datos experimentales

Se realizaron las isotermas de adsorción de humedad a las temperaturas 25, 35, 45 °C, utilizando el método gravimétrico estático para el rango de actividad acuosa entre 0,11 – 0,97. Los datos experimentales fueron ajustados al modelo matemático de GAB. Las constantes de los modelos fueron halladas mediante regresión no lineal y se evaluó su ajuste con el coeficiente de determinación R^2 , el error promedio porcentual (EP%), observándose que el modelo de GAB describe, con muy buen ajuste, el proceso de sorción. El anova mostró que la variedad de mandioca no influye significativamente sobre el proceso de sorción. La influencia de la temperatura sobre las constantes de la ecuación de GAB fueron evaluados por una ecuación tipo Arrhenius, encontrándose leve dependencia de las constantes con la temperatura. Los valores de contenido de humedad de monocapa oscilaron entre los valores 0,056 – 0,043 g/gms para la variedad Concepción y 0,050 – 0,043 g/gms para la variedad Pomber, los cuáles disminuyeron al aumentar la temperatura. Se calculó el calor isostérico de adsorción usando la ecuación de Clausius –Clapeyron. Este parámetro se modeló estilizando la ecuación propuesta por Tsami. El calor isostérico de sorción disminuyó con el aumento del contenido de humedad.

1. Introducción

El puré de mandioca deshidratado (*Manihot esculenta* – Crantz) es un desarrollo realizado por este grupo de trabajo y cuya producción industrial, como alternativa de producción, será realizada por la cooperativa Agrícola e Industrial San Alberto Ltda de la Provincia de Misiones, Argentina. El puré es un producto parcialmente gelatinizado que llegará al mercado como un alimento deshidratado, que al ser reconstituido con agua, dará un producto final con características similares al puré de mandioca realizado con la raíz fresca cocida.

Las isotermas de adsorción de humedad presentan gráficamente las características de adsorción de un producto. Ellas representan la relación entre al agua adsorbida por el alimento y su actividad acuosa a temperatura constante y bajo condiciones de equilibrio. La isoterma de adsorción sobre un determinado rango de temperatura es requerida para el diseño de procesos de deshidratación, predicción de velocidad de secado y evaluación de las características de

rehidratación de productos deshidratados (Sanni y col., 1997).

Se han propuesto numerosas ecuaciones empíricas y semiempíricas para describir el proceso de sorción de agua. (Chirife e Iglesias, 1978; Al- Muhtaseb y col., 2004). Sin embargo, la información sobre el modelado de isotermas de adsorción de productos derivados de la mandioca a diferentes temperaturas es escasa y generalmente está limitada a una sola temperatura y/o a un solo modelo. (Adebowale y col., 2006, Mali y col., 2005, Chang, y col., 2000, Sanni y col., 1997). Perdomo y col. (2008) realizó un estudio más exhaustivo, cubriendo un rango de temperatura correspondiente a climas. Brousse et al. (2010) evaluó el ajuste de isotermas de adsorción provenientes de la mandioca variedad concepción, encontrando que los modelos GAB, Ferro Fontan y Peleg, son los que mejor describen el proceso de adsorción en el rango de temperatura de 25 – 35 °C.

El calor isostérico de sorción es un parámetro de mucha utilidad que representa la energía requerida para formar/romper las fuerzas moleculares entre las moléculas de vapor de agua y la superficie del adsorbente durante la adsorción / desorción de agua. En alimentos ricos en almidón, los autores reportan que el calor isostérico de sorción aumenta con la disminución del contenido de humedad (McMinn y Magee, 2004; Kaymak-Ertekin y Gedik, 2004; Mishra y Rai 2006; Perdomo et al., 2008; Al Muhtaseb et al., 2004, Aviara y Ajibola, 2002).

2. Objetivos:

Los objetivos de este trabajo fueron: a) determinar experimentalmente las isotermas de adsorción de humedad de los purés deshidratados de mandioca (Pomberi y Concepción) a las temperaturas: 25, 35, 45 °C, b) evaluar la capacidad del Modelo de Gab para describir el proceso de adsorción. c) determinar los efectos de la temperatura y variedad de mandioca sobre el proceso de adsorción d) calcular el calor isostérico de adsorción a partir de los datos experimentales

3. Materiales y métodos

El puré de mandioca deshidratado de las variedades Pomberí y Concepción fue provisto por la Cooperativa Agrícola Industrial San Alberto Limitada, Puerto Rico, Misiones, Argentina.

El contenido de humedad de equilibrio (X) de las muestras de puré de mandioca deshidratado fue obtenido por el método gravimétrico estático a las temperaturas de 25, 35 y 45 °C. Muestras cuadruplicadas de 3 g de peso, fueron puestas en atmósferas a las temperaturas de estudio, en recipientes herméticamente cerrados, los cuales contenían disoluciones saturadas de sales de actividad acuosa conocida en el rango 0,11 – 0,97 (LiCl, F₂K, INa, BrNa, I₂K, CINa, KCl, SO₄K). Las muestras fueron pesadas periódicamente hasta alcanzar peso constante (condición de equilibrio). La determinación del contenido de humedad en equilibrio fue realizada en estufa de vacío a 60 °C. Los contenidos de humedad son expresados en g agua/ g masa seca.

Los datos experimentales fueron ajustados al modelo de GAB (Guggenheim –Anderson –de Boer)

$$X = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot a_w}{(1 - k a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot k a_w)} \quad (1)$$

X_m: Humedad del producto correspondiente a la situación en que los puntos de adsorción primarios estén saturados por moléculas de agua. (g agua/ g m.s), C: Constante de Guggenheim, característica

del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa: k : factor de corrección relacionado con el calor de adsorción de la multicapas.

La bondad de ajuste del modelo se evaluó por medio del coeficiente de determinación (R^2), el que debe ser mayor de 0,85 y por el Error Promedio Porcentual (EPP).

$$EPP = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_c - X_e|}{X_e} \quad (2)$$

X_c : contenido de humedad calculado (g agua/ g m.s), X_e : contenido de humedad experimental (g agua/ g m.s) , n : número de observaciones

Chirife e Iglesias (1978) consideran aceptable un modelo si el valor de EPP es menor al 10%. Las constantes de las ecuaciones fueron estimadas por regresión no lineal sobre las ecuaciones usando el programa Statgraphics Plus 5.1.

Efecto de la Temperatura

El efecto de la temperatura fue evaluado con las constantes del modelo de GAB, X_m , C y k , que muestran una dependencia tipo Arrhenius con la temperatura (Sanni y col., 1997).

$$X_m = X_{mo} \cdot \exp\left(\frac{\Delta H}{RT}\right) \quad C = C_o \cdot \exp\left(\frac{\Delta H_c}{RT}\right) \quad k = k_o \cdot \exp\left(\frac{\Delta H_k}{RT}\right) \quad (3), (4), (5)$$

ΔH : factor de energía tipo Arrhenius (kJ/mol K); ΔH_c : $H_L - H_m$ = calor de adsorción monocapa – calor de adsorción multicapas (kJ/mol K); ΔH_k : $H_L - H_m$: calor de adsorción agua pura– calor de adsorción de monocapa (kJ/mol K); k_o y C_o : constantes de proporcionalidad, R : Constante Universal de los Gases $8,314 \cdot 10^{-3}$ kJ/molK; T : Temperatura absoluta (K)

Calor isostérico de adsorción

El calor isostérico neto de adsorción es definido como el calor total de adsorción en el alimento menos el calor de vaporización del agua pura a una dada temperatura y puede ser determinado a partir de los datos de contenidos de humedad obtenidos por las isotermas, usando la siguiente ecuación derivada de la ecuación de Clausius- Clapeyron.

$$\ln aw = \frac{-q_{st}}{RT} + cte \quad (6)$$

$q_{st} = Q_{st} - \Delta H_{vap}$; aw = actividad acuosa; q_{st} : calor isostérico de adsorción neto (kJ/ mol); Q_{st} : calor isostérico de sorción (kJ/.mol); ΔH_{vap} : calor de vapor de agua pura 35 °C (43,5 kJ/mol); R = Constante Universal de los Gases 0.008314 kJ/K.mol; T = Temperatura absoluta (K)

El calor isostérico neto de adsorción calculado a partir de la ecuación 6, con la curva $\ln aw$ vs $1/T$ para un contenido de humedad constante. Este procedimiento es repetido para distintos contenidos de humedad con la finalidad de obtener la dependencia de q_{st} con el contenido de humedad. A los efectos de predecir este parámetro Tsami (1991) propuso un modelo empírico exponencial:

$$q_{sy} = q_o \cdot \exp(-X_w / X_o) \quad (5)$$

X_w ; Contenido de humedad en el equilibrio, X_o : contenido de humedad característico del alimento para el cual el calor isostérico de adsorción se redujo un 63%, q_{st} : calor isostérico de adsorción neto, q_o calor isostérico de la primera molécula de agua en el alimento.

4. Resultados

La humedad inicial de la muestra de puré de mandioca deshidratado fue de $0,0597 \pm 0,0001$ g agua/g m.s, para la variedad Concepción y $0,1016 \pm 0,0001$ g para la variedad Pomberi.

En la Fig. 1 se muestran las isotermas de adsorción (valores experimentales y calculados) de los purés deshidratados de mandioca a las temperaturas de 25, 35, 45°C. Se observa que, para cada temperatura, el contenido de humedad en el equilibrio aumenta con la actividad acuosa. La forma sigmoidal observada corresponde al tipo II de la clasificación Brunauer, (Brunauer y col., 1940) similar comportamiento fue reportado en productos derivados de la mandioca en el mismo rango de temperatura (Perdomo y col., 2008, Sanni y Kuye, 2000). El Anova mostró que la variedad de mandioca no influyó significativamente en los contenidos de humedad en el equilibrio de los purés.

Se observó que para una actividad acuosa menor a 0,85 el contenido de humedad de equilibrio disminuyó con el aumento de la temperatura, a un a_w constante. A valores de a_w mayores a 0,85 se observó un entrecruzamiento de las isotermas con la temperatura; el contenido de humedad aumenta con la temperatura a una dada actividad acuosa. Este entrecruzamiento fue reportado en almidón de mandioca (Perdomo y col., 2008, Adebawale, 2007), harina de maíz, (Vega Galvez y col., 2006), almidón de papa (Viollaz y Rovedo 1999). La inversión de la isoterma con el aumento de la temperatura podría estar relacionada a la mayor exposición de los grupos hidroxilos. A altas actividades acuosas la cantidad de agua adsorbida por la matriz amorfa del almidón es mayor, lo que aumenta la movilidad molecular, promoviendo un incremento de los grupos hidroxilos disponibles para la adsorción y la disolución de pequeños solutos. Este proceso es más notorio a mayor temperatura (Perdomo y col., 2008).

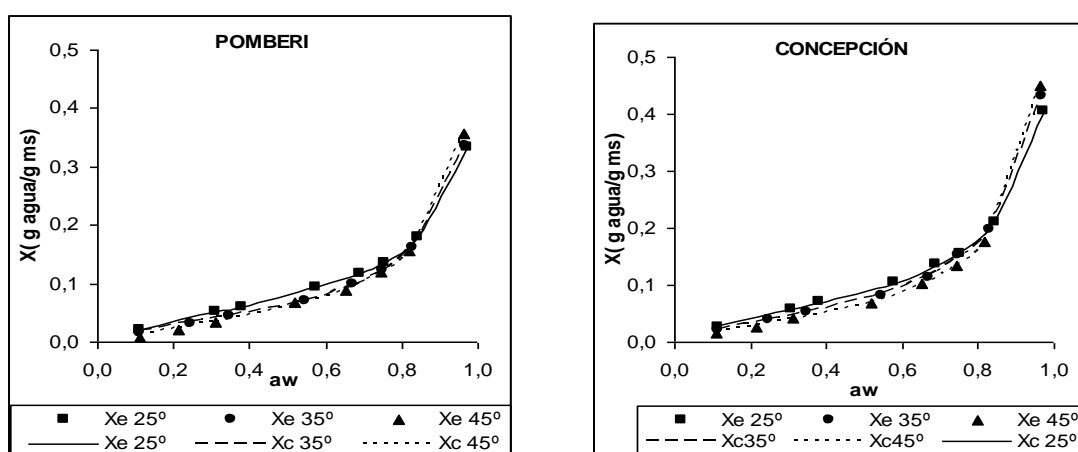


Figura 1: Contenido de humedad de equilibrio experimental del puré deshidratado de mandioca, variedad Pomberi y Concepción, a 25, 35, 45 °C de temperatura.

Los datos experimentales fueron ajustados al Modelo de Gab (Tabla 1).

Tabla 1: Constantes y estadísticos obtenidos de los modelos propuestos para la isoterma de adsorción de puré deshidratado de mandioca a 25, 35, 45 °C

Modelo	Constante	Temperaturas °C		
		25	35	45
CONCEPCIÓN	C	8,323	5,032	4,651
	M ₀	0,056	0,051	0,043
	K	0,888	0,916	0,942
	R ²	0,999	0,999	0,999
	EPP	2,8	3,0	4,2
POMBERI	C	7,432	4,880	3,178
	M ₀	0,050	0,044	0,043
	K	0,876	0,904	0,920
	R ²	1,000	1,000	1,000
	EPP	4,500	1,100	8,9

El modelo de GAB ajustó correctamente a los datos experimentales en ambas variedades de mandioca. Los valores de los parámetros cinéticos de la variedad Concepción fueron ligeramente mayores al de la variedad Pomberí. El anova mostró que la variedad de mandioca no influyó significativamente sobre el proceso de sorción.

Los valores de las constantes de las ecuaciones presentadas en este trabajo son similares a los informadas en trabajos con productos obtenidos a partir de almidón de: mandioca (Perdomo y col., 2008, Sanni y col., 1997), papa (Kaymak – Ertekin y Gedik, 2004; Iguedjal y col., 2008); maíz (Vega Galvez y col., 2006; Peng y col., 2007)

Efecto de la Temperatura

La influencia de la temperatura sobre las constantes del modelo de GAB fue calculada usando regresión no lineal sobre las ecuaciones 3, 4 y 5 (Tabla 3).

Tabla 2: Dependencia de la temperatura de las constantes del modelo de GAB para el puré deshidratado de mandioca

	X _m			C			k		
	X _{m0}	ΔH kJ/mol	R ²	C ₀	ΔH _C kJ/mol	R ²	k ₀	ΔH _k kJ/mol	R ²
Concepción	0,0002	13,62	0,99	0,000012	33,04	0,76	2,90	-2,92	0,96
Pomberí	0,002	7,34	0,72	0,000002	46,9	0,97	2,28	-2,36	0,90

Los coeficientes de determinación indican que las constantes X_m, C y k presentaron leve o ninguna dependencia con la temperatura.

ΔH_C: representa la diferencia en entalpía entre la monocapa y multicapas. El valor positivo indica una interacción exotérmica del vapor de agua con los sitios primarios de adsorción de la monocapa ΔH_k: Representa la diferencia entre el calor de condensación del agua pura y el calor de adsorción de la multicapas. Su valor es menor a ΔH_C indicando una interacción débil entre las moléculas de la multicapas y el signo negativo señala que el calor de adsorción de la monocapa es mayor que el calor de condensación del agua, fenómeno que en la literatura es atribuido a la disolución endotérmica de pequeñas moléculas de solutos (Al – Muhtaseb y col., 2004) y se relaciona al entrecruzamiento de las isoterms a valores altos de aw.

El calor isostérico de adsorción neto fue determinado con las ecuaciones 5 y 6. La variación del contenido calor isostérico de adsorción neto puede ser expresado como:

$$q_{sy} = 49,43 \cdot \exp(-X_w / 0,053) \quad (R^2 = 0,99) \quad \text{variedad Concepción}$$

$$q_{sy} = 56,24 \cdot \exp(-X_w / 0,040) \quad (R^2 = 0,99) \quad \text{variedad Pomberi}$$

Para evaluar la dependencia del calor isostérico de adsorción neto el rango de humedad seleccionado fue 0,02 – 0,18 g agua/ g m.s, debido al entrecruzamiento observado entre las isothermas a altos contenidos de humedad de equilibrio. Se puede observar (Figura 2) que el calor isostérico de adsorción neto disminuye con el aumento de contenido de humedad. Similar comportamiento fue reportado por otros autores en alimentos ricos en almidón, y es asociado a una disminución de la interacción sólido agua por saturación de los sitios activos a valores altos de contenidos de humedad (McMinn y Magee, 2004; Kaymak-Ertekin y Gedik, 2004; Mishra y Rai 2006; Perdomo et al., 2008; Al Muhtaseb et al., 2004, Aviara y Ajibola, 2002).

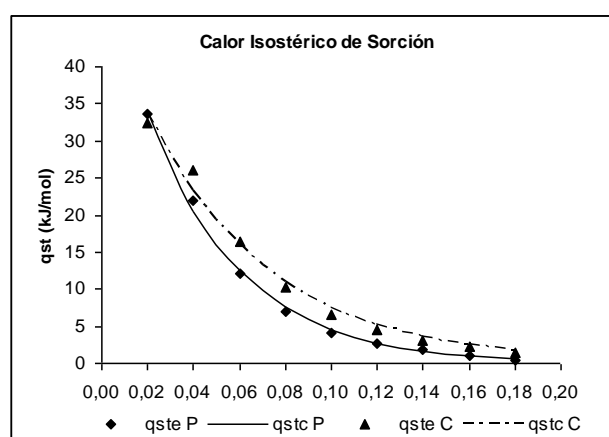


Figura 2: Contenido de humedad de equilibrio experimental del puré deshidratado de mandioca, variedad Pomberi y Concepción, a 25, 35, 45 °C de temperatura.

5. Conclusiones

La isoterma de adsorción de los purés deshidratados de mandioca fue del tipo II, indicando que el proceso de adsorción presenta características de adsorción multicapas relacionado con productos de estructura porosa y alimentos con almidón.

La capacidad de adsorción del puré disminuyó con el aumento de la temperatura en el rango de a_w menor a 0,85. Por encima de este valor se observó un entrecruzamiento de las curvas indicando mayor capacidad higroscópica a mayores temperaturas. En el rango de temperaturas estudiado, el puré de mandioca deshidratado deber ser almacenado a a_w menores a 0,85.

La ecuación de GAB describe adecuadamente el comportamiento de sorción de los purés de mandioca, observándose una leve dependencia con la temperatura. Los valores de entalpía obtenidos a partir de la ecuación de GAB son similares a los obtenidos en almidones de papa. El valor positivo de ΔH_c y el valor pequeño y negativo de ΔH_k indicaron que el proceso es predominantemente exotérmico, acompañado de la disolución endotérmica de pequeñas moléculas de solutos a valores elevados de a_w .

El calor isostérico de sorción disminuye con el aumento del contenido de humedad y puede ser descrito adecuadamente con la ecuación de Tsami.

6. Bibliografía

- Aviara, N.A; Ajibola, O.O. (2002). Thermodynamics of moisture sorption in melons seed and cassava. *Journal of food Engineering*. 55, 107 - 113
- Al-Muhtaseb A.H., McMinn, W.A.M., Magee T.R.A. (2004). Water sorption isotherms of starch powders Part 1: Mathematical description of experimental data. *Journal of Food Engineering*, 61, 297–307
- Adebowale, A., Sanni, L., Awonorin, S., Daniel, I., Kuye, A. (2007). Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *Intern. Journal of Food Science and Technology*, 42, 448.
- Brousse, M.; Nieto, A.; Linares, A.R Vergara, L.; Paredes, A.; Valdez, E. (2010) Isoterma de Sorción de Humedad Del Puré Deshidratado de Mandioca a Diferentes Temperaturas. *Actas VI Congreso Argentino de Ingeniería Química*. ISSN: 1850 3519 (Formato CD), Mar Del Plata – Buenos Aires.
- Brunauer, S., Deming, L., Deming, E., Teller, E. (1940). On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases. *Journal of American Chemical Society*, 62, 1723.
- Chang, Y., Cheah, P, Show, C. (2000). Plasticizing – Antiplastizing effect of water on physical properties of tapioca starch films en the glassy state. *Journal of food science*, 65 (3), 445.
- Chirife, J. e Iglesias, H (1978). Equations for fitting water sorption isotherms of foof. Part I. *Journal Food Technology*, 13, 159.
- Iguedjtal, T., Louka, N., Allaf, K. (2008). Sorption isotherms of potato slices dried and texturized by controlled sudden decompression. *Journal of Food Engineering*,. 85, 180.
- Kaymak-Ertekin, F., Gedik, A. (2004). Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. *Lebensm.-Wiss-Technol.*, 37, 429.
- McMinn, W.A.M, Magee T.R.A 2004. .Water sorption isotherms of starch powders Part 2: Thermodynamic characteristics., *Journal of Food Engineering* 62: 135–142
- Mali, S., Sakanaka, L.S., Yamashita, F., Grossmann, M. (2005). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect . *Carbohydrate Polymers*, 60, 283.
- Mishra, S., Rai, T 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids* 20 :557–566
- Peng, G., Chen, X, Wu, W, Jiang, X. (2007). Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *Journal of Food Engineering*, 80, 562.
- Perdomo, J., Cova, A., Sandoval, A.J., García, L., Laredo, E., Müller, A.J. (2008) . Glass Transition Temperatures and Water Sorption Isotherms of Cassava Starch. *Carbohydrate Polymers*, 76 (2), 305.
- Sanni, L. O., Atere, C., Kuye A. (1997). Moisture Sorption Isotherms of Fufu and Tapioca at Different Temperaturas. *Journal of Food Engineering*, 34, 203.
- Sanni, L.O y Kuye, A. (2000) Effect of temperatures on water sorption isotherms of some fortified cassava products. *Proceedings of the 12th International Drying Symposium IDS2000*, Kerkhof PJAM, Coumans WJ and Mooiweer GD. Elsevier Science, Amsterdam, Paper 23
- Vega Gálvez, A., Lara Aravena, E., Lemus Mondaca, R. 2006. .“Isotermas de adsorción de harina de maíz. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(4): 821-827
- Viollaz, P., Rovedo, C. 1999. Equilibrium sorption isotherms and thermodynamic properties of starch and gluten. *Journal of Food Engineering* 40, 287.

15TCA. QUANTIFICAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE POR DIFERENTES MÉTODOS E PERFIL QUÍMICO DO EXTRATO AQUOSO DE AROEIRA

*PINHEIRO, L. Z.; *BERNARDES, N. R.; *GLÓRIA, L. L.; *BORGES, I. F. J. C.;
*REIS, C. N.; *OLIVEIRA, D. B.

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil.
larissazambe@gmail.com

Resumo: Neste trabalho quantificou-se a atividade antioxidante dos frutos da aroeira (*Schinus terebenthifolius* Raddi). Para a obtenção do extrato aquoso, os frutos de aroeira foram submetidos a trituração com água destilada. Foi realizada uma partição líquido-líquido com este extrato resultando nas frações em: hexano, acetato de etila e butanol. O extrato e as frações foram avaliados por CLAE com finalidade de caracterizar seus perfis químicos e submetidos ao teste antioxidante do DPPH e FRAP. A partir do perfil químico pode-se sugerir a presença de ácidos fenólicos nos extratos e frações. Com relação a atividade antioxidante as frações em acetato e butanol apresentaram elevado potencial antioxidante, resultados estes que reintegram a importância do estudo destes frutos para uma futura utilização desta planta como alimento funcional.

1. Introdução:

Na dieta do dia-a-dia estão inserido inúmeros alimentos com valores nutricionais, incluindo os frutos, conhecidos por suas fontes de vitaminas. Atualmente tem-se dado maior importância a estes frutos, visto que estudos mostram melhoras na condição de saúde do indivíduo que possui estes frutos em sua alimentação diária (Melo *et al.*, 2008). Aproximadamente 80% dos indivíduos dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, estão parcialmente dependentes da medicina caseira, fazendo uso de plantas para necessidades de saúde, tornando este um costume popular (Morais, 2007). O processo de oxidação está presente na produção de energia celular, sendo importante para a vida. Os chamados antioxidantes são compostos que auxiliam na proteção das células contra os efeitos destrutivos de radicais livres oxigenados como peróxidos e oxigênio singlete, oriundos dos processos oxidativos do organismo, estas espécies reativas de oxigênio (ROS) são capazes de oxidar proteínas celulares, ácidos nucleicos e lipídios, causando morte celular e acarretando aparecimentos de inúmeras patologias, como câncer e doenças cardiovasculares (Morais, 2007).

Os antioxidantes sintéticos mais utilizados em alimentos são o butil hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT). No entanto, estudos mostram que antioxidantes sintéticos apresentam níveis de toxicidade (Mariod, et al.; 2009). Devido a isto, tem-se um maior interesse na busca de antioxidantes naturais.

A International Food Information Council Foundation (IFIC), órgão que trabalha com questões de comunicação envolvendo consumidores e nutrição nos Estados Unidos, cita exemplos de alimentos funcionais, entre os quais estão: frutas, hortaliças, grãos, e alimentos fortificados (Bernardes, et al; 2010).

Ratnam (2006) destaca os polifenóis como antioxidantes da dieta com maior importância, este grupo é formado por ácidos fenólicos e flavonóides, responsáveis pela caracterização da ação medicinal dos alimentos funcionais.

Schinus terebinthifolius Raddi é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae, conhecida popularmente como aroeira vermelha, apresenta propriedades medicinais antiinflamatória, depurativa, febrífuga e diurética na casca, folhas e frutos. Na culinária o fruto está presente em pratos mundiais, apresentado como especiaria para aguçar o sabor (Degáspar *et al.*, 2004).

2. Objetivos:

- 1) Avaliar o perfil químico do extrato aquoso e frações obtidas a partir dos frutos da aroeira por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE);
- 2) Avaliar a atividade antioxidante do extrato e frações obtidas a partir dos frutos de aroeira pelo método de redução do ferro (FRAP) e do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH).

3. Metodologia:

Obtenção do extrato aquoso e frações

A partir dos frutos limpos realiza-se a extração por trituração em meio aquoso, esse extrato foi congelado e liofilizado. Após o preparo do extrato, foi realizada uma partição líquido-líquido utilizando o solvente hexano, acetato de etila e butanol para a possível obtenção de compostos de interesse, como as substâncias fenólicas.

Análise cromatográfica

As análises por CLAE foram realizadas no aparelho Shimadzu class, modelo LC-10, a detecção feita nos comprimentos de onda fixos de 254 nm e 332 nm. A coluna utilizada foi RP-18 da Macherey-Nagel (5µm, 4,0 x 250mm). O sistema de solvente foi água acidificada com ácido fosfórico (pH 3,2) e acetonitrila, a eluição foi gradiente, usando fluxo de 1 ml/min. O extrato aquoso e as frações em hexano, acetato e butanol foram preparados na concentração de 5 mg/ml (p/v).

Atividade Antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotolorimétrico do radical livre estável DPPH e FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). A técnica do DPPH consiste em adicionar 0.5 ml do extrato em concentrações que variam de 0,1 - 1000 µg/ml. A este foi adicionado 0.5 ml de uma solução metanólica de DPPH (0,1 mM), a reação foi processada em 1h à temperatura ambiente. Imediatamente, a absorção do DPPH foi verificada em um espectrofotômetro UV-Vis. A atividade sequestradora de radicais livres de cada extrato foi expressa pela relação da absorção de DPPH, baseado na solução de DPPH ausente do extrato (controle negativo), o padrão 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT) e quercetina. Posteriormente, foi calculado o percentual sequestrador (PS%) de radicais livres. A capacidade de sequestrar radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical e calculado de acordo com a fórmula abaixo.

$$\% \text{ Inibição} = ((ADPPH - A_{\text{Extr}})/ADPPH) * 10$$

Onde ADPPH é a absorbância da solução de DPPH e A_{Extr} é a absorbância da amostra em solução (Roesler, *et al.*, 2007).

A técnica do FRAP consiste inicialmente em preparar a amostra com uma concentração de 2 mg/mL. Logo após, transfere-se 90 µL para tubos de ensaio e adiciona-se 270 µL de

água destilada. A estes adiciona-se 2,7 mL do reagente FRAP, a reação é processada em banho-maria à 37°C por 30 minutos. Em seguida a leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis a 515 nm. Foi realizada uma curva padrão com o padrão Trolox nas concentrações que variam de 50 a 2000 µM. A capacidade de reduzir o ferro do extrato e frações foi expressa por µM Trolox/ mg de extrato. Também foram utilizados os padrões quercetina e rutina (flavonóides com alta capacidade antioxidante). Ressalta-se que todos os experimentos foram realizados em triplicata.

4. Resultados e discussão

Com a finalidade de conhecer o perfil químico do extrato aquoso dos frutos de aroeira, bem como de suas frações resultantes da partição líquido-líquido, estes foram submetidos a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), para conhecer as possíveis substâncias presentes. A figura 1 mostra o cromatograma do extrato aquoso.

Depois de realizada a CLAE com o extrato aquoso, pode-se observar picos com tempo de retenção entre 3 e 10 minutos no comprimento de onda de 254 nm, os mesmos não se observam no comprimento de onda de 350 nm. Porém os picos com tempos de retenção entre 27 a 31 minutos são os picos de interesse, pois de acordo com a literatura, estes são os picos característicos dos flavonóides, de acordo com suas estruturas no UV. Após a avaliação do extrato aquoso por CLAE, foi avaliado o perfil químico das frações resultantes da partição líquido-líquido. A figura 2 mostra o perfil químico da fração em hexano, a figura 3 é a CLAE da fração em acetato de etila e a figura 4 é a CLAE da fração em butanol.

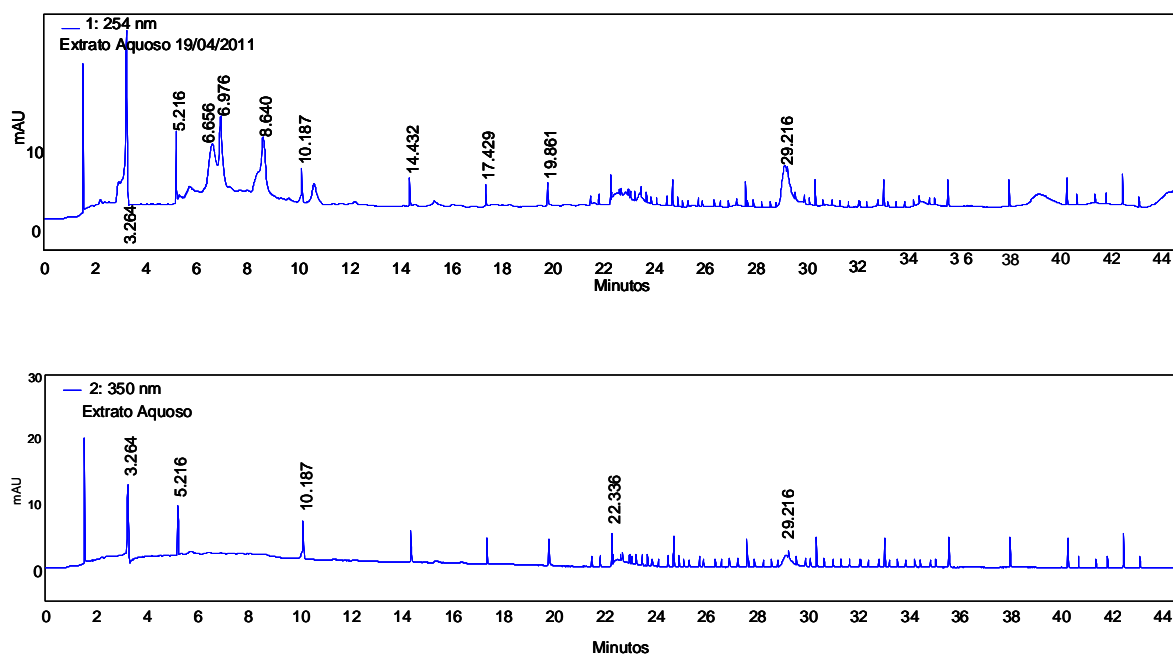


Figura 1: Perfil químico do extrato aquoso avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

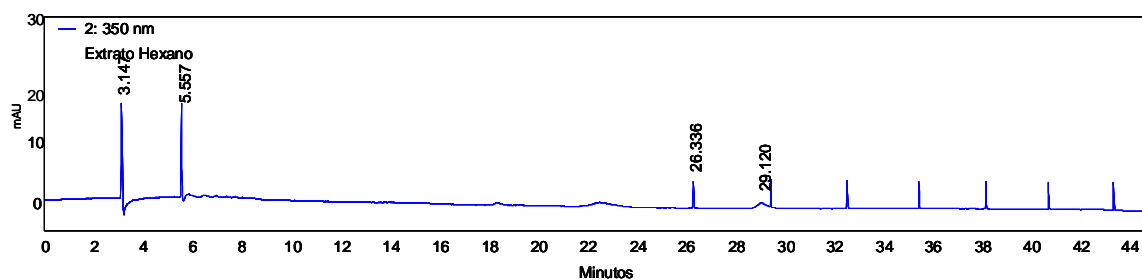
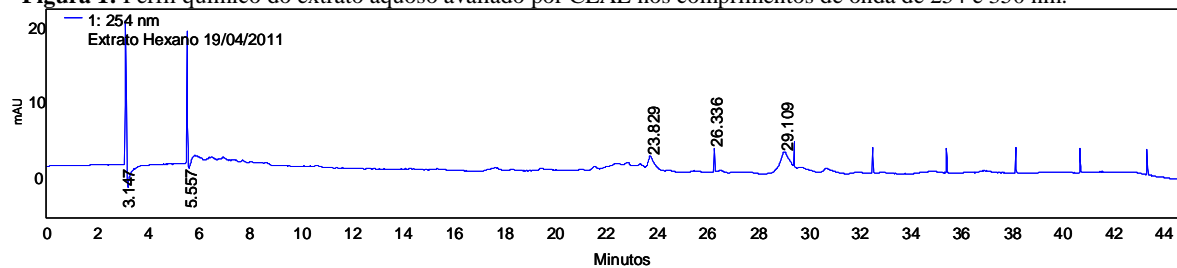


Figura 2: Perfil químico da fração em hexano resultante do extrato aquoso avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

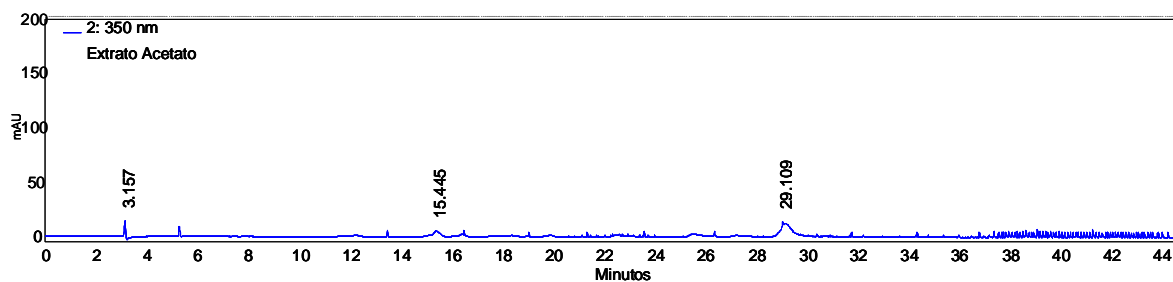
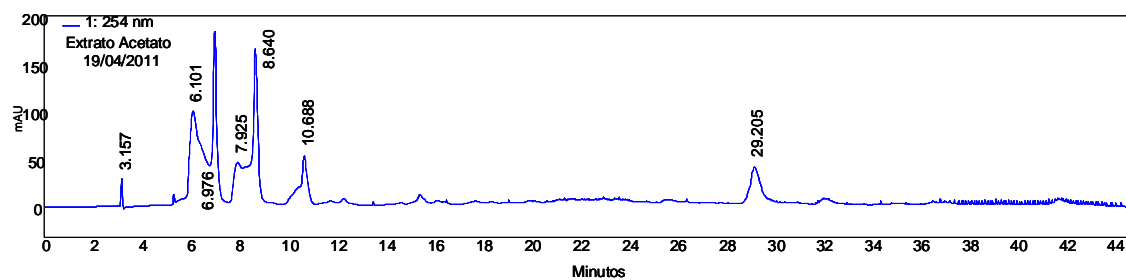


Figura 3: Perfil químico da fração em acetato resultante do extrato aquoso avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

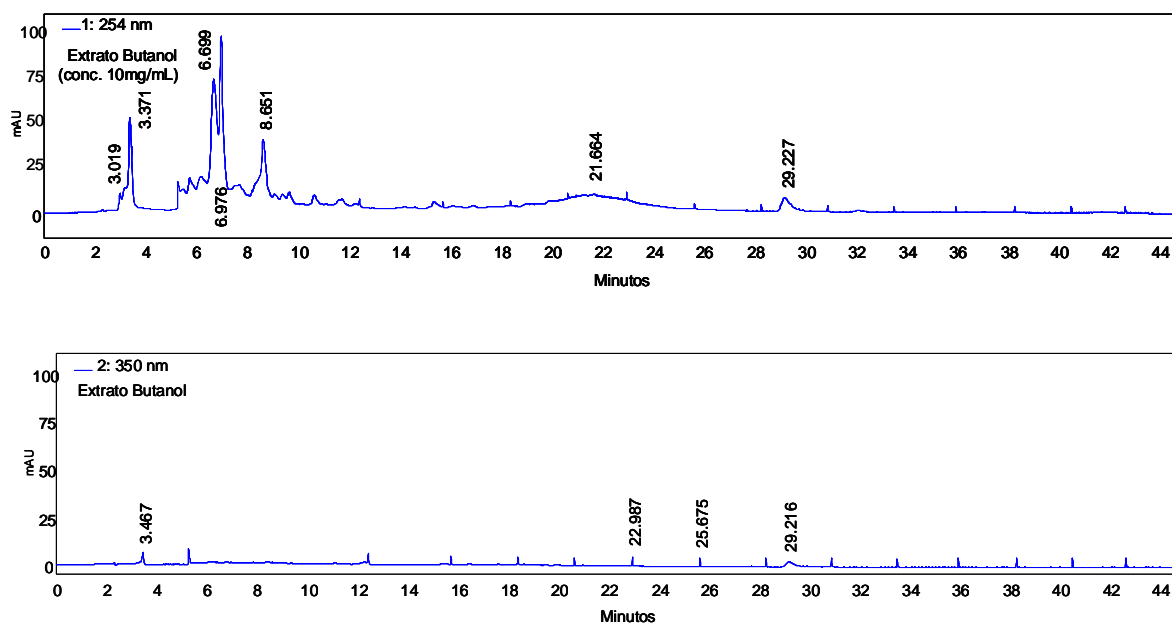


Figura 4: Perfil químico da fração em butanol resultante do extrato aquoso avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

Percebe-se a presença do mesmo pico no tempo de retenção de ± 29 minutos, o que reintegra o sucesso da partição e a importância na busca pela caracterização dessa substância.

Atividade Antioxidante

Com o intuito de verificar a capacidade antioxidante do extrato e frações, estes foram submetidos a avaliação através do seqüestro do radical livre estável DPPH e pelo método de redução do ferro (FRAP). A figura 5 mostra os resultados do extrato aquoso e frações em hexano, acetato e butanol, o padrão quercetina (flavonóide) e o padrão comercial BHT (butil-hidroxi-tolueno) para o método de DPPH. Na figura 6 tem-se os resultados do extrato aquoso e frações em relação ao método do FRAP. Os testes foram realizados em triplicata O flavonóide foi utilizado como padrão devido ao seu efeito protetor nos sistemas biológicos, que são atribuídos à sua capacidade de transferência de elétrons dos radicais livres, também ativam as enzimas antioxidantes e inibem as oxidases (Heim, 2002).

Espécies vegetais	Concentrações		
	1000 $\mu\text{g/mL}$ (%)	100 $\mu\text{g/mL}$ (%)	10 $\mu\text{g/mL}$ (%)
Extrato Aquoso	41,3 \pm 6,1	5,9 \pm 2,4	7,4 \pm 0,6
Fração Hexânica	90,5 \pm 0,6	53,5 \pm 2,7	8,6 \pm 2,6
Fr. Acetato de etila	94,2 \pm 0,6	95,3 \pm 0,4	27 \pm 3,5
Fração Butanólica	94,4 \pm 0,2	91,1 \pm 1,0	15,3 \pm 2,2
Quercetina	95,27 \pm 0,9	93,4 \pm 1,2	91,3 \pm 3,0
BHT	100 \pm 0,9	52,1 \pm 2,2	43,6 \pm 1,5

Figura 5: Atividade antioxidante pelo DPPH do extrato aquoso, frações e dos padrões fenólicos quercetina e 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT).

Espécies Vegetais	µM Trolox/ mg Amostra
Extrato Aquoso	297
Fração em acetato	508
Fração em butanol	443
Quercetina	1111
Rutina	1048
Apigenina	300

*Média ± Desvio Padrão (n=3).

Figura 6: Atividade antioxidante pelo FRAP do extrato aquoso, frações e padrões quercetina, rutina e apigenina

A partir desses resultados pode-se notar que o extrato aquoso e as respectivas frações apresentaram atividade seqüestradora de radicais livres nas três concentrações testadas (1000, 100 e 10 µg/ml). Sendo que na menor concentração (10 µg/mL), apresentam atividade superior a 30%. O padrão comercial BHT apresenta atividade antioxidante na maior concentração (1000 µg/mL) superior aos extratos e frações, sendo que o padrão quercetina apresenta atividade de superior a 95% para todas as concentrações. Em relação a capacidade de redução do ferro o extrato e frações demonstraram excelente potencial, comparado a capacidade dos padrões quercetina, rutina e apigenina. Estes resultados demonstram a importância no estudo pela busca de produtos com capacidades antioxidantes.

5. Conclusões

Neste trabalho se avaliou o perfil químico dos frutos da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), bem como o extrato aquoso e suas respectivas frações. O extrato aquoso bem como as frações foram avaliados por CLAE e apresentaram um pico no tempo de retenção em 29 minutos, o que evidencia a importância no estudo para a caracterização deste pico. Com relação a atividade antioxidante, o extrato e frações apresentaram excelente atividade antioxidante, tendo a fração em acetato os melhores resultados para ambos os métodos. A partir desses resultados tem-se que os frutos da aroeira apresentam excelente potencial antioxidante, sendo um promissor alimento funcional.

6. Referências

- Bernardes, N. R.; Pessanha, F. F.; Oliveira, D. B. (2010). Alimentos Funcionais: Uma breve Revisão. Revista Ciência e Cultura. 6:11-19.
- Desgáspari, C. H.; Waszczynskyj, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. Visão acadêmica, 2004.
- Heim, K. E. (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. Journal Nutrition Biochemistry. 13:572-584.
- International Food Information Council Foundation – IFIC. (2006) Functional Foods. <<http://www.ific.org/nutrition/functional>>. Acesso em: 26 de outubro de 2011.
- Mariod, B. A., Ibrahim, R. M., Ismail, M., Ismail, N. (2009) Antioxidant activities of phenolic rich fractions (PRFs) obtained from black mahlab (*Monechma ciliatum*) and white mahlab (*Prunus mahaleb*) seedcakes. Food Chemistry 118:120–127.

- Melo, E. A. *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, Recife, 2008.
- Morais, S. M., Braz Filho, R. Produtos Naturais: estudos químicos e biológicos. Fortaleza: Eduece, 2007.
- Ratnam, D. V.; Ankola, D. D.; Bhardwaj, V.; Sahana, D. K.; Ravi Kumar, M. N. V. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. Journal of Controlled Release. 113:189–207.
- Roesler, R. *et al.* Atividade antioxidante de frutos do cerrado. Ciências e Tecnologias de Alimentos, Campinas, 2007.

16TCA. CONTENIDO DE DAIZEINA COMO INDICADOR DE EXTRACCIÓN DE ISOFLAVONAS EN SOJA Y SUBPRODUCTOS DE SU INDUSTRIALIZACIÓN

COSTANZO V.¹, GORONDY NOVAK S.¹, PENCI M.C.¹, TURCO M.^{2,3}, REARTES N.^{1,2}, FERRAYOLI C.^{2,3}, NASSETTA M.¹

¹**Departamento de Química Industrial y Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (UNC) – Córdoba, Argentina**

²**Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba (CEPROCOR)- Ministerio de Ciencia y Tecnología, Gobierno de la Provincia de Córdoba – Córdoba, Argentina**

³**Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (UNC) – Córdoba, Argentina**
cpenci@efn.uncor.edu

Resumen: La actividad biológica de las isoflavonas de soja y su efecto beneficioso a la salud, mediante la incorporación a la dieta, por el consumo de alimentos que las contengan ha adquirido importancia desde hace ya algunos años. Considerando al grano de soja como un material rico en isoflavonas y de total disponibilidad en nuestro país, se realizaron estudios con el objeto de obtener un concentrado de isoflavonas para ser incorporado en la formulación de alimentos. La cantidad y distribución de isoflavonas presentes en el grano de soja es variable y debido a este hecho se utilizó el contenido de la isoflavona daidzeína como indicador de extracción. Se analizaron grano de soja y derivados de su industrialización provenientes de distintos procesos (extracción de aceite por prensado y por solvente) con el objeto de determinar el solvente y/o mezclas de solventes más adecuado para la extracción de isoflavonas. El contenido de daidzeína resultó variable dependiendo del origen de la materia prima y del solvente empleado en la extracción. Resulta beneficioso el empleo de harina de soja (subproducto del proceso de extracción de aceite de soja) como materia prima para la obtención del concentrado. Respecto del solvente de extracción, las mezclas etanol-agua 54-80% (v/v) resultaron efectivas. Estos datos constituyen la base para continuar con la optimización de la extracción de isoflavonas a escala piloto.

1. Introducción:

Las isoflavonas constituyen una subclase importante de flavonoides. La estructura básica que caracteriza una isoflavona es su núcleo flavona. En los granos de soja se han encontrado 12 tipos de isoflavonas cuya estructura química es conocida, incluyendo 3 agliconas, genisteína, daidzeína y gliciteína, y sus respectivos 7-O- β -glucósidos, 6''-O-acetil-7-O- β -glucósidos y 6''-O-acetil-7-O- β -glucósidos.

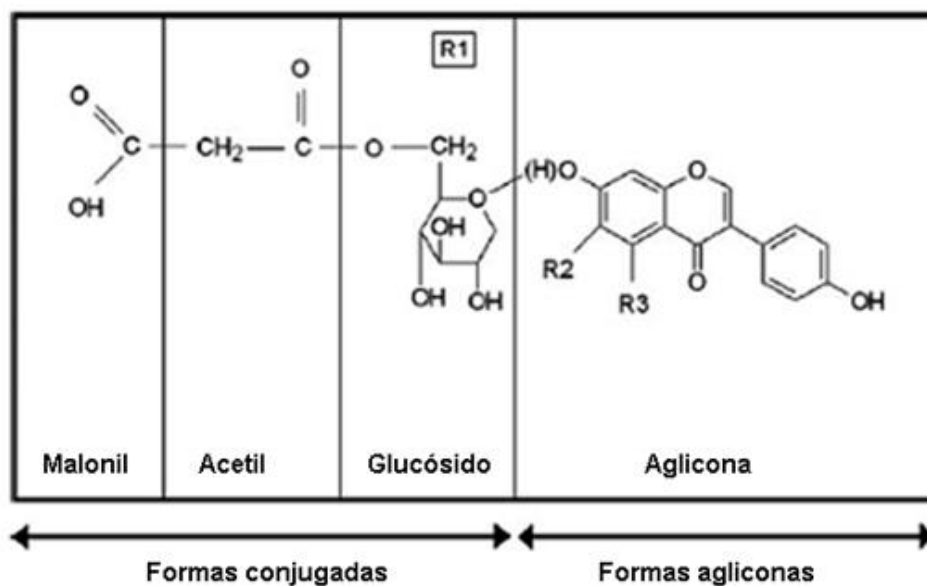


Figura 1 – Estructura química de las isoflavonas (R1, R2 y R3 representan cadenas hidrocarbonadas o H).

Las isoflavonas se encuentran unidas generalmente a D-glucosa, de forma que estos compuestos se denominan comúnmente glucósidos. La parte sin azúcares de la molécula de isoflavona se llama aglicona. Todos los glucósidos de la isoflavona (genistina, daidzina y glicitina) pueden estar ligados a un grupo acetil o a un grupo malonil.

Desde hace ya varios años, se ha reportado la actividad biológica de estos compuestos e investigaciones sugieren que las isoflavonas de la soja actuarían de diversas maneras: como estrógenos, como antiestrógenos, como inhibidores de enzimas promotoras de cáncer, como antioxidante, como estimuladores inmunológicos y otros efectos clínicos (Setchell y Cassidy, 1999, Pascual-Teresa et al., 2006, Ding et al. 2010).

Las isoflavonas son metabolitos secundarios producidos por vegetales y pueden aislarse de la mayor parte de los tejidos de los mismos, incluyendo hojas, tallos, raíces, flores, semillas y germen. En el germen y en los brotes se encuentran en cantidad y se ha reportado que su función está relacionada con la regulación de procesos fisiológicos importantes para el crecimiento de la planta. Existen cerca de 220 especies vegetales que contienen isoflavonas, sin embargo la soja es la única legumbre que contiene cantidades relevantes de ellas (Brouns, 2002). En los granos de soja crudos no procesados, predomina la forma malonil mientras que en los alimentos elaborados a base de soja, la cantidad y el perfil de isoflavonas presentes en el producto final depende de la materia prima y el proceso de elaboración del mismo (Shao et al., 2009). El calentamiento o procesado térmico no afecta el contenido total de isoflavonas pero puede modificar el perfil de las mismas. Los malonil-glucósidos son los más afectados degradándose a acetil-glucósidos dependiendo del método de cocción y de la matriz alimentaria. Los productos horneados contienen una mayor proporción de glucósidos, mientras que los fritos contienen mayor cantidad de acetil-glucósidos. La degradación de los malonil-glucósidos durante el calentamiento es mucho más rápida cuando la matriz alimentaria contiene grasa y azúcares. Los procesos como el lavado, el remojo y la ebullición, disminuyen el contenido de isoflavonas totales (Grün et al., 2001).

El efecto biológico de las isoflavonas depende de su forma química y del metabolismo del individuo. Las isoflavonas se encuentran en los granos de soja como precursores inactivos de las formas biológicamente activas, siendo necesaria su biotransformación para que ejerzan sus acciones en el organismo. Estas reacciones ocurren en la luz intestinal por la

acción de enzimas de origen bacteriano. Las bacterias intestinales transforman la daidzeína en equol y la genisteína en dihidrogenisteína, lo que favorece su absorción intestinal y potencia su actividad biológica (Das y Rozazza, 2006). La capacidad de biotransformación de isoflavonas varía de una persona a otra, dependiendo del grado de hidrólisis de las isoflavonas por las bacterias intestinales, tránsito intestinal, edad, grupo étnico, pH intestinal, dieta, y del sistema inmune del individuo.

En el presente estudio se propone la extracción de isoflavonas de soja con el propósito de generar un concentrado que pueda ser incorporado en alimentos. Debido a que durante el proceso de extracción de aceite de soja la matriz vegetal se encuentra sometida a molienda, tratamiento térmico, extracción con solvente, etc., en un primer paso, se analizaron muestras provenientes de diferentes etapas de proceso con el objetivo de determinar aquella más conveniente como material de partida para la obtención del concentrado de isoflavonas. Se utilizó como indicador de la eficiencia de extracción a la isoflavona Daidzeína.

2. Objetivos:

- 1) Analizar el contenido y perfil de daidzeína en soja y derivados de su industrialización provenientes de distintos procesos (extracción de aceite por prensado y por solvente) con el objeto de usarla como indicador del contenido de isoflavonas.
- 2) Determinar el solvente y/o mezclas de solventes más adecuado para la extracción de isoflavonas con el fin de obtener un concentrado que permita su utilización en la formulación de alimentos.

3. Metodología:

Material

Se utilizó como material de partida granos de soja y material obtenido de diferentes etapas de la extracción de aceite de soja. En el caso de la Planta Industrial que opera con extracción por solvente (Provincia de Córdoba) se analizaron los siguientes materiales: poroto, expandido y harina; mientras que para la Planta Industrial que opera con extracción por prensado (Provincia de Córdoba) los materiales analizados fueron: poroto, extrusado, expeller y harina. Las muestras fueron molidas y fraccionadas en bolsas de 1 kg, las cuales se conservaron en cámara frigorífica 5°C, hasta su utilización.

Caracterización química del material

Se realizaron ensayos de contenido de humedad (AOAC-925.09B, 1998), proteínas (AOAC-979.09, 1998), contenido graso (AOAC-920.39C, 1998) y cenizas (AOAC-923.03, 1998).

Extracción de las isoflavonas

La extracción de isoflavonas fue llevada a cabo acorde al procedimiento descrito por Murphy et al. (2002). Los extractos se obtuvieron a partir del material molido y deslipidizado por tratamiento con hexano, a temperatura ambiente, empleando agitador orbital (40 rpm, 120 min). Se pesaron 2g (\pm 0.001g) de cada una de las muestras, se colocaron en frascos color ámbar, se agregaron 19 mL de solvente (mezclas de ACN/Agua y Etanol/Agua) y se procedió a la extracción (temperatura ambiente, 40 rpm, 120 min). El extracto se filtró y se recogió en matraces (25 mL) para la posterior identificación y cuantificación de daidzeína.

Identificación y cuantificación de isoflavonas

Para separar, identificar y cuantificar las isoflavonas extraídas, se utilizó un cromatógrafo líquido Waters modelo 2690, equipado con un detector de Arreglo de Diodos (PDA) Waters 996 (Waters Associated, Milford, MA). La separación se logró con una columna ZORBAX 8 Eclipse XDB-C18 (4,6 x 250 mm, 5 µm) mantenida a 40°C durante el tiempo de corrida. La fase móvil consistió en una solución al 1% de ácido acético en agua (Solvente A) y una mezcla al 1% de ácido acético en acetonitrilo (Solvente B). Se realizó un gradiente a un flujo de 1ml/min, comenzando con 92% de A, disminuyendo linealmente hasta 65% a los 55 minutos. El solvente A aumentó linealmente de 20% a 92% para volver a la composición original del sistema de solventes entre los 60 y 68 minutos. El volumen de inyección de la muestra fue de 10 µL, los espectros fueron leídos entre 240 y 400 nm con un detector de Arreglo de Diodos y los compuestos se detectaron a 254 nm. Las agliconas, los glicósidos y las formas acetil y malonil de la isoflavona daizeína fueron identificadas por comparación de sus tiempos de retención y espectro UV con estándares comerciales.

Análisis Estadístico:

Todos los ensayos fueron realizados al menos por duplicado. Los resultados se presentan como promedio de 4 réplicas \pm ds (desvío estándar). El análisis de la variancia (LSD Fisher) fue llevado a cabo empleando el software estadístico Infostat.

4. Resultados y discusión:

Los resultados de la caracterización de las muestras analizadas para cada una de las etapas de los procesos considerados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de soja y subproductos.

Planta de Extracción por Prensado				
	Proteínas ^a (%)	Materia Grasa ^a (%)	Humedad ^b (%)	Cenizas ^a (%)
Poroto	49,6 \pm 1,5	25,4 \pm 0,3	9,69 \pm 0,01	5,5 \pm 0,1
Extrusado	55,5 \pm 2,1	25,8 \pm 0,2	6,6 \pm 0,1	5,60 \pm 0,01
Expeller	52,2 \pm 1,8	14,72 \pm 0,05	9,31 \pm 0,02	6,45 \pm 0,02
Harina	52,3 \pm 1,2	14,9 \pm 0,1	8,0 \pm 0,1	6,56 \pm 0,03
Planta de Extracción por Solvente				
	Proteínas ^a (%)	Materia Grasa ^a (%)	Humedad ^b (%)	Cenizas ^a (%)
Poroto	48,8 \pm 1,2	23,6 \pm 0,1	9,8 \pm 0,2	5,42 \pm 0,05
Expandido	53,6 \pm 0,9	28,8 \pm 0,2	7,50 \pm 0,02	5,0 \pm 0,1
Harina	54, \pm 1,1	12,9 \pm 0,1	9,8 \pm 0,1	6,26 \pm 0,05

Media \pm desviación estándar (n=3).

^a valor calculado en base seca.

^b valor calculado en base húmeda.

Los valores que se reportan en la Tabla 1 se encuentran en concordancia con los encontrados en bibliografía (Padley et al., 1994, Shao et al., 2009). Las diferencias observadas en el contenido de materia grasa coinciden con la procedencia del material y tratamiento recibido. La isoflavona daidzeína fue empleada como indicador del contenido de isoflavonas extraído debido a que de todas las especies presentes en el poroto de soja ésta última es la que reporta la mayor actividad biológica.

Respecto al solvente a utilizar en la extracción de isoflavonas, la Tabla 2 muestra los resultados obtenidos empleando diversas mezclas acuosas de dos solventes seleccionados acorde a las características químicas de las isoflavonas de soja: Acetonitrilo y etanol. Cabe mencionar que si bien en la literatura se reportan resultados satisfactorios empleando acetonitrilo como solvente de extracción, el uso de éste último no se encuentra permitido en la elaboración de alimentos. Como alternativa se ensayaron mezclas de etanol/agua en distintas proporciones.

Tabla 2. Extracción de Isoflavonas (mg/100g) empleando diferentes solventes.

ACN 54% (v/v)							
	Proceso Extractivo por Prensado				Proceso Extractivo por Solvente		
	Poroto	Extrusado	Expeller	Harina	Poroto	Expandido	Harina
Daidzina	14,70 ^a ±0,28	34,84 ^b ±4,42	30,12 ^c ±3,73	19,9 ^d ±0,1	43,53 ^a ±0,49	37,0 ^b ±0,2	78,36 ^c ±1,92
Malonil Daidzina	42,27 ^a ±0,21	43,77 ^a ±7,19	40,23 ^a ±5,06	42,8 ^a ±2,9	160,1 ^a ±0,1	129,7 ^b ±0,1	64,15 ^c ±0,75
Daidzeína	2,5 ^a ±0,2	3,08 ^a ±0,44	2,64 ^a ±0,33	2,49 ^b ±0,17	4,59 ^a ±0,25	3,69 ^b ±0,05	3,24 ^b ±0,46
Etanol 96% (v/v)							
Daidzina	0,89 ^a ±0,11	2,10 ^b ±0,33	2,55 ^b ±0,32	1,67 ^c ±0,01	1,92 ^a ±0,00	7,39 ^b ±0,41	3,43 ^c ±0,15
Malonil Daidzina	1,08 ^a ±0,16	1,68 ^b ±0,20	2,36 ^c ±0,33	2,48 ^c ±0,01	2,51 ^a ±0,01	11,80 ^b ±0,90	1,93 ^c ±0,01
Daidzeína	1,05 ^a ±0,18	2,36 ^b ±0,34	3,59 ^c ±0,55	4,09 ^d ±0,06	1,19 ^a ±0,11	1,70 ^b ±0,15	1,23 ^a ±0,12
Etanol 80% (v/v)							
Daidzina	16,61 ^a ±1,87	28,48 ^b ±8,18	26,57 ^b ±1,77	24,04 ^b ±0,60	46,27 ^a ±13,11	29,29 ^b ±12,57	75,09 ^c ±0,07
Malonil Daidzina	36,35 ^a ±4,35	30,67 ^a ±9,24	34,79 ^a ±2,30	42,62 ^b ±1,23	128,31 ^a ±21,46	83,53 ^b ±27,96	53,33 ^c ±0,32
Daidzeína	1,55 ^a ±0,01	0,84 ^b ±0,02	2,08 ^c ±0,01	2,14 ^d ±0,16	2,92 ^a ±0,32	2,36 ^a ±0,89	3,05 ^a ±0,21
Etanol 54% (v/v)							
Daidzina	13,18 ^a ±2,04	24,96 ^b ±2,73	23,05 ^b ±0,00	17,99 ^c ±0,38	44,55 ^a ±1,31	28,68 ^b ±3,96	76,38 ^c ±6,68
Malonil Daidzina	33,5 ^a ±0,4	30,26 ^b ±3,20	29,77 ^b ±0,47	40,88 ^c ±1,38	150,16 ^a ±3,27	93,59 ^b ±11,90	59,07 ^c ±6,07
Daidzeína	1,27 ^a ±0,08	2,52 ^b ±0,08	1,87 ^c ±0,01	2,28 ^d ±0,00	3,04 ^a ±0,06	1,97 ^b ±0,12	2,76 ^c ±0,06
Etanol 44% (v/v)							
Daidzina	13,90 ^a ±1,64	19,01 ^b ±0,53	18,97 ^b ±1,40	11,85 ^a ±1,68	38,54 ^a ±3,16	29,06 ^b ±1,96	62,85 ^c ±6,84
Malonil Daidzina	32,33 ^a ±3,60	23,67 ^b ±1,06	25,53 ^b ±1,64	27,5 ^b ±4,46	126,13 ^a ±12,28	89,36 ^b ±5,86	49,26 ^c ±4,60
Daidzeína	16,1 ^a ±0,08	18,2 ^b ±0,15	16,5 ^a ±0,16	16,9 ^a ±0,08	4,52 ^a ±1,14	2,68 ^b ±0,09	2,29 ^c ±0,02

Media ± desviación estándar (n=4).

Letras distintas indican diferencias significativas (p< 0,05) entre materiales, para cada solvente.

Valores calculados en base seca, material deslipidizado.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 2 puede evidenciarse la diferencia en contenido de isoflavonas de las muestras provenientes de cada proceso. Esta diferencia en cantidad de isoflavonas presente en el poroto puede atribuirse a la diversidad de factores involucrados en el cultivo y almacenamiento del grano (tipo y humedad del suelo, riego, período de cosecha, germinación, entre otros) tal como ha sido reportado por Lin y Lai, (2006) y Devi et al. (2009).

Considerando el solvente empleado en el proceso extractivo, (Tabla 2) puede evidenciarse que el empleo de acetonitrilo (ACN) maximizó el contenido de isoflavonas extraído independientemente del tipo de material y su procedencia, mientras que empleando mezclas hidroalcohólicas la cantidad de isoflavonas extraídas fue dependiente de la concentración de etanol presente en la mezcla (Tabla 2), y en todos los casos inferior a la extracción con ACN 54%.

El rango de concentración de 54-80% de etanol-agua empleado como solvente resulta adecuado y estos resultados revelan la conveniencia de emplear etanol en el solvente de extracción. Si bien ACN es más eficiente, resulta un solvente más tóxico, no apto para su uso en alimentos, es más costoso y su producción no es local. Estas razones y los

resultados aceptables obtenidos con mezclas hidroalcohólicas, motivan el interés de avanzar en la investigación hacia una optimización a escala piloto de las condiciones de extracción.

En cuanto al tipo de material a emplear, los resultados obtenidos para el material proveniente de un proceso de extracción por prensado son similares a aquellos obtenidos para material resultante del proceso de extracción por solvente. En ambos casos, el empleo de harina de soja resulta beneficioso no sólo por la cantidad de isoflavonas encontradas en el extracto, respecto a las otras etapas del proceso sino también como valor agregado a este subproducto.

Es notable el efecto del tratamiento térmico que el material ha recibido durante las etapas del extracción de aceite a partir del poroto en el contenido y la distribución de isoflavonas. Tanto el proceso de laminado y expandido (proceso de extracción por solvente) como el paso por la prensa extrusora (proceso de extracción por prensado) provocan un incremento de la temperatura del material y su consecuente efecto hidrolítico en la isoflavona daidzeína. En ambos casos, en la harina de soja, se observa un incremento de los glucósidos de isoflavonas a costa de una disminución del contenido de malonil-daidzeína.

5. Conclusiones:

El contenido de daidzeína presente en el poroto de soja y subproductos de procesos convencionales de extracción de aceite de soja puede ser empleado como indicador de la presencia de isoflavonas en soja. El rendimiento de la extracción es dependiente del solvente empleado, siendo beneficioso el empleo de mezclas etanol-agua 54-80% (v/v).

La optimización de la extracción para la generación de un concentrado de isoflavonas requiere de continuar con los ensayos iniciados en este estudio y abordar el análisis del efecto de otras variables involucradas tal como: agitación, temperatura y tiempo de extracción.

6. Bibliografía:

- AOAC, (1998) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, 17th (ed), AOAC International Gaithersburg, MD, USA.
- Brouns, F (2002). Soya isoflavones: a new and promising ingredient for the health foods sector. *Food Res Int* 35, 187-193.
- Das S., Rosozza J.P. (2006) Microbial and enzymatic transformations of flavonoids. *J Nat Prod* 69 (3), 499-503.
- Devi A., Gondi, G. Sakthivelu, P. Giridhar, Rajasekaran T. y Ravishankar G.A. (2009). Functional attributes of soybean seeds and products, with reference to isoflavone content and antioxidant activity. *Food Chem* 114 (3), 771-776.
- Ding W.K., Shah N.P. (2010). Enhancing The biotransformation of isoflavones in soy milk supplemented with lactose using probiotic bacteria during extended fermentation. *J Food Sci* 75 (3), 140-149.
- Grün, I., Adhikari, K., Li, C., Lin, B., Zhang, J., Fernando, L.(2001) Changes in the profile of Genistein, Daidzein, and their conjugates during thermal processing of Tofu. *J Agric Food Chem* 49, 2839-2843.
- Setchell K.D.R, Cassidy A. (1999). Dietary isoflavones: Biological effects and relevance to human health. *J Nutr* 129, 758-765.
- Lin P.-Y., Lai H.-M. (2006) Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *J Agr Food Chem* (54) 3807-3814.
- Murphy, P.A.; Barua, K.; Hauck, C. (2002) Solvent extraction in the determination of isoflavones in soy foods. *J of Chrom B*, 777, 129-138.

Padley F.B., Gunstone F.D., Harwood J.H. (1994). Occurrence and characteristics of oils and fats. *The Lipid Handbook* – Gunstone FD, Harwood JL, Padley FD (Eds). Chapman & Hall, London.

Pascual-Teresa S., Hallund H., Talbot D., Schroot J., Williams C.M., Bugel S., Cassidy A. (2006) Absorption of isoflavones in humans: effects of food matrix and processing. *J Nutr Biochem.* 17, 257-264.

Shao S., Duncan A.M., Yang R., Marcone M.F., Rajcan I., Tsao R. (2009) Tracking isoflavones: From soybean to soy flour, soy protein isolates to functional soy bread. *J Funct Foods*, 1(1), 119-127.

17TCA. COMPARAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE POR DIFERENTES MÉTODOS E PERFIL QUÍMICO DE *ANNONA MURICATA L.*

REIS, C. N.*; BERNARDES, N. R.*; GLÓRIA, L. L.*; ARANTES, M. B. S.*; PINHEIRO, L. Z.*; DINIZ, R. S.*; OLIVEIRA, D. B.*.

Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Tecnológicas e Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) / RJ / Brasil - clara_biol@yahoo.com.br

Resumo: A *Annona muricata L.* (graviola) destaca-se na economia brasileira e mundial no mercado de frutos tropicais e integra a diversidade biológica da região de Campos dos Goytacazes – RJ/ Brasil. O consumo de frutas está associado com a redução ao risco de muitas doenças, as quais estão relacionadas com os elevados níveis de estresse oxidativo. Antioxidantes diminuem o estresse oxidativo, minimizando a incidência de doenças, o que contribui para o bem estar dos indivíduos e a graviola é uma boa fonte natural de antioxidantes. Diversos métodos têm sido usados frequentemente para avaliar a capacidade antioxidante de frutas, incluindo o 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e o método de redução de ferro (FRAP). Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi comparar a eficiência destes métodos para estimar a atividade antioxidante e estabelecer uma possível correlação entre a atividade antioxidante e as substâncias fenólicas, bem como analisar o perfil químico da polpa dos frutos. Mediante os resultados, é possível constatar o potencial antioxidante exibido pelas amostras nos dois métodos, bem como comparar a atividade sequestrante de radicais livres com os padrões BHT, rutina, quercetina e apigenina, além de verificar o perfil químico das substâncias presentes.

1. Introdução:

O Brasil tem se sobressaído como um respeitável produtor e consumidor de frutas, e a *Annona muricata* é empregada, principalmente, na indústria de polpas alimentícias para refrescos, geléias, doces e sorvetes. A literatura etnofarmacológica registra vários usos medicinais baseados no senso comum, o qual lhe atribui várias propriedades, embora a eficácia e a segurança de suas preparações não tenham sido todas, ainda, comprovadas cientificamente (Reis et al., 2011; Pereira et al., 2004).

A espécie *Annona muricata L.* pertence à família Annonaceae e ao gênero *Annona*. É também conhecida como graviola, guanabara, araticum, coração-de-rainha, fruta-do-conde, jaca-do-pará, pinha, entre outros. Os frutos são do tipo baga com polpa mucilaginosa e levemente ácida. Originária da América tropical, principalmente Antilhas e América Central, é amplamente cultivada em todos os países de clima tropical, inclusive no Brasil (Vieira et al., 2010; Corrêa, 1984).

Estudos químicos com a *A. muricata L.* conduziram ao isolamento de compostos de diversas classes, tais como: acetogeninas, alcalóides, terpenóides, carboidratos, polifenóis, lipídeos e aminoácidos, e algumas destas substâncias estão associadas ao seqüestro dos radicais livres formados nos processos degenerativos (Reis et al., 2011; Ribeiro et al., 2010; Angelo e Jorge, 2007; Luna, 2006).

Como a oxidação é um evento metabólico que leva à geração da energia necessária para as atividades essenciais das células, o metabolismo do oxigênio nas células também leva à produção de radicais livres e estes, podem provocar danos extensivos (Reis et al., 2011). O estresse oxidativo tem sido relacionado ao desenvolvimento de várias doenças crônicas e degenerativas como, por exemplo, o câncer, doenças cardíacas, doenças degenerativas

como Alzheimer, assim como está envolvido no processo inflamatório e de envelhecimento (Roesler et al., 2007; Shami e Moreira, 2004).

Pesquisas clínicas e epidemiológicas têm evidenciado que antioxidantes fenólicos de frutas, cereais e vegetais são os principais fatores que contribuem para redução da incidência de doenças crônicas e degenerativas encontradas em populações cujas dietas são altas na ingestão desses alimentos. Assim, a ênfase em estudos por antioxidantes naturais tem crescido muito nos últimos anos. Substâncias que possuem atividade antioxidante incluem a classe de fenóis, ácidos fenólicos, bem como, flavonóides, tocoferóis, fosfolipídios, aminoácidos, ácido ascórbico, pigmentos, taninos e esteróis (Bernardes et al., 2010).

Os compostos fenólicos compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana e apresentam características antiinflamatórias, anticarcinogênicas, antitrombóticas, antivirais, antimicrobianas, vasodilatadoras, imunomodulatórias e analgésicas. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os ácidos fenólicos, fenóis simples, flavonóides, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis, os quais possuem atividade antioxidante comprovada (Oliveira et al., 2009; Angelo e Jorge, 2007).

2. Objetivos:

- 1) Analisar o perfil químico da polpa dos frutos de *Annona muricata* L..
- 2) Comparar a eficiência dos métodos de DPPH e FRAP para estimar a atividade antioxidante.
- 3) Estabelecer uma possível correlação entre a atividade antioxidante e as substâncias fenólicas.

3. Materiais e Métodos:

- Coleta do Material Vegetal: o material vegetal foi coletado no Município de Bom Jesus do Itabapoana - RJ nos períodos de frutificação, os quais correspondem aos meses de dezembro a fevereiro. Os espécimes foram depositados sob o código H5488 no Herbário da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).
- Preparo das amostras: os frutos de *Annona muricata* L. foram limpos, lavados com água destilada e separadas as suas partes (casca, semente e polpa). A polpa dos frutos foi submetida à extração com água na proporção de 75% (p/v) originando o extrato aquoso (GS). Uma parte foi submetida a precipitação com etanol (1:1) obtendo-se um sobrenadante (GSS) e um precipitado (GSP).
- Análise Antioxidante pelo método de DPPH: o método fotolorimétrico do radical livre estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH – 0,1mM) consiste na adição de 1 mL do extrato em concentrações que variam de 0,1 - 1000 µg/mL, em 1 mL de uma solução metanólica de DPPH (0,1 mM), sendo a reação processada em 1h à temperatura ambiente. Imediatamente, a absorção do DPPH foi verificada em 515 nm em um espectrofotômetro UV-Vis Shimadzu Mini 1240. A atividade sequestrante de radicais livres de cada amostra foi expressa pela relação da absorção de DPPH, baseado na solução de DPPH ausente do extrato (controle negativo) e uma solução de um padrão de substância aromática (controle positivo), o 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT), bem como a quercetina (Sigma-Aldrich, Brasil), rutina (Sigma-Aldrich, Brasil) e apigenina (Sigma-Aldrich, Brasil). Após, o percentual sequestrador (PS%) de radicais livres foi calculado (Koleva et al., 2002). A capacidade de sequestrar radicais livres foi expressa como percentual de inibição da oxidação do radical e foi calculada mediante a seguinte fórmula (Yen e Duh, 1994):

$$\% \text{ de inibição} = ((A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Extr}})/A_{\text{DPPH}})*100 \quad (1)$$

Onde A_{DPPH} é a absorbância da solução de DPPH e A_{Extr} é a absorbância da amostra em solução.

▪ Análise Antioxidante pelo método de Redução do Ferro (FRAP): Pesou-se 2 mg de amostra, a qual foi solubilizada com 500 μ L de metanol a 50% e 500 μ L de acetona a 70%. O reagente FRAP foi obtido a partir da combinação de 25 mL de tampão acetato 0,3 M, 2,5 mL de uma solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20 mM. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 90 μ L das amostras diluídas para tubos de ensaio, acrescentou-se 270 μ L de água destilada com 2,7 mL do reagente FRAP e manteve-se em banho-maria a 37 °C. A leitura foi feita a 595 nm após 30 minutos da mistura preparada e utilizando-se o reagente FRAP como branco para calibrar o espectrofotômetro. Uma curva padrão foi feita com o Trolox entre 50 μ M e 1500 μ M, sendo os resultados expressos em μ M Trolox/mg de amostra.

▪ Perfil Químico: a CLAE foi utilizada para conhecer as substâncias presentes. A detecção foi feita nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm (detector por varredura de espectro ao ultravioleta por arranjo de fotodiodos SPD-M10A) e injetor Rheodyne 7725i com volume de injeção de 20 μ L. Utilizou-se a coluna RP-18 da Macherey-Nagel (5 μ m, 4,0 x 250mm). O sistema de solvente usado foi água acidificada com ácido fosfórico (pH 3,2) e acetonitrila, sendo a eluição gradiente com fluxo de 1 ml/min. As amostras foram preparadas na concentração de 5 mg/ml (p/v).

4. Resultados e Discussão:

Pelo método do DPPH, pode-se observar que as amostras apresentam atividade sequestradora de radicais livres nas três concentrações avaliadas (1000, 100 e 10 μ g/mL) como mostra a **Tabela 1**.

Amostras	Concentrações		
	1000 μ g/mL (%)	100 μ g/mL (%)	10 μ g/mL (%)
GS	91,2 \pm 1,7	71,7 \pm 2,7	43,4 \pm 3,2
GSS	88,2 \pm 2,2	59,3 \pm 3,2	40,2 \pm 1,9
Quercetina	95,4 \pm 0,9	93,4 \pm 1,2	91,7 \pm 0,7
Rutina	88,5 \pm 0,6	85,8 \pm 0,7	0,82 \pm 0,1
Apigenina	60,5 \pm 1,0	42,1 \pm 1,1	9,6 \pm 0,7
BHT	100 \pm 0,9	52,1 \pm 2,2	43,6 \pm 1,5

Tabela 1: Atividade antioxidante pelo método do DPPH em comparação com os padrões de referência quercetina, rutina, apigenina e BHT (Média \pm Desvio Padrão) (n=3).

Os percentuais de ação antioxidante mostraram-se bastante expressivos para as amostras na concentração de 1000 μ g/mL e, na concentração de 100 μ g/mL, tanto o extrato aquoso (71,7%) quanto o sobrenadante (59,3%) apresentaram atividade sequestrante de radicais livres superior ao padrão comercial BHT (52,1%), fato este que evidencia a ação antioxidante das amostras.

Quando se compara o extrato aquoso e o sobrenadante com o padrão quercetina observa-se que o percentual de seqüestro é inferior aos valores encontrados para a quercetina.

Em comparação ao flavonóide rutina, o extrato aquoso (1000 μ g/mL) apresentou atividade antioxidante superior. Já na concentração de 10 μ g/mL, tanto o extrato aquoso quanto o sobrenadante exibiram um potencial de seqüestro de radicais livres superior a rutina. Na concentração de 100 μ g/ este percentual é inferior a este flavonóide.

Quando se observa o potencial antioxidante das amostras em comparação a apigenina, um outro flavonóide empregado como padrão, nota-se que na concentração de 1000 μ g/mL, 100 μ g/mL e 10 μ g/mL, o extrato aquoso e o sobrenadante também exibiram um percentual de seqüestro superior a este padrão.

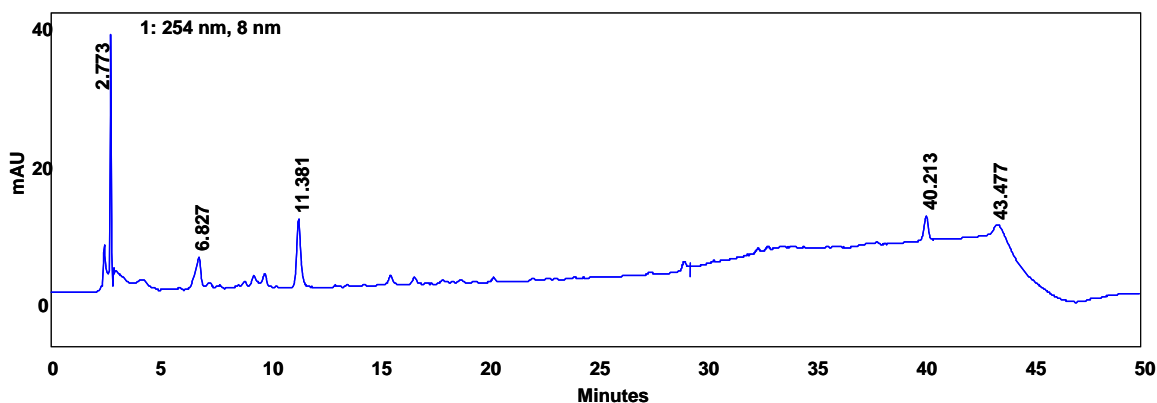
Segundo Ross e Kasum (2002), a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos é determinada pela sua estrutura, especialmente com a facilidade com que um átomo de hidrogênio a partir de uma hidroxila do anel aromático pode ser doado a um radical livre. Além disso, o potencial antioxidante também está relacionado com a polaridade, natureza e posição dos grupos constituintes na estrutura dos compostos fenólicos (Fabri, 2008).

Pelo método de redução do ferro (FRAP) também se evidenciou a atividade antioxidante (**Tabela 2**). Quando se compara o extrato aquoso com os padrões fenólicos observa-se que o percentual de seqüestro de radicais livres é inferior aos valores encontrados para a quercetina e rutina. Já em relação à apigenina, o extrato aquoso apresentou um potencial antioxidante superior, enquanto o sobrenadante possui uma atividade antioxidante inferior a este padrão.

Amostras	[] μ M Trolox/mg de amostra
GS	613,348 \pm 13,5
GSS	256,227 \pm 10,9
Quercetina	1108,896 \pm 3,5
Rutina	1046,396 \pm 1,4
Apigenina	304,458 \pm 6,2

Tabela 2: Atividade antioxidante pelo método do FRAP em comparação com os padrões fenólicos quercetina, rutina, apigenina (Média \pm Desvio Padrão) (n=3).

Em relação ao perfil químico observou-se tanto para cromatograma do extrato aquoso (**Figura 1**) quanto para o cromatograma referente ao sobrenadante (**Figura 2**) alguns picos com tempo de retenção variando entre 3 e 43 minutos nos dois comprimentos de onda (254 e 350 nm), o que indica a presença de compostos fenólicos, como por exemplo, os flavonóides, os quais apresentam duas bandas de absorção características na região de 240 à 400 nm no ultravioleta (UV). Essas bandas são conhecidas como banda I e banda II: a banda I (300-380 nm) está associada à absorção do sistema cinamoil do anel B e a banda II (240-280 nm) se dá pela absorção do sistema benzoil do anel A (Alonso-Salces et al., 2004) (**Figura 3**).



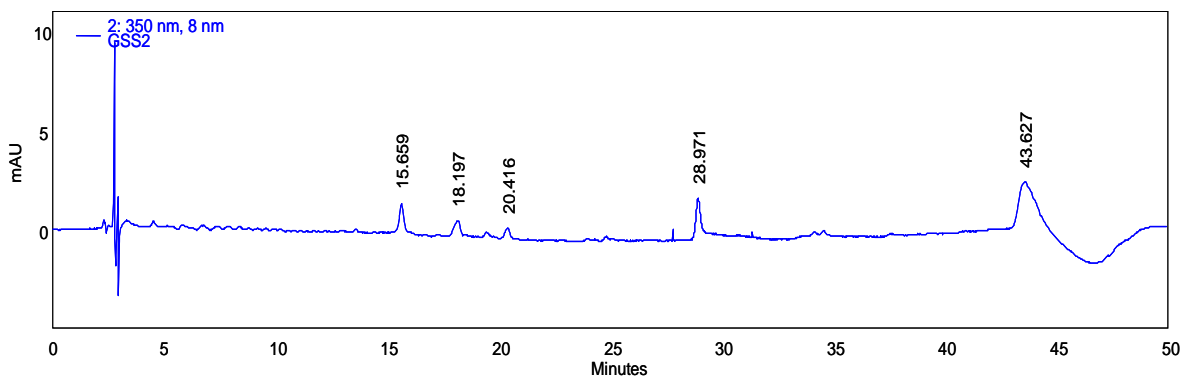
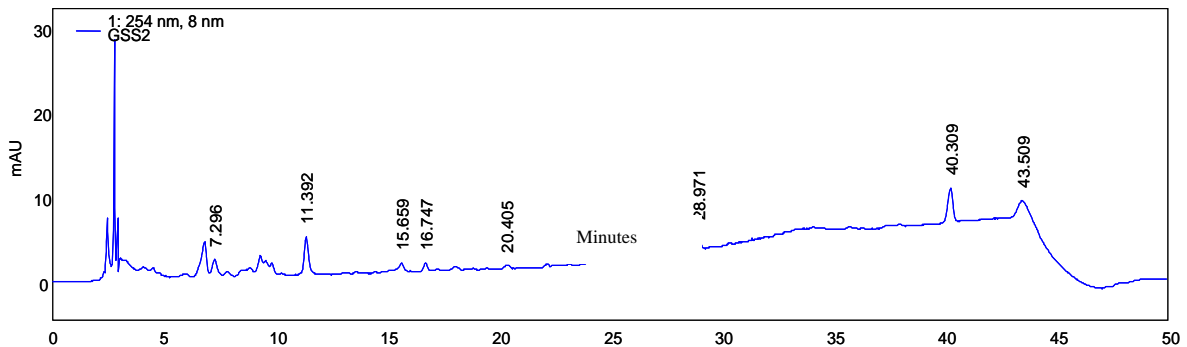
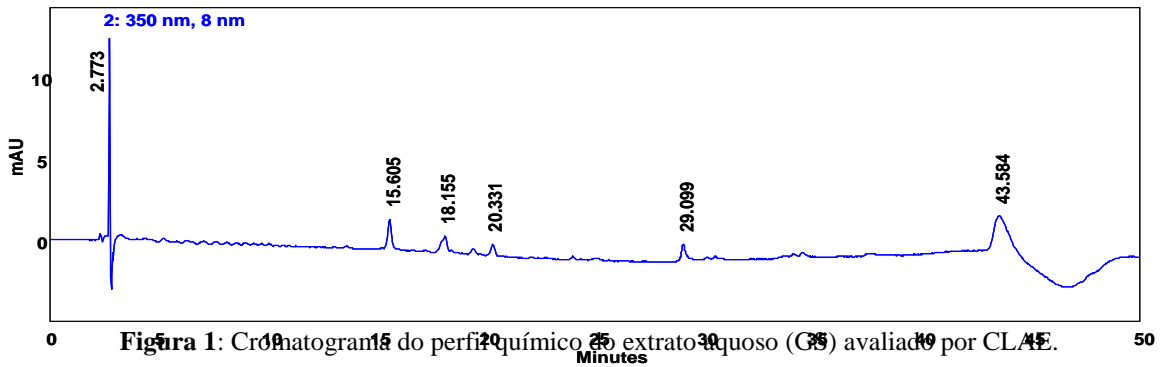


Figura 2: Cromatograma do perfil químico do sobrenadante (GSS) avaliado por CLAE.

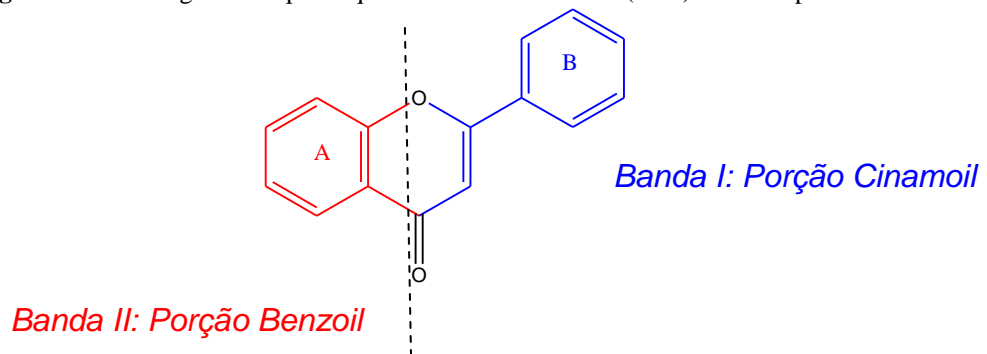


Figura 3: Flavonóide e suas porções que geram as bandas de absorção características no UV.

Mediante esses resultados, é possível inferir que pode haver uma possível correlação entre a atividade antioxidante constatada por ambos os métodos (DPPH e FRAP) e o conteúdo fenólico presente na polpa dos frutos. Os relatos na literatura acerca da correlação entre as substâncias fenólicas e a atividade antioxidante é controversa. Alguns autores observaram uma alta correlação (Benvenuti et al., 2004; Jimenez et al., 2000), enquanto outros não

observaram correlação direta (Eberhardt et al., 2001; Imeh e Khokbar, 2002). Estudos apontam que a correlação entre a capacidade antioxidante e o teor de fenóis totais pode estar sujeita ao método selecionado e também às características hidrofóbicas ou hidrofílicas do sistema teste e dos antioxidantes avaliados (Roesler et al., 2007). Além disto, outras moléculas podem estar agindo em sinergismo aos compostos fenólicos, o que certamente ocasiona uma alta concentração da atividade seqüestradora de radicais livres.

5. Conclusões:

Tanto o extrato aquoso quanto o sobrenadante advindos da polpa dos frutos de *Annona muricata* L. possuem boa capacidade de seqüestrar radicais livres, ou seja, boa atividade antioxidante, sendo que a comparação dos métodos não mostrou incoerência na determinação da atividade antioxidante, pois em ambos foi possível observar o seqüestro de radicais livres. Além disso, há uma possível correlação positiva entre a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico presente na polpa dos frutos.

6. Bibliografia:

- Alonso-Salces, R. M.; Barranco, A.; Abad, B.; Berrueta, L. A.; Gallo, B.; Vicente, F. (2004). Polyphenolic profiles of basque cider apple cultivars and their technological properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 2938-2952.
- Angelo, P. M.; Jorge, N. (2007). Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. 66(1), 1-9.
- Benvenuti, S.; Pellati, F.; Melegari, M.; Bertelli, D. (2004). Polypehols, Anthocyanins, Ascobic Acid, and Radical Scavenging Activity of Rubus, Ribes and Aronia. *Food Chemistry and Toxicology*. 69(3), 164-169.
- Bernardes, N. R.; Pessanha, F. F.; Oliveira, D. B. (2010). Alimentos Funcionais: Uma breve revisão. *Ciência e Cultura - Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB*. 6 (2). novembro.
- Corrêa, M. P. (1984). *Dicionário de plantas medicinais do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal. 6 (3), 646.
- Eberhardt, M. V.; Liu, R. H.; Smith, N. L.; Lee, C. Y. (2001). Antioxidant activity of various apple cultivars. *Abstract of papers of The American Chemical Society; American Chemical Society: Washington, DC*. 221(1), 118.
- Fabri, R. L. (2008). Estudo fitoquímico de *Mitracarpus frigidus* (Willd. ex Reem Schult.) K. Schum. Biomonitorado pela atividade antimicrobiana e avaliação das atividades citotóxica, leishmanicida e antioxidante. *Dissertação de Mestrado – Juiz de Fora – MG, Universidade Federal de Juiz de Fora*, 148 páginas.
- Imeh, U.; Khokbar, S. (2002). Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(22), 6301-6306.
- Jimenez, E. A. ; Rincón, M.; Pulido, R.; F S. C. (2000). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(11), 5489-5493.
- Koleva, L. I., Van Beek, T. A., Linssen, J. P. H., De Groot, A., Evstatieva, L. N. (2002). Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochemical Analysis*. 13, 8-17.
- Luna, J. S. (2006). *Estudo de Plantas Bioativas*. Tese de Doutorado – Recife – PE, Universidade Federal de Pernambuco, 254 páginas.
- Oliveira, D. B.; Pessanha, N. N. C.; Bernardes, N. R.; Silva, W. D.; Muzitano, M. F.; Oliveira, D. R. (2009). Extrato dos frutos de *Cereus Fernambucensis*: Atividade

- Antioxidante e Inibição da Produção de Óxido Nítrico (NO) por Macrófagos. *Interscienceplace*. 2(7).
- Pereira, R.C.; Oliveira, M.T.R.; Lemos, G.C.S. (2004). Plantas utilizadas como medicinais no município de Campos de Goytacazes - RJ. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 14(1), 40-44.
- Reis, C. N.; Freitas, W. R.; Ventura, T. L. B.; Kanashiro, M. M.; Muzitano, M. F.; Oliveira, D. B. (2011). Inibição da Produção de Óxido Nítrico e Efeito Citotóxico de Extrato Aquoso de *Annona muricata* L. *Perspectivas Online – Ciências Biológicas e da Saúde*. 1(2), 1- 8.
- Ribeiro, R. I. M.; Kuribayashi, J. S.; Borges júnior, P. C.; Beletti, M. E.; Espindola, F. S.; Cassali, G. D.; Loyola, A. M. (2010). Inibição de metaloproteinases por extratos aquosos de *Aloe vera*, *Annona muricata* e chá preto. *Bioscience Journal, Uberlândia*. 26, 121-127.
- Roesler, R.; Malta, L. G.; Carrasco, L. C.; Holanda, R. B.; Sousa, C. A. S.; Pastore, G.M. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 27(1), 53-60.
- Ross, J. A., Kasum, C. M. (2002). Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. *Annual Review of Nutrition*. 22,19–34.
- Shami, N. J. I. E.; Moreira, E. A. M. (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*. 17(2), 227-236.
- Vieira, G. H. F.; Mourão, J. A.; Ângelo, A. M.; Costa, R. A.; Vieira, R. H. S. F. (2010). Antibacterial effect (in vitro) of *Moringa oleifera* and *Annona muricata* against gram positive and gram negative bacteria. *Revista Instituto Medicina Tropical, São Paulo*. 52(3), 129-132, may-jun.
- Yen, G. C.; Duh, P. D.(1994). Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active-oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42(3), 629-632.

18TCA. AVALIAÇÃO DO TEOR DE TANINOS CONDENSADOS E FENÓIS TOTAIS ARTOCARPUS ALTILIS (MORACEAE)

ARANTES, M. B.S*, REIS, C. N*, BERNARDES N.R*, PEREIRA, S.M.F*,
BETTERO, C.C.O*, OLIVEIRA D. B.*

* Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências Tecnológicas e Agropecuárias, Laboratório de Tecnologia de Alimentos. Av. Alberto Lamego, 2000. CEP: 28013-612 Campos dos Goytacazes, Brasil
mariana.arant@yahoo.com.br

Resumo: *Artocarpus altilis* popularmente conhecida como fruta pão, pertence a família Moraceae e é popularmente utilizada na alimentação humana. Assim, o presente trabalho buscou verificar os teores de taninos condensados e fenóis totais no extrato aquoso (fração bruta) e sobrenadante, o qual foi obtido por métodos purificativos de evaporação (do extrato aquoso) e uma precipitação etanólica (1:1). Com a obtenção dessas duas frações foi possível submetê-las aos experimentos que tem por finalidade quantificar a presença de taninos condensados e fenóis totais em frutos de *Artocarpus altilis*. Para taninos condensados esses procedimentos consistiram em separar 1 mL de amostra e adicionar solução de butanol com 5% de ácido clorídrico. Após, aqueceu-se em banho-maria a 95°C/2 hs e suas absorbâncias foram lidas entre as faixas de 520 e 540 nm. Para a análise de fenóis totais, utilizou-se o método de Folin-Denis, onde se adicionou 0,5 mL do reagente de Folin-Denis em 0,5 mL da amostra e 3 mL de água destilada, decorrida 1 hora, 1 mL da solução de carbonato de cálcio saturada foi adicionada, as absorbâncias foram lidas em 760nm. Os resultados encontrados indicam que nas amostras analisadas não houve presença de taninos condensados. Quanto aos fenóis totais, se pode verificar diferenças entre os valores do sobrenadante e do extrato aquoso, o qual obteve menor teor em relação ao primeiro. Isso ocorreu devido aos processos purificativos empregados, estes tendem a concentrar as substâncias analisadas por este método.

1. Introdução:

A fruta-pão pertence à família Moraceae, a qual compreende cerca de sessenta gêneros, destacando-se o gênero *Artocarpus*, que abrange mil e quatrocentas espécies. É conhecido que esse gênero apresenta um significativo teor de compostos fenólicos (Amarasinghe, 2007). Para tanto, analisamos o teor de taninos e fenóis presente na polpa do fruto de *Artocarpus altilis*.

Pode-se dizer que os compostos fenólicos são encontrados geralmente nos produtos vegetais. A sua origem está ligada a via biossintética do ácido chiquímico e a via do acetato-malato (Cidade, 2001), onde há a obtenção de flavonóides como produto. Esses compostos compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana e apresentam características antiinflamatórias e anticarcinogênicas. Dentre eles, destacam-se os fenóis totais e os taninos, os quais possuem atividade antioxidante.

Em relação aos frutos, observa-se variações na composição destes compostos devido a diferentes fatores como variedades/cultivares e partes do fruto. São localizados principalmente nas folhas, flores, e no mesocarpo dos frutos, pele ou casca, decrescendo em concentração até o centro destas (Ribani, 2006).

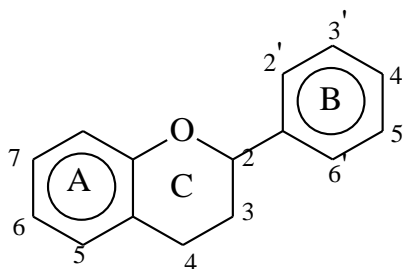


Figura 1: Estrutura básica de um composto fenólico (flavonóide).

Outra classe de compostos fenólicos são os taninos que são classificados em condensados e hidrolisáveis. Os taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros de flavonóides (**Figura 1**), cujos monômeros são unidos por uma ligação carbono-carbono. Os constituintes dos taninos condensados são encontrados em maiores proporções e com maior importância nos alimentos. Exibem uma estrutura similar aos flavonóides, com coloração variando do vermelho ao marrom, conforme a **Figura 2**. Em baixas concentrações em frutos, os taninos conferem-lhes características sensoriais desejáveis. Todavia, em concentrações mais elevadas, conferem aos frutos e outros alimentos características adstringentes (Degáspari, 2004). Os taninos possuem um forte potencial antioxidante, atuam no processo de estabilização de radicais livres (Paiva et al., 2002).

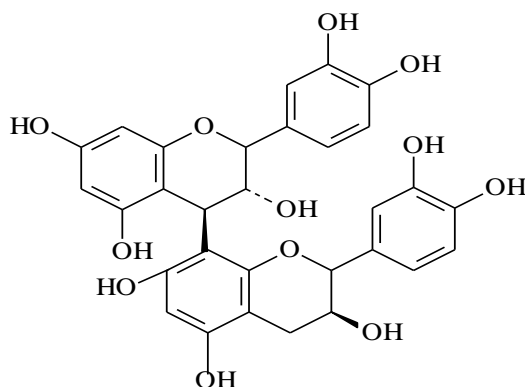


Figura 2: Estrutura de tanino condensado

Nesta pesquisa, foram avaliadas as concentrações de taninos condensados e fenóis totais, advindos de um extrato aquoso de concentração 20% p/v e um sobrenadante, obtido por meio de uma precipitação etanólica.

2. Objetivos:

1) Determinar os teores de taninos condensados e teores de fenóis totais presentes no extrato aquoso e sobrenadante de *Artocarpus altilis*.

3. Metodologia:

O material foi coletado na cidade de Muqui no estado do Espírito Santo-Brasil, em fevereiro de 2011. O fruto foi armazenado no freezer e foi preparado a partir de sua polpa (sem as cascas) um extrato aquoso de concentração 20% p/v. Este extrato aquoso foi colocado no banho-maria a 60° C. Onde permaneceu em banho-maria por cerca de um mês com a finalidade de concentrar a amostra. Obteve-se um volume de 40mL de extrato

aquoso, o qual foi submetido à precipitação etanólica na proporção 1:1 de onde obtemos o sobrenadante.

- Método para Dosagem de Taninos Condensados

Na determinação de taninos condensados, o extrato aquoso e o sobrenadante da polpa dos frutos *Artocarpus altilis* (500 mg) foram macerados com 4 porções de 5 ml de solução de acetona/ água (7:3). As porções unidas em balão volumétrico e o volume completado para 25 ml. Adicionou-se 1 mL de amostra e 4mL de solução de butanol (BuOH) em ácido clorídrico 5% (HCl) onde foi aquecida em banho-maria a 95°C por 2 horas. As amostras positivas desenvolveram coloração vermelha ou violeta e a absorbância das amostras foi realizada a 540 nm após 5 a 10 minutos (Moreira, 2000), sendo os resultados expressos em porcentagem (p/v).

- Método para Determinação de Fenóis Totais

Para a determinação do teor de fenóis totais, o extrato aquoso e o sobrenadante da polpa dos frutos de *Artocarpus altilis* (500 mg) foram macerados com 4 porções de 5 ml de solução de acetona/ água (7:3). As porções unidas em balão volumétrico e o volume completado para 25 ml. Foi utilizado o método de Folin-Denis, o qual envolveu a redução do reagente pelos compostos fenólicos das amostras com concomitante formação de um complexo azul (Moreira, 2000).

Adicionou-se 0,5 mL do reagente de Folin-Denis em 0,5 mL da amostra e 3 mL de água destilada e completou-se para 10mL. Após 1 hora, 1 mL da solução de carbonato de cálcio saturada (Na_2CO_3) foi adicionada. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760nm e os resultados foram expressos em mg/mL. A quantidade total de fenóis de cada extrato foi quantificada por meio de uma curva padrão que foi preparada com ácido tânico (Moreira, 2000). Todos os experimentos foram realizados em triplicata. O espectrofotômetro utilizado foi da marca UV-VIS Shimadzu Mini 1240.

4. Resultados:

Os resultados de taninos condensados foram expressos segundo o cálculo:

$$\text{Fator de diluição: } 25 \times 5 \times (\text{diluição da amostra antes da leitura}) \quad (1)$$

Onde foi construída uma curva padrão com as seguintes concentrações: 2ug/mL, 10ug/mL, 20ug/mL, 40ug/mL, 100ug/mL, 200ug/mL, 500ug/mL, 1000ug/mL, 2000ug/mL. Utilizando-se a seguinte equação da reta:

$$y=0,0039x+0,0297 \quad (2)$$

Com os valores encontrados, verificou-se que nas amostras EAFP (extrato aquoso fruta pão) e SFP (sobrenadante fruta pão) não foram detectados taninos condensados.

Os cálculos para análise de fenóis totais foram realizados segundo uma curva padrão com pontos distribuídos nas concentrações de 2ug/mL, 10ug/mL, 20ug/mL, 40ug/mL, 100ug/mL, 200ug/mL, 500ug/mL, 1000ug/mL, 2000ug/mL.

Amostras	Fenóis Totais (mg/mL)
EAFP	0,023
SFP	0,030

Figura 3: Dados obtidos do conteúdo de fenóis totais nas dos frutos de *Artocarpus altilis*.

Através dos resultados para fenóis totais (**Figura 3**) pode-se avaliar que o sobrenadante apresentou concentrações mais elevadas que o extrato bruto(EAFP).

5. Conclusões:

Os resultados obtidos indicam que tanto no extrato aquoso quanto no sobrenadante não foram detectados taninos condensados. Isso pode vir a corroborar com uma propriedade sensorial do produto, pois, quantidades elevadas conferem aos frutos e outros alimentos características adstringentes. Para tanto é verificado que este fruto não apresenta tal característica. Em relação aos teores de fenóis totais, pode-se dizer que o processo de purificação da amostra de extrato aquoso (bruto) para o sobrenadante (purificada) correspondeu em um acréscimo quantitativo do teor de fenóis. Isso ocorreu, devido a parte sobrenadante da amostra ter concentrado os maiores teores de fenóis registrados neste experimento. Portanto, é necessária a realização de processos de purificação de para melhores teores de fenóis na amostra.

6. Referências:

- Amarasinghe ,N. (2007) Chemical constituents of the fruits of *Artocarpus altilis*, *Biochemical Systematics and Ecology*. 36, 323-325.
- Cidade, H.M.M. (2001) Elucidação estrutural e actividade farmacológica de compostos bioactivos de origem vegetal. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. 317 páginas.
- Degáspari, C. H. (2004) Propriedades Antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* RADDI). Tese de Doutorado – Curitiba – PR. Universidade Federal do Paraná, 104 páginas.
- Moreira, D. L. (2000) Métodos de análise e dosagem de taninos condensados, taninos gálicos e fenóis totais. Apostila *NPPN-UFRJ*
- Paiva, S. R.; Heringer, A. P.; Figueiredo, M. R.; Kaplan, M. A. C. (2002). Taninos condensados de espécies de Plumbaginaceae, 9(1): 153 – 157.
- Ribani, R. H. (2006) Compostos fenólicos em erva-mate e frutas. Tese de Doutorado – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas, 158 páginas.

19TCA. AVALIAÇÃO ANTIOXIDANTE E PERFIL QUÍMICO DOS FRUTOS DE AROEIRA PARA SUA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO COMO ALIMENTO FUNCIONAL

*BERNARDES, N. R.; *GLÓRIA, L. L.; *BORGES, I. F. J. C.; *PINHEIRO, L. Z.; *REIS, C. N.; **MUZITANO, M. F.; *OLIVEIRA, D. B.

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil; ** Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé – RJ, Brasil.
nrbernardes@uenf.br

Resumo: Neste trabalho se avaliou o perfil químico dos frutos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), e a quantificação da atividade antioxidante, o que em tese pode justificar seu uso popular como um possível alimento funcional. Para a obtenção do extrato metanólico, os frutos de aroeira foram submetidas a extração exaustiva com metanol. Foi realizada uma partição líquido-líquido com este extrato resultando em duas frações: Aquosa e orgânica. O extrato e as frações foram avaliados por CLAE com o intuito de se conhecer seus perfis químicos e submetidos ao teste antioxidante do DPPH. A partir do perfil químico pode-se observar a presença de ácidos e flavonóides no extrato. Com relação a partição, esta favoreceu a fração orgânica que observa-se rica em flavonóides. Com relação a atividade antioxidante o extrato metanólico e as frações apresentaram elevado potencial antioxidante, sendo que a fração orgânica apresentou o maior potencial antioxidante, sugerindo o uso da aroeira como um alimento funcional.

1. Introdução:

Nas últimas décadas, a demanda dos consumidores na área de alimentos tem crescido consideravelmente e estes acreditam cada vez mais que os alimentos contribuem diretamente para o bem estar físico e para a saúde (Bernardes, et al; 2010; Siró, et al; 2008). Há um consenso atualmente de que os alimentos não são somente consumidos para saciar a fome e sim como uma fonte de nutrientes necessários para os humanos e também para prevenir doenças relacionadas à nutrição, acarretando assim no bem estar físico e mental dos consumidores. Neste sentido, os alimentos funcionais se destacam ocasionando uma melhor qualidade e expectativa de vida (Bernardes et al., 2010; Siró et al., 2008).

Os exemplos de alimentos funcionais citados pelo International Food Information Council Foundation (IFIC), órgão que trabalha com questões de comunicação envolvendo consumidores e nutrição nos Estados Unidos, são: frutas, hortaliças, grãos, e alimentos fortificados (Bernardes et al., 2010).

Sendo assim, as frutas e as hortaliças vêm sendo estimuladas desde a década de 80 para consumo na população mundial (Bernardes et al., 2010; Singh et al., 2003) por apresentarem substâncias que estão relacionadas aos efeitos metabólitos ou fisiológicos no organismo humano, além de estarem vinculadas à atividade antioxidante (ação redutora), como as substâncias fenólicas (Wach et al., 2007).

Os flavonóides constituem um grande grupo de compostos fenólicos vegetais. Atualmente, mais de 8000 flavonóides foram identificados (Erlund, 2004; Harbone, 1994), embora um número muito menor, é importante a partir do ponto de vista alimentar. Sabe-se que os flavonóides possuem potencial bioativo e tem sido reconhecido por muito tempo. Estas substâncias possuem efeitos benéficos em uma infinidade de doenças, incluindo câncer, doenças cardiovasculares e distúrbios neurodegenerativos. Muitas das ações biológicas dos

flavonóides têm sido atribuídas às suas propriedades antioxidantes, através da sua capacidade de redução ou através de suas possíveis influências sobre o estado redox intracelular (Rice-Evans, 2001).

As espécies reativas de oxigênio (ROS) são capazes de oxidar proteínas celulares, ácidos nucléicos e lipídios. A peroxidação lipídica é ocasionada pela propagação dos radicais livres através da oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados e sua terminação ocorre via enzimática ou pelo seqüestro dos radicais livres por antioxidantes (Korkina e Afans'ev, 1997). As ROS contribuem para o envelhecimento celular, mutagênese, carcinogênese, e doença coronariana, possivelmente através da desestabilização das membranas (Mariod et al., 2009).

Os antioxidantes são substâncias químicas que reduzem ou evitam a oxidação e têm a capacidade de neutralizar os efeitos nocivos dos radicais livres nos tecidos e, portanto, são capazes de proteger contra inúmeras doenças (Ali et al., 2008). Os antioxidantes sintéticos mais utilizados em alimentos são o butil hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT). Mas a possível toxicidade do antioxidante sintético tem sido objeto de estudo há muitos anos (Mariod et al., 2009). Isso leva ao interesse de antioxidantes oriundos dos produtos naturais.

Durante os anos 90, a American Dietetic Association observou que o consumo regular de frutas, legumes, cereais integrais e outros alimentos que contenham antioxidantes pode fornecer proteção contra determinadas doenças (Mariod et al., 2009). Entre os antioxidantes da dieta destacam-se os polifenóis, que são formadas por ácidos fenólicos e flavonóides, as vitaminas, os carotenóides, e minerais, porém de todos estes antioxidantes naturais os polifenóis é o grupo com maior destaque (Ratnam et al., 2006).

A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi, popularmente conhecida como aroeira, é uma espécie nativa da flora brasileira e faz parte da diversidade da região de Campos dos Goytacazes (Carvalho et al., 2006). Seus frutos são utilizados como condimentos na culinária, e popularmente é empregada como anti-inflamatória e antifebrífuga.

2. Objetivos:

- 1) Avaliar o perfil químico do extrato metanólico e frações obtidas a partir dos frutos da aroeira por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE);
- 2) Avaliar a atividade antioxidante do extrato e frações obtidas a partir dos frutos de aroeira.

3. Metodologia:

Obtenção do extrato metanólico e frações

Os frutos foram limpos e submetidas a extração exaustiva, por maceração estática com metanol, esse extrato foi evaporado a 35°C em banho-maria ao abrigo da luz (Oliveira, 2005). Após o preparo do extrato, foi realizada uma partição líquido-líquido utilizando o solvente acetato de etila para obtenção dos compostos de interesse, os flavonóides. Dessa forma, foram obtidas a partir do extrato metanólico, a fração aquosa e a fração orgânica.

Análise cromatográfica

As análises por CLAE foram realizadas no aparelho Shumadzu class, modelo LC-10, a detecção feita nos comprimentos de onda fixos de 254 nm e 332 nm. A coluna utilizada foi RP-18 da Macherey-Nagel (5µm, 4,0 x 250mm). O sistema de solvente foi água acidificada com ácido fosfórico (pH 3,2) e acetonitrila, a eluição foi gradiente, usando fluxo de 1 ml/min. O extrato metanólico e as frações aquosa e orgânica foram preparados na concentração de 6 mg/ml (p/v).

Atividade Antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotocolorimétrico do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazila). Essa técnica consiste em adicionar 0.5 ml do extrato em concentrações que variam de 0,1 - 1000 µg/ml. A este foi adicionado 0.5 ml de uma solução metanólica de DPPH (0,1 mM), a reação foi processada em 1h à temperatura ambiente. Imediatamente, a absorção do DPPH foi verificada em um espectrofotômetro UV-Vis. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. A atividade seqüestradora de radicais livres de cada extrato foi expressa pela relação da absorção de DPPH, baseado na solução de DPPH ausente do extrato (controle negativo), o padrão 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT), quercetina, rutina e ácido ascórbico. Posteriormente, foi calculado o percentual seqüestrador (PS%) de radicais livres. A capacidade de seqüestrar radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical e calculado conforme Equação abaixo (Equação 1).

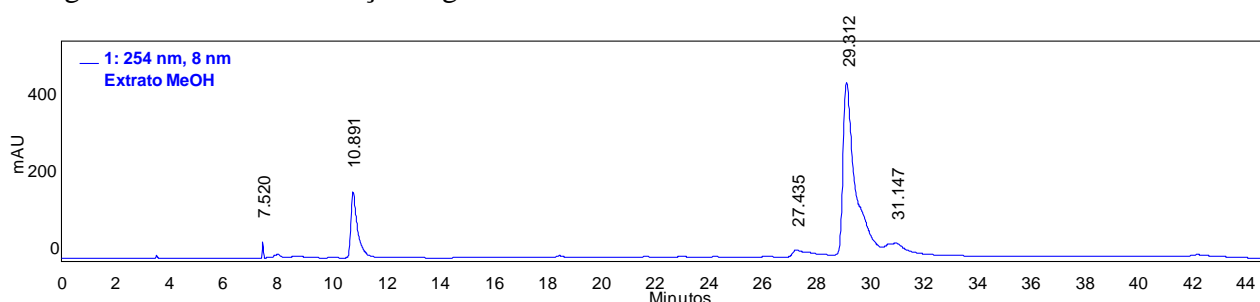
$$\% \text{ Inibição} = ((ADPPH - A_{\text{Extr}})/ADPPH)*100 \quad (1)$$

Onde ADPPH é a absorbância da solução de DPPH e A_{Extr} é a absorbância da amostra em solução (Roesler et al., 2007).

4. Resultados e discussão

Com o intuito de conhecer o perfil químico do extrato metanólico dos frutos de aroeira, bem como das frações aquosa e orgânica resultantes da partição líquido-líquido, estes foram submetidos a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), para conhecer as substâncias presentes. A figura 1 mostra o cromatograma do extrato metanólico.

Depois de realizada a CLAE com o extrato metanólico, pode-se observar um pico majoritário no tempo de retenção em 10,891 minutos no comprimento de onda de 254 nm, o mesmo pico não se observa no comprimento de onda de 350 nm. Porém os picos com tempos de retenção entre 27.435 a 31.147 minutos, são os picos de interesse, pois de acordo com dados de literatura, estes são os picos característicos dos flavonóides. Após a avaliação do extrato metanólico por CLAE, foi avaliado o perfil químico das frações resultantes da partição líquido-líquido. A figura 2 mostra o perfil químico da fração aquosa e a figura 3 é a CLAE da fração orgânica.



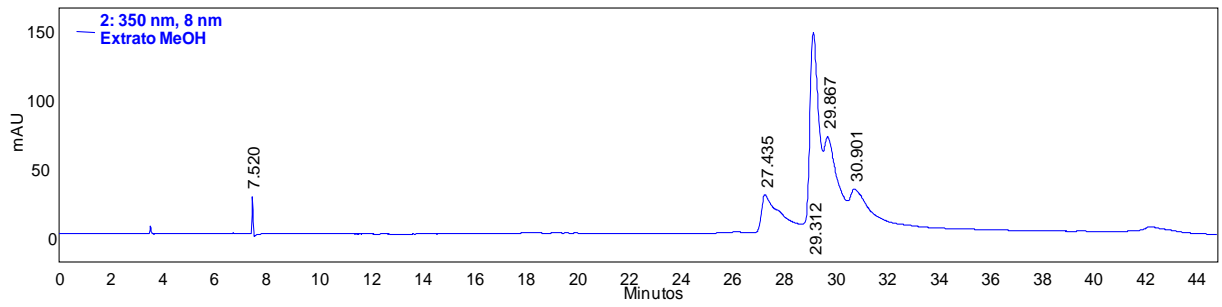


Figura 1: Perfil químico do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

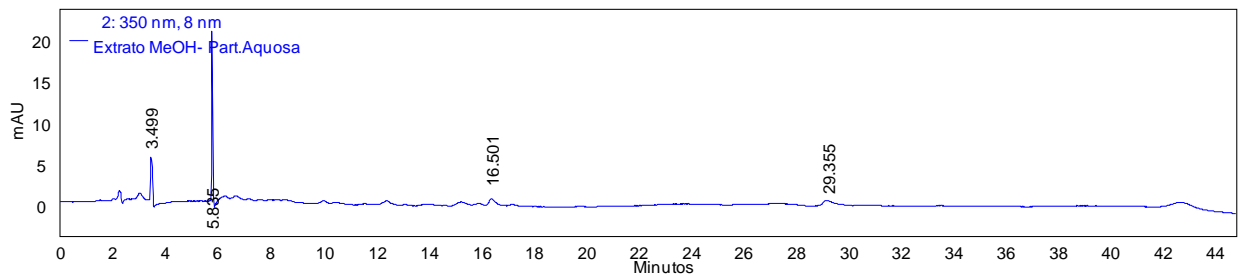
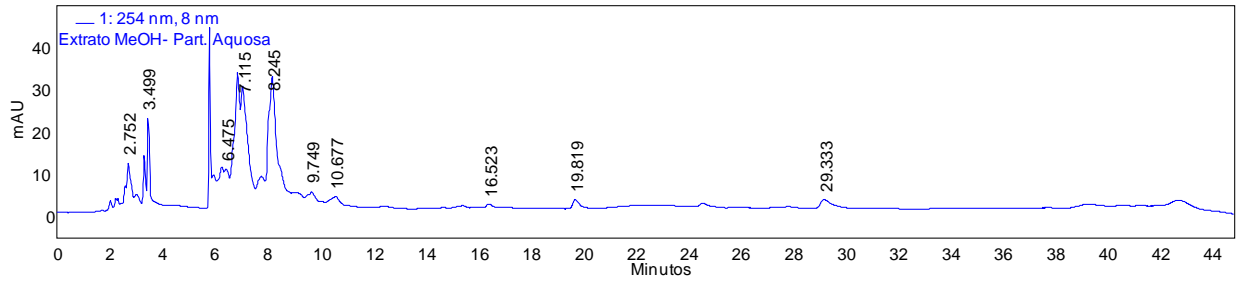


Figura 2: Perfil químico da fração aquosa resultante do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

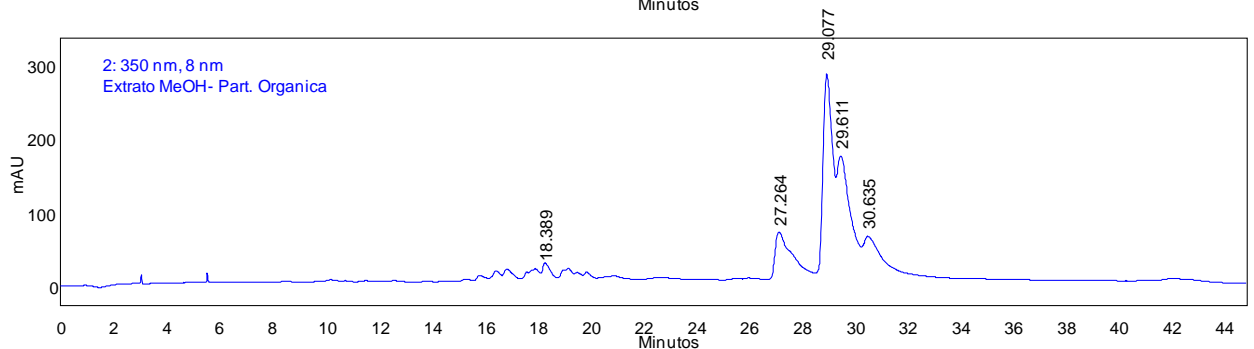
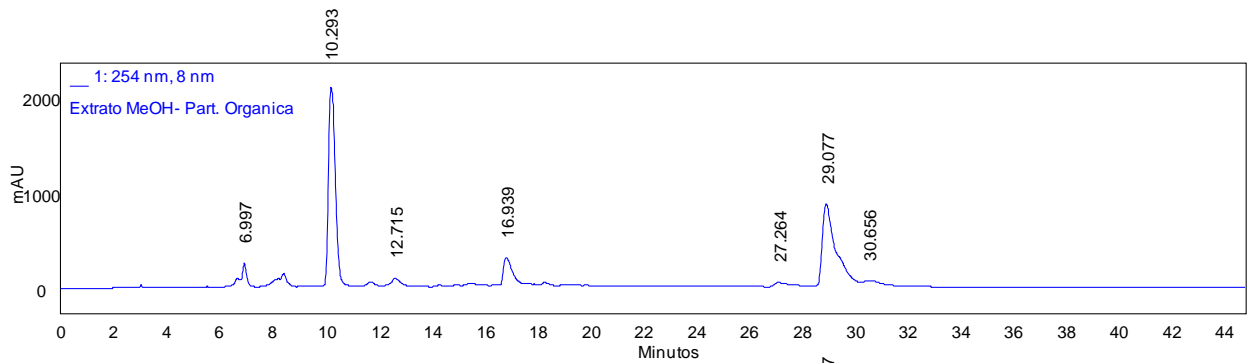


Figura 3: Perfil químico da fração orgânica resultante do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

É de fácil percepção o sucesso da partição líquido-líquido, onde as substâncias de interesse estão concentradas na partição orgânica.

Atividade Antioxidante

Com o intuito de verificar a capacidade antioxidante do extrato e frações, estes foram submetidos a avaliação através do seqüestro do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazila). A figura 4 mostra os resultados do extrato metanólico, frações aquosa e orgânica e os padrões quercetina, rutina, ácido ascórbico e o padrão comercial BHT (butil-hidroxi-tolueno). Os testes foram realizados em triplicata. Os flavonóides foram utilizados como padrões devido ao seu efeito protetor nos sistemas biológicos, que são atribuídos à sua capacidade de transferência de elétrons dos radicais livres, também ativam as enzimas antioxidantes e inibem as oxidases (Heim, 2002). De acordo com Ross e Kasum (2002), a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos é determinada pela sua estrutura, em especial com a facilidade com que um átomo de hidrogênio a partir de uma hidroxila do anel aromático pode ser doado para um radical livre. E a capacidade de um composto aromático em estabilizar um elétron não emparelhado. O ácido ascórbico ou vitamina C é comumente encontrado em nosso organismo na forma de ascorbato e por ser muito solúvel em água, está localizado nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos. O ascorbato desempenha inúmeros papéis metabólicos no organismo humano, atuando como agente redutor, reduzindo metais de transição (em particular Fe^{3+} e Cu^{2+}) presentes nos sítios ativos das enzimas, ou nas formas livres no organismo. Por ser um bom agente redutor o ascorbato pode ser oxidado pela maioria das espécies reativas de oxigênio que chegam ou são formadas nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos (Barreiros et al., 2006).

Espécies vegetais	Concentrações		
	1000 $\mu\text{g/mL}$ (%)	100 $\mu\text{g/mL}$ (%)	10 $\mu\text{g/mL}$ (%)
Extrato Metanólico	93.3 \pm 0.39	90.0 \pm 1.76	67.8 \pm 0.65
Fração Aquosa	91.5 \pm 0.64	70.5 \pm 2.0	22.6 \pm 2,5
Fração Orgânica	93.1 \pm 0.18	89.3 \pm 2,6	87.3 \pm 2.2
Quercetina	95,27 \pm 0,9	93,4 \pm 1,2	91,3 \pm 3,0
Rutina	88 \pm 0,9	86,4 \pm 1,1	0,84 \pm 0,9
Apigenina	60 \pm 1,5	41,3 \pm 2,7	9,5 \pm 1,0
Ácido ascórbico	95,6 \pm 1,1	93,3 \pm 2,7	92,7 \pm 1,5
BHT	100 \pm 0,9	52,1 \pm 2,2	43,6 \pm 1,5

*Média \pm Desvio Padrão (n=3).

Figura 4: Atividade antioxidante do extrato metanólico, frações e dos padrões fenólicos quercetina, rutina, apigenina e 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT).

Pode-se notar que o extrato metanólico e a fração orgânica possuem atividade seqüestradora de radicais livres nas três concentrações testadas (1000, 100 e 10 $\mu\text{g/mL}$). Sendo que a fração orgânica até na menor concentração (10 $\mu\text{g/mL}$), apresenta atividade superior a 80%. Este resultado demonstra o sucesso da partição líquido-líquido na

obtenção dos compostos de interesse. A fração aquosa também possui potencial antioxidante, porém na menor concentração este potencial não é observado. O extrato, bem como a fração orgânica quando comparados com a quercetina e o ácido ascórbico, apresentam atividade semelhante. O padrão comercial BHT apresenta atividade antioxidante na maior concentração (1000 µg/mL) superior aos demais extratos e padrões, porém quando comparados o extrato metanólico bem como as frações com o BHT, estes apresentaram atividade antioxidante superior ao padrão nas concentrações de 100 e de 10 µg/mL, sendo inferior apenas na concentração de 1000 µg/mL, demonstrando o potencial antioxidante deste extrato e suas frações.

5. Conclusões

Neste trabalho se avaliou o perfil químico dos frutos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), bem como das frações aquosa e orgânica e a quantificação da atividade antioxidante. O extrato metanólico bem como a fração orgânica quando avaliados por CLAE, apresentaram um pico majoritário no tempo de retenção em 10,667 minutos, e quatro picos com característica para flavonóides. Estes resultados indicam o sucesso da partição, onde os compostos de interesse estavam presentes na fração orgânica. Com relação a atividade antioxidante, o extrato e frações apresentaram excelente atividade antioxidante, porém a fração orgânica apresentou os melhores resultados, sendo nas três concentrações testadas atividade superior a 80%, indicando o potencial antioxidante deste extrato. Todos estes resultados indicam que os frutos de aroeira possuem um alto potencial como alimento funcional.

6. Referências

- Ali, S. S.; Kasoju, N.; Luthra, A.; Singh, A.; Sharanabasava, H.; Sahu, A.; Bora, U. (2008). Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Research International*, 41:1–15.
- Barreiros, A. L. B. S.; David, J. M.; David, J. P. (2006). Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova*, 29:113-126.
- Bernardes, N. R.; Pessanha, F. F.; Oliveira, D. B. (2010). Alimentos Funcionais: Uma breve Revisão. *Revista Ciência e Cultura*, 6:11-19.
- Carvalho, A. C.; Braga, J. M. A. B.; Gomes, J. M. L.; Souza, J. S.; Nascimento, M. T. (2006). Comunidade Arbórea de Baixada Aluvial no Município de Campos dos Goytacazes, RJ. *Cerne*, 12:157-166
- Erlund, I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability and epidemiology. *Nutrition Research*, 24:851–874.
- Harborne, J. B. (1994). Phenolics *In*: Mann, J., Davidson, R. S., Hobbs, J. B., Banthorpe, D. V. *Natural Products. Their chemistry and biological significance*. 1. ed. New York: Longman scientific & Technical, p. 361-388.
- Heim, K. E. (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal Nutrition Biochemistry*, 13:572-584.
- International Food Information Council Foundation – IFIC. (2006). Functional Foods. <<http://www.ific.org/nutrition/functional>>. Acesso em: 22 de setembro de 2011.
- Korkina, L.G.; Afans'ev, I.B. (1997). Antioxidant and chelating properties of flavonoids. *Adv Pharmacol*, 38:151–163.
- Mariod, B. A.; Ibrahim, R. M.; Ismail, M.; Ismail, N. (2009). Antioxidant activities of phenolic rich fractions (PRFs) obtained from black mahlab (*Monechma ciliatum*) and white mahlab (*Prunus mahaleb*) seedcakes. *Food Chemistry*, 118:120–127.

- Oliveira, D. B. (2005) Aspectos Químicos e Etnomedicinais de Plantas da Dieta de Cervídeos na Reserva Particular do Patrimônio Natural – SESC Pantanal. Tese de Doutorado – Rio de Janeiro- RJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 206 páginas.
- Ratnam, D. V.; Ankola, D. D.; Bhardwaj, V.; Sahana, D. K.; Ravi Kumar, M. N. V. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*, 113:189–207.
- Rice-Evans, C. (2001). Flavonoid antioxidants. *Current Medical Chemistry*, 8:797– 807.
- Roesler, R.; Malta, L. G.; Carrasco, L. C.; Holanda, R. B.; Souza, C. A. S.; Pastore, G. M. (2007). Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27:53-60.
- Ross, J. A.; Kasum, C. M. (2002). Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. *Annual Review of Nutrition*, 22:19–34.
- Singh, R. B.; Dubnov, G.; Niaz, M. A.; Ghosh, S.; Singh, R.; Rastogi, S. S.; Manor, O.; Pella, D.; Berry, E.M. (2003). Effect of an Indo-Mediterranean diet on progression of coronary artery disease in high risk patients (Indo-Mediterranean Diet Heart Study): a randomized single-blind trial. *Lancet*, 360:455-1461.
- Siró, I.; Ka'polna, E.; Ka'polna, B.; Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51:456–467.
- Wach, A.; Pyrzyńska, K.; Biesaga, M. (2007). Quercetin content in some food and herbal samples. *Food Chemistry*, 100:699-704.

**20TCA. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE TANINOS E FENÓIS TOTAIS DO
EXTRATO METANÓLICO E DO FRUTO DE MANACARU *Cereus
Fernambucensis***

***DINIZ, R. S., *BERNARDES, N.R., *REIS. C., *ARANTES, M. B. S.; *OLIVEIRA,
R. R., *OLIVEIRA, D. B.,**

***Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências
Tecnológicas e Agropecuárias, Laboratório de Tecnologia de Alimentos. Av. Alberto
Lamego, 2000. CEP: 28013-612 Campos dos Goytacazes, Brasil –
rodrigounig@hotmail.com**

Resumo: *Cereus fernambucensis* (Cactacea), conhecida como manacaru, é encontrada nas praias do complexo lagunar Grussaí-Iquiparí em Campos dos Goytacazes – RJ - Brasil. Os compostos fenólicos apresentam forte relação com a atividade antioxidante em frutas e o estudo dessa atividade biológica tem sido alvo de muitas pesquisas. O objetivo desse trabalho foi avaliar os teores de taninos e fenóis totais do extrato metanólico da casca o fruto *Cereus fernambucensis* - manacaru. Para os taninos condensados, foi retirado 1 mL de amostra adicionou-se uma solução de butanol em ácido clorídrico e aqueceu-se em banho-maria a 95°C/2 hs. As absorbâncias das amostras foram lidas 540 nm. Para o teor de fenóis totais usou-se o método de Folin-Denis, onde adicionou-se 0,5 mL do reagente de Folin-Denis em 0,5 mL da amostra e 3 mL de água destilada, após 1 hora, 1 mL da solução de carbonato de cálcio saturada foi adicionada. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760nm. Mediante os resultados, é possível constatar o potencial tanto de taninos condensado quanto de fenóis totais nos extratos metanólico e da casca do fruto do manacaru.

1. Introdução:

As frutas e vegetais contêm várias substâncias que podem atuar como antioxidantes e, algumas destas são conhecidas e amplamente encontradas no reino vegetal. Os compostos fenólicos, por exemplo, são originados do metabolismo secundário das plantas e classificados como antioxidantes naturais, com propriedades significativas na prevenção do câncer e outras doenças degenerativas (Angelo, 2007). Os polifenóis são substâncias fenólicas solúveis em água com massa molecular em torno de 500 e 3000 Dalton e apresentam habilidade de formar complexos insolúveis em água com alcalóides, gelatina e outras proteínas (Santos e Mello, 2000).

Os taninos são compostos secundários presentes na maioria das plantas, que podem variar de concentração nos tecidos vegetais, dependendo da idade e tamanho da planta, da parte coletada, da época ou, ainda, do local de coleta (Monteiro et al., 2005). São classificados em dois grupos principais, cujas estruturas são muito diferentes entre si, embora todos tenham molécula poli-hidroxifenóis ou seus derivados (Degáspari et al., 2005).

Os pertencentes ao primeiro grupo são denominados taninos hidrolisáveis e incluem os galitaninos e os elagitaninos, polímeros derivados dos ácidos gálico e elágico (**Figura 1**). Este grupo de taninos pode ser detectado em elevadas concentrações principalmente em madeiras, cascas de árvores, folhas e galhos (Mueller-Harvey, 2001).

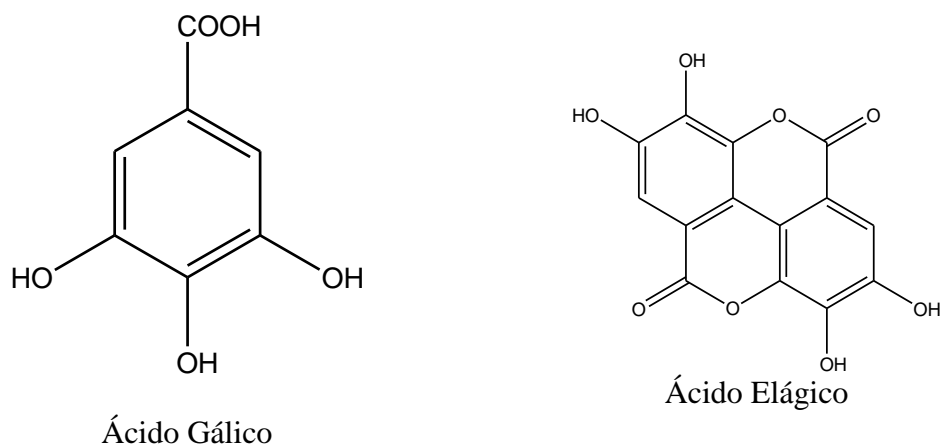


Figura 1: Estrutura química dos taninos ácido gálico e elágico

O outro tipo de taninos é denominado de taninos condensados e são encontrados em maior quantidade e de maior importância em alimentos (Degáspari, 2005). Compreendem um grupo de polihidroxi-flavan-3-ol, e apresentam uma estrutura semelhante aos flavonóides, com coloração variando do vermelho ao marrom (Scholfield et al., 2001).

De acordo com Degáspari (2005), a presença de pequenas quantidades de taninos em frutos confere-lhes características sensoriais desejáveis, ditas como "o corpo da fruta". No entanto, quantidades maiores conferem aos frutos e outros alimentos características adstringentes. A sensação de adstringência é gerada devido à propriedade que os taninos apresentam de precipitar proteínas. Quando em contato com as proteínas da saliva formam um complexo insolúvel que popularmente se caracteriza pela sensação adstringente (Figura 2).

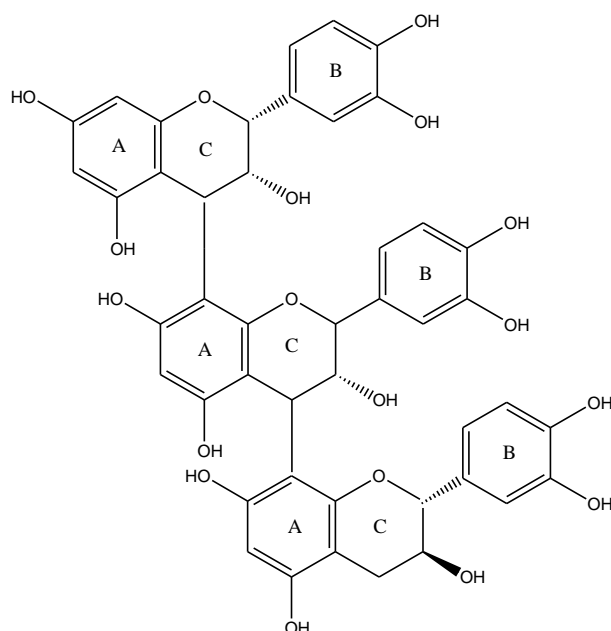


Figura 2: Estrutura química da procianidina, um exemplo de tanino condensado.

A espécie *Cereus fernambucensis*, pertencente à família Cactaceae, conhecida popularmente como manacaru, é largamente encontrada nas praias do complexo lagunar

Grussaí-Iquipará em Campos dos Goytacazes – RJ (Assumpção, 2000). Considerada como planta nativa da região de Campos dos Goytacazes, o manacaru é conhecido popularmente pelo sabor adocicado do seu fruto. É utilizado na medicina popular contra o vitiligo, que é uma doença auto-imune caracterizada por zonas de despigmentação da pele, e além deste, também é usado na eliminação de cálculos renais (Assumpção, 2000).

2. Objetivo:

Avaliar os teores de taninos e fenóis totais do extrato metanólico da casca o fruto *Cereus fernambucensis manacaru*.

3. Materiais e Métodos:

Coleta do Fruto: Os frutos do manacaru foram coletados em Grussaí nos períodos de frutificação, os quais correspondem a setembro a dezembro.

Preparar das amostras: Os frutos do *Cereus fernambucensis* – Manacaru foram limpos e separados as cascas das sementes. As cascas foram submetidas a extração exaustiva por maceração estática com metanol. Esse extrato foi evaporado a 35°C em banho-maria ao abrigo da luz (Oliveira, 2005).

Método para Dosagem de Taninos Condensados: O fruto e as cascas dos frutos do manacaru (500 mg) foram maceradas com 4 X 5 ml de solução de acetona/ água (7:3). As porções foram unidas em balão volumétrico e o volume completado para 25 ml. Em seguida, para 1 ml do extrato foram adicionados 4 ml de solução de butanol (BuOH) em ácido clorídrico (HCl) 5%. O conjunto foi aquecido em banho-maria a 95°C por 2 horas. As amostras positivas desenvolveram coloração vermelha ou violácea e as absorvâncias das amostras foram lidas a 540 nm após 5-10 minutos (Moreira, 2000).

Método para Dosagem de Fenóis Totais: O fruto e as cascas dos frutos do manacaru (500 mg) foram maceradas com 4 X 5 ml de solução de acetona/ água (7:3). As porções foram unidas em balão volumétrico e o volume completado para 25 ml. Em seguida, o reagente de Folin-Denis foi adicionado a 0,5 ml dos extratos das amostras e 3 ml de água destilada, e posteriormente avolumado para 10 ml. Posteriormente 1 ml da solução de carbonato de cálcio saturada foi adicionado, e as amostras positivas desenvolveram coloração azul intensa. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760 nm (Moreira, 2000).

Para todas as amostras o espectrofotômetro utilizado foi da marca UV-VIS Shimadzu Mini 1240 e todos os experimentos foram realizados em triplicata.

4. Resultados:

Na análise do teor de taninos condensados nas amostras (fruto de manacaru e extrato metanólico advindo do fruto do manacaru) verificou-se que há concentrações de taninos e fenóis totais no extrato metanólico, sendo que já no fruto pode-se observar somente concentrações de fenóis, como pode ser observado na **Tabela 1**. Os cálculos para análise de taninos condensados e fenóis totais foram realizados segundo uma curva padrão com pontos distribuídos nas concentrações de 2ug/mL, 10ug/mL, 20ug/mL, 40ug/mL, 100ug/mL, 200ug/mL, 500ug/mL, 1000ug/mL, 2000ug/mL.

	Amostras	Taninos µg/ml	Fenóis µg/ml
1	Fruto do Manacaru	-----	13,13±0,23
2	Extrato Metanólico Da casca do Fruto	3,88±0,41	24,78±0,34

Tabela 1: Dados obtidos nas análises de taninos condensado e fenóis totais do extrato Metanólico dos frutos e cascas Manacaru (n=3).

De acordo com esses resultados é possível observar que os teores de taninos se concentram nas no extrato metanólico da cascas dos frutos de manacaru.

Com relação aos teores de fenóis totais foi possível observar tanto no fruto quanto no extrato metanólico da casca de manacaru.

5. Conclusão

Os teores de taninos condensados concentram-se no extrato metanólico da casca do fruto de manacaru. Já em relação aos fenóis totais, observa-se que estão presentes tanto no extrato metanólico quanto no fruto do manacaru, havendo maior concentração no extrato metanólico.

6. Bibliografia

- Aganga, A. A., Mosase, K. W. (2001) Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Zizyphus mucronata*, *Scleroclarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal feed science and technology*. 91,107-113.
- Angelo, P. M.; Jorge, N. 2007. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. 66,1-9.
- Agostini-Costa, T. S., Lima, A., Lima, M .V. (2003). Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. *Química Nova*. 26,763-765.
- Assumpção, J; Nascimento, M. T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta botânica brasileira*. 14,301-315.
- Bernardes, N. R.; Pessanha, F. F.; Oliveira, D. B. (2010) Alimentos Funcionais: Uma breve revisão. *Ciência e Cultura - Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB*, seis (2). Novembro
- Degáspari, C. H., Waszczyński, N., Prado, M. R. M. (2005) Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Ciências agrotécnicas*. 29:617-622.
- Monteiro, J. M., Albuquerque, U. P., Araujo, E. L., Amorim, E. L. C. (2005) Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*. 28:892-896.
- Moreira, D. L. (2000) Métodos de análise e dosagem de taninos condensados, taninos gálicos e fenóis totais. Apostila *NPPN-UFRJ*.
- Mueller-Harvey, I. (2001) Analysis of hydrolysable tannins. *Animal Feed and Technology*. 91:3-20.

- Oliveira, D. B. (2005) Aspectos Químicos e Etnomedicinais de Plantas da Dieta de Cervídeos na Reserva Particular do Patrimônio Natural – SESC Pantanal. Tese de Doutorado – Rio de Janeiro- RJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 206 páginas.
- Oliveira, D. R. (2009) Extrato dos frutos de *Cereus Fernambucensis*: Atividade Antioxidante e Inibição da Produção de Óxido Nítrico (NO) por Macrófagos. *Interscienceplac* 2(7).
- Oliveira, D. B. (2011) Inibição da Produção de Óxido Nítrico e Efeito Citotóxico de Extrato Aquoso de *Annona muricata* L. *Perspectivas Online – Ciências Biológicas e da Saúde* 1(2), 1- oito.
- Pereira, R.C.; Oliveira, M.T.R.; Lemos, G.C.S. (2004) Plantas utilizadas como medicinais no município de Campos de Goytacazes - RJ. *Revista Brasileira De Farmacognosia*. 14(1), 40-44.
- Roesler, R.; Malta, L. G.; Carrasco, L. C.; Holanda, R. B.; Sousa, C. A. S.; Pastore, G.M. (2007) Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 27(1), 53-60.
- Santos S.C.; Mello, J.C.P. 2000. Taninos. In: Simões, C.M.O. et al. *Farmacognosia: Da planta ao medicamento*. 2a ed. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS/UFSC, p. 517-544.
- Schofield, P.; Mbugua, A.N.; Pell, A.N. (2001) Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 92:21-40.
- Yen, G. C.; Duh, P. D.(1994) Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active-oxygen species. *J. Agric. Food Chem.* 42(3), 629-632.

21TCA. DEGRADACIÓN DE XENOBIÓTICOS ORGÁNICOS A PARTIR DE UN EXTRACTO ENZIMÁTICO DEL HONGO *Grammothele Subargentea*

Graciela Beatriz Pergassere¹, María Eugenia Rodríguez², Celso Camusso³

1.2.3. Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional de Córdoba.

E-mail: betypergassere@yahoo.com.ar

Resumen: La oxidación de compuestos de diversa naturaleza: policíclicos, aminas aromáticas sustituidas, fenoles sustituidos y otros, fue estudiada en sistemas en los que participan enzimas oxidoreductasas presentes en hongos basidiomisetes causantes de la pudrición blanca como el *Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta* y *Grammothele subargentea*, las enzimas se conocen como: lignina peroxidasa, manganeso peroxidasa y lacasa. Las lacasas son polifenoloxidasas cuyo rol biológico está relacionado con la degradación de lignina y de taninos, así como de xenobióticos orgánicos. Éstas enzimas no delignifican por si solas, no obstante se sabe que empleando compuestos de bajo peso molecular, conocidos como mediadores redox, se puede llevar a cabo la reacción, entre los mediadores más empleados se encuentra el ácido 2,2'-3- etil benzotriazolin-6-sulfónico (ABTS) y 1-hydroxibenzotriazol (HBT).

En éste trabajo se evaluó la capacidad oxidativa de un extracto enzimático obtenido a partir del hongo *Grammothele subargentea*, para la transformación de diferentes sustratos como Alcohol Veratrílico, Pirocatecol y Pirogalol (usados como modelos) y Atrazina (herbicida), a sus respectivos productos de oxidación en función del tiempo de reacción.

Dentro del grupo de los herbicidas, merecen especial atención los derivados de las triazinas, siendo la atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino- s- triazina), la mas fitotóxica (clase II). Su poder residual medio en los suelos de textura media es de cuatro meses, éstos productos que juegan un rol importante en la protección de las cosechas, a su vez representan un riesgo por su persistencia en los alimentos y en el medio ambiente.

Resulta muy importante explorar nuevas vías de degradación de los residuos. Las lacasas, por sus propiedades oxidantes podrían ser importantes en procesos de biorremediación de suelos.

1. Introducción

Durante la década de 1980's comenzó el auge de la investigación de sistemas biológicos con capacidad para degradar la lignina, que es el polímero responsable de la coloración marrón de la madera y celulosa. El uso de hongos de podredumbre blanca, no mostró resultados muy alentadores para su aplicación a nivel industrial, pues la tasa de reacción del consumo de lignina por parte de los hongos es sumamente baja y está sujeta a condiciones de inocuidad y esterilidad difíciles de controlar. Sin embargo, se identificaron tres principales grupos de enzimas presentes en hongos como *P. Chrysosporium* y *T. versicolor* (Leonowicz y Matuszewska, 1999) que son responsables de la fragmentación de las estructuras de lignina y la formación de compuestos de bajo peso molecular a partir de ellas. Las enzimas identificadas se conocen como: Lignina Peroxidasa, Manganeso Peroxidasa y Lacasa (Akhtar y col, 1997). Existe un creciente desarrollo en el conocimiento de la bioquímica y aplicación de enzimas ligninolíticas.

Si bien las lacasas fueron descubiertas por Yoshida en 1883 en los exudados del árbol *Rhus vernicifera* (Thurston, 1994), también están presentes en los hongos basidiomicetes causantes de pudrición blanca como el *Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta* (Heinzkill y Messner, 1997); *Grammothele subargentea* (Saparrat, 2000) y también en insectos. Las lacasas son polifenoloxidasas cuyo rol biológico está relacionado con la degradación de

lignina y de taninos, así como de xenobióticos orgánicos. Catalizan la oxidación de sustratos fenólicos con la concomitante reducción del oxígeno a agua.

Las lacasas son enzimas extracelulares y tienen baja especificidad de sustrato, es decir, oxidan un amplio rango de sustratos (difenoles simples; fenoles sustituidos por grupos metoxi, diaminas, etc.) por la extracción de un electrón generando radicales que posteriormente se pueden polimerizar. Sin embargo, las subunidades fenólicas son relativamente poco frecuentes en las estructuras de lignina. Si la oxidación está limitada a las subunidades fenólicas, el proceso de delignificación es muy poco probable (Thurston, 1994).

Las lacasas no delignifican por sí solas, no obstante, se sabe que empleando compuestos de bajo peso molecular, conocidos como mediadores redox, se puede llevar a cabo la reacción (Bourbonnais, y col 1995; 1997). Estos mediadores son directamente oxidados por la enzima y una vez oxidados, actúan sobre la lignina haciendo el papel de transportadores de electrones o mediadores, como lo indica su nombre. Este conjunto de elementos de los que forman parte la enzima, el mediador y el sustrato se denomina comúnmente Sistema-Lacasa-Mediador (SLM) y entre los mediadores más empleados, se encuentra el ácido 2,2'-3-etil benzotiazolin-6-sulfónico (ABTS) (Bourbonnais y col., 1995; Bajpai, 1999; Balakshin y col., 2000, Bourbonnais, y col 1998). El Sistema-lacasa-Mediador funciona en disolución acuosa, así, el $ABTS^{2-}$ accede al sitio activo de la enzima, se oxida y es capaz de oxidar a la lignina en un ciclo que se repite continuamente, siempre que la enzima esté presente en la disolución, para llevar a cabo la reoxidación del $ABTS^{2-}$ (Bourbonnais y col., 1995).

El $ABTS^{2-}$ se oxida en dos etapas, mediante la extracción de un electrón en cada una de ellas, en las que se forma el radical $ABTS^{\cdot-}$ y $ABTS^0$ respectivamente, pero en presencia de la enzima lacasa, sólo se oxida hasta $ABTS^{\cdot-}$ (Solís y col, 2005).

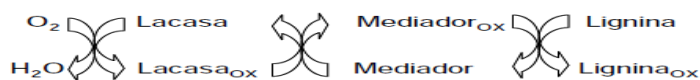


Fig. 1. Rol de la Lacasa en el Sistema Lacasa-Mediador

La elección de la sustancia mediadora adecuada desempeña un papel clave en la aplicación general y en la eficacia del sistema. Se ha demostrado recientemente que también participan mediadores naturales, como fenol, anilina, ácido 4-hidroxibenzoico, alcohol 4-hidroxibencílico y algunos aminoácidos, siendo ellos tan eficientes como los compuestos sintéticos: ABTS y HBT.

La oxidación de compuestos de diversa naturaleza: policíclicos, aminas aromáticas sustituidas, fenoles, plaguicidas, colorantes, y otros, fue estudiada en sistemas en los que participan enzimas oxidoreductasas como las lacasas de *Trametes versicolor* y compuestos mediadores.

Particularmente, los basidiomicetes de pudrición blanca y sus enzimas están siendo estudiados para su potencial aplicación en la degradación distintos xenobióticos orgánicos que causan problemas medioambientales. (Hammel, 1992; Field y col., 1993; Paszczynski y Crawford, 1995; Novotny y col., 1997). Dentro de los compuestos orgánicos, los plaguicidas en general son contaminantes altamente persistentes en el ambiente, principalmente en el suelo, producto de inmovilización por adsorción, descomposición y/o polimerización, pudiendo extenderse su efecto a través de la cadena alimenticia provocando severos daños en la salud de las personas y en el ambiente, disminuyendo la abundancia y diversidad de especies en el ecosistema.

Actualmente existen diversos procedimientos para la eliminación de compuestos contaminantes en el suelo, tales como tratamientos químicos e incineración. Los

tratamientos químicos, aunque efectivos son problemáticos, ya que se utilizan grandes volúmenes de ácidos y de álcalis los que posteriormente deben ser dispuestos en forma segura. La incineración es un método físico-químico muy confiable para la destrucción de estos compuestos, pero ha sido seriamente cuestionado, debido a la liberación de emisiones potencialmente tóxicas.

El uso de distintas variedades de hongos como una alternativa de tratamiento para la biorremediación de suelos contaminados requiere la determinación de las condiciones más adecuadas para su crecimiento, activación del sistema ligninolítico en un medio que no corresponde a su hábitat natural (Leatham y Kirk, 1983) y la evaluación de cada cepa en particular; ya que cada una posee diferentes mecanismos y requerimientos de cultivo para la degradación de compuestos orgánicos persistentes (Leontievsky *et al.*, 2000, Rabinovich *et al.*, 2004).

2. Objetivo principal

Evaluar la capacidad oxidativa de un extracto enzimático obtenido a partir del hongo *Grammothele subargentea* para su utilización en la degradación de xenobióticos orgánicos.

Objetivos específicos

- Medir la actividad enzimática del extracto obtenido a partir del hongo *Grammothele subargentea*, utilizando ABTS como mediador.
- Evaluar la transformación de diferentes sustratos a sus respectivos productos de oxidación en función del tiempo de reacción utilizando como herramientas analíticas la cromatografía en fase gaseosa y en placa fina y el espectro UV.

3. Materiales y métodos

Extracto enzimático

Se utilizó un extracto crudo con actividad de lacasa de la cepa CLPS (Cepario del Instituto Spegazzini, La Plata, Argentina) n° 436 de *Grammothele subargentea* (Speg.) Rajch,. La técnica de aislamiento de la enzima ha sido descripta por bibliografía (Saparrat, y col, 2002, 2004).

Actividad de lacasa del extracto enzimático

La actividad de la lacasa se determinó mediante la oxidación de ABTS (Bajpai, P., 1999). La mezcla de reacción esta compuesta de 0.5 mM ABTS; 0,1 M de buffer Acetato de Sodio, pH 5,0 y una cantidad adecuada del extracto enzimático. La oxidación del ABTS fue seguida midiendo el aumento de Absorbancia a 420 nm ($\xi_{420} = 3,6 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). El ABTS es oxidado por las lacasas y transformado en un radical estable ($\text{ABTS}^{\cdot+}$) de color verde oscuro (Wolfenden y Willson, 1982). La unidad de actividad enzimática se define como la cantidad de enzima que libera 1 μ mol de producto oxidado/minuto.

Reacciones de oxidación -Diseño experimental

Oxidación enzimática del Alcohol Veratrílico

Las reacciones de oxidación se realizaron bajo agitación magnética en 10 ml de buffer Citrato a pH 5,0. Las concentraciones de los componentes de la reacción fueron las siguientes: [sustrato: Alcohol Veratrílico] 20 mM; [mediador: ABTS] 6 mM y 1ml de extracto enzimático.

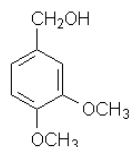


Fig. 2 Estructura química del Alcohol Veratrílico

Oxidación enzimática: Pirocatecol y Pirogalol

Las reacciones de oxidación se realizaron bajo agitación magnética en 10 ml de buffer Citrato a pH 5,0. Las concentraciones de los componentes de la reacción fueron las siguientes: [sustrato: Pirocatecol o Pirogalol] 20 mM; y 1ml de extracto enzimático.

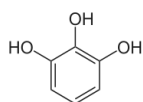


Fig. 3 Estructura química del Pirogalol

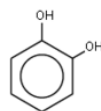


Fig. 4 Estructura química del Pirocatecol

Las reacciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente durante 20 hs. con exceso de oxígeno (el sistema de reacción fue acoplado a un globo de látex lleno de oxígeno el cual mantiene una presión positiva durante el transcurso de la misma).

Se tomaron muestras de 2ml cada 2 hs. a las cuales se les agregaron Acetato de Etilo para detener la reacción y simultáneamente extraer los compuestos orgánicos.

Oxidación enzimática de Atrazina

Las reacciones de oxidación se realizaron bajo agitación magnética en 10 ml de buffer Fosfato a pH 7,0.

Las concentraciones de los componentes de la reacción fueron las siguientes: [sustrato: Atrazina] 0,5 mM y 1ml de extracto enzimático.

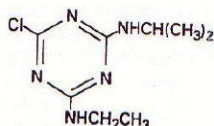


Fig.5 Estructura química de Atrazina

Las reacciones se llevaron a cabo a temperatura 25°C. Se tomaron 4 muestras de 2ml cada 1hs. Las primeras tres y una muestra a las 18 hs, a las cuales se les agregaron 2 ml de ácido fosfórico 5M para detener la reacción de oxidación y se extrajo con acetato de etilo.

4. Resultados

Actividad enzimática

La oxidación del ABTS fue seguida midiendo el aumento de absorbancia a 420 nm. La actividad del extracto original de lacasa fue de 63,71 U/ml.

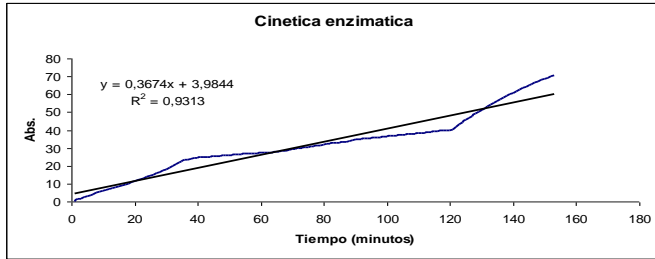


Fig.6 Cinética enzimática del extracto de *Grammothele subargentea*

Reacciones de oxidación

Oxidación de Alcohol Veratrílico con el Sistema Lacasa - ABTS

La oxidación del Alcohol Veratrílico, fue realizada a temperatura ambiente durante 20 hs. con ABTS como mediador.

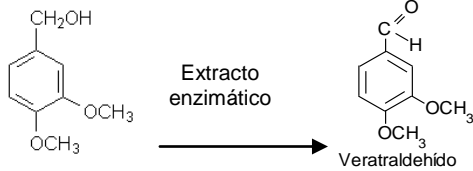


Fig. 7. Conversión aeróbica de alcohol veratrílico en el correspondiente aldehído.

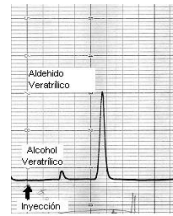


Fig.8. Cromatograma muestra 6 hs.

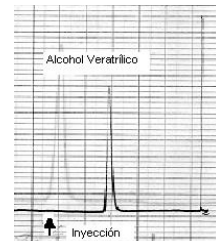


Fig 9. Cromatograma del Alcohol Veratrílico

Al agregar el extracto enzimático al medio de reacción, se observó un cambio inmediato en la coloración de la solución. La oxidación del alcohol veratrílico es rápida, lográndose casi instantáneamente un alto porcentaje de transformación.

La coloración observada no mostró grandes variaciones, en cuanto a la intensidad, a lo largo del tiempo de reacción. La primera muestra se tomó a las dos horas de iniciada la reacción, momento en el que la oxidación del alcohol era casi completa, lo cual es confirmado con el análisis cromatográfico.

Tabla 1. Diferentes condiciones de tratamiento del sustrato.

Mezcla de reacción	Producto de reacción después de 2hs*
Extracto enzimático + ABTS + Alcohol Veratrílico	Formación de producto
ABTS + Alcohol Veratrílico	Sin formación de producto
Extracto enzimático + Alcohol Veratrílico	Sin formación de producto

*Determinado por cromatografía gaseosa.

Oxidación enzimática del Pirocatecol a Quinona

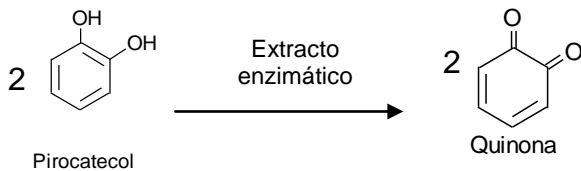


Fig. 10. Conversión aeróbica del Pirocatecol en Quinona.

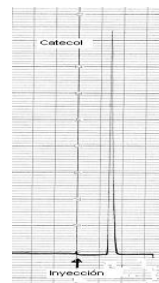


Fig. 12. Cromatograma del Pirocatecol

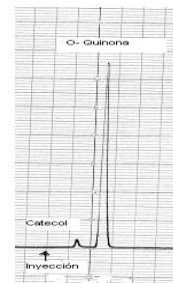


Fig. 11. Cromatograma muestra 6 hs.

Oxidación enzimática del Pirogalol a Quinona

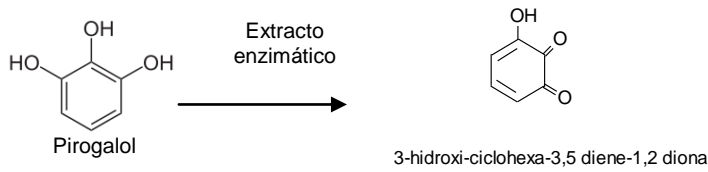


Fig. 13. Conversión aeróbica del Pirogalol en Quinona.

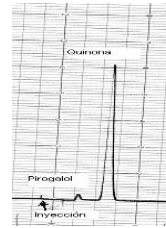


Fig.14. Cromatograma muestra 6 hs.

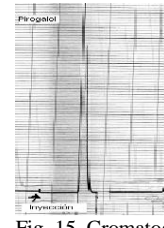


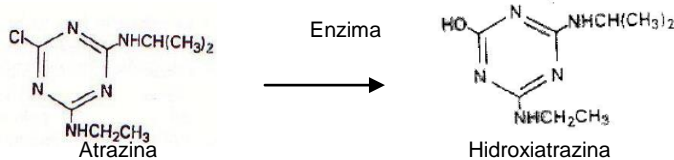
Fig. 15. Cromatograma del Pirogalol

Tabla 2. Diferentes condiciones de tratamiento de los sustratos.

Mezcla de reacción	Producto de reacción después de 2hs*
Extracto enzimático + pirocatecol	Formación de producto
Extracto enzimático + Pirogalol	Formación de producto

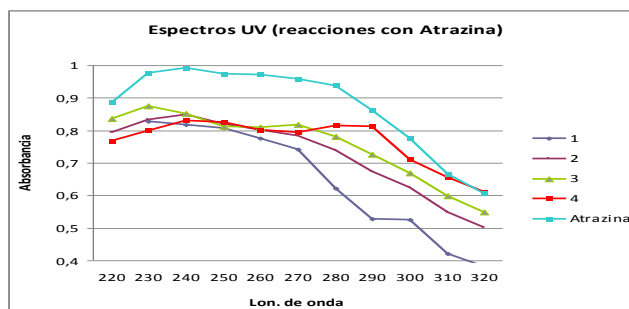
Oxidación enzimática de Atrazina

Muestras de atrazina se pusieron en contacto con extracto enzimático y buffer pH:7, con distintos tiempos de reacción (1 hs, 2 hs, 3 hs y 10 hs). Las mismas se valoraron por cromatografía en placa fina, donde se pudo observar la aparición de productos en las muestras con mayor tiempo de reacción.



Identificación de los productos de oxidación

Una alícuota de la muestra extraída a las 6 hs. de reacción fue sometida a cromatografía en placa fina de silicagel G254, eluida con cloroformo y revelada con luz UV y 2,4 – Dinitrofenilhidracina. Otra placa fue corrida de igual manera y sólo revelada con luz UV. La banda fue raspada y extraída con cloroformo e inyectada en el cromatógrafo bajo las mismas condiciones en las cuales fueron corridas las distintas reacciones. En todos los casos el producto de oxidación fue identificado como el segundo pico.



5. Discusión

- De los resultados experimentales indicados se concluye que en la oxidación enzimática de un alcohol con sustituyente aromático como el alcohol Veratrílico (Tabla 1) y de los fenoles Pirocatecol y Pirogalol (Tabla 2) resulta imprescindible la presencia del mediador

redox en el primer caso, no siendo necesaria la participación del mismo en el segundo caso ya que la enzima actúa directamente sobre las unidades fenólicas presentes en acuerdo con lo indicado por Bollag y col. (2003) donde la enzima lacasa utilizada era la proveniente de cepas de *Trametes villosa*.

El mecanismo catalítico de oxidación de un fenol por la lacasa es muy similar a la oxidación de los mediadores artificiales de tipo N-OH. Ambos dependen de la diferencia en los potenciales redox de la lacasa y el mediador, diferencia en la que influye significativamente el pH del medio. Los compuestos N-OH, igual que ocurre con los fenoles, se reducen a medida que se incrementa el pH del medio, incrementando por tanto su oxidación por la lacasa (Xu, 1997; 2000.)

- En el caso de la oxidación enzimática de atrazina, los resultados observados nos permiten suponer procesos de degradación, aunque no hemos podido certificar al presente la naturaleza de los productos formados.

La hidroxilación es un mecanismo degradativo común en los microorganismos, que aparece como una reacción inicial en la degradación microbiana de pesticidas halogenados, como la atrazina. Aunque no se conoce que el átomo de cloro juegue un papel esencial en la nutrición del hongo, la aparición de metabolitos clorados no es infrecuente. Se conoce que algunos microorganismos del suelo hidrolizan la atrazina a los correspondientes hidroxí análogos de menor toxicidad que su precursor. Los resultados de la bibliografía indican una degradación rápida de atrazina a hidroxiatrazina, aunque se conoce muy poco de la subsiguiente degradación de estas hidroxí-triazinas.

Como resultado es promisorio continuar la investigación sobre la posible utilización de la enzima lacasa proveniente de la cepa de hongos *Grammothele subargentea* para su uso en la remediación de suelos contaminados con fenoles y/o residuos de plaguicidas de estructura similar.

- La elección de la cromatografía en fase gaseosa como herramienta analítica resultó una elección adecuada.

6. Referencias Bibliográficas

- Akhtar, M., Blanchette, R., Kirk, K. (1997) Fungal deslignification and biomechanical pulping and wood. *Advances in Biochemical Engineering*, 57:160-195.
- Bajpai, P., (1999) Application of enzymes in the pulp and paper industry. *Biotechnology progress*, 15: 147-157.
- Balakshin, M., Chen, C. y Gratzl, J. (2000) Kinetic studies on oxidation of veratryl alcohol by laccase-mediator system. Parte 1. Effects of mediator concentration. *Holzforschung*, 54: 165-170.
- Balakshin, M., Chen, C. y Gratzl, J. (2000) Kinetic studies on oxidation of veratryl alcohol by laccase-mediator system. Part 2. The kinetics of dioxigen uptake. *Holzforschung*, 54:171-175.
- Bollag, J. M., H. L. Chu, M. A. Rao, and L. Gianfreda. 2003. Enzymatic oxidative transformation of chlorophenol mixtures. *Journal of Environmental Quality* 32:63-69.
- Bourbonnais, R., Leech, D. y Paice, M. (1995) Electrochemical analysis of the interactions of laccase mediators with lignin model compounds. *Biochemica et biophysica acta*, 1379: 381-390.
- Bourbonnais, R., Paice, M., Freiermuth, B. y Bodie, E. (1997) Reactivities of various mediators and laccases with kraft pulp and lignin model compounds. *Applied and environmental microbiology*, 63: 4627-4632.
- Leonowicz, A. y Matuszewska, A., (1999). Biodegradation of lignin by white rot fungi. *Review.Fungal genetics and biology*, 27: 175-185.

- Rabinovich, M. L., A. V. Bolobova, y L. G. Vasil'chenko. (2004) Fungal decomposition of natural aromatic structures and xenobiotics: A review. *Applied Biochemistry and Microbiology* 40:1-17.
- Solís, M., Ugalde, V., Gonzalez, I. y Viniegra, G. (2005) An electrochemical spectrophotometrical study of the oxidized forms of the mediator 2,2'-azino-bis-(3-ethylbnzothiazoline-6-sulfonic acid) produced by immobilized laccase. *Journal of electroanalytical chemistry*, 579: 59-66.
- Saparrat, M.C.N. (2004) "Optimizing production of extracellular laccase from *Gramothele subargentea* CLPS no. 436 strain." *World J Microbiol Biotechnol* (in press)
- Thurston CF., (1994). "The structure and function of fungal laccases". *Microbiology* 140:19-26.
- Wolfenden B. S. y Willson R. L. (1982) *J. Chem. Sot. Perkin Trans II*. 805-812.

22TCA. ACCIÓN DEL CLORO Y CARBÓN ACTIVADO EN POLVO SOBRE LA REMOCIÓN DE MICROCYSTINA EN TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE

ROSALES R. J.⁽¹⁾; ROMÁN N.⁽²⁾; CAYETANO M. C.⁽¹⁾; CIVES H. R.⁽¹⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias de la Alimentación, ⁽²⁾Aguas de Corrientes S.A.

rosalesr@fcal.uner.edu.ar

Resumen: Las floraciones (bloom) de algas cianofíceas en el lago de Salto Grande son consecuencia del estado de eutrofización y las condiciones ambientales. Representan un problema ecológico, sanitario y económico que se ha incrementado en los últimos años a nivel mundial: afectan el turismo, producen aumento del costo de tratamiento de agua potable, y lo más importante, riesgos para la salud pública por exposición a productos de su metabolismo: las cianotoxinas. La microcystina es la toxina de mayor frecuencia y toxicidad a nivel humano, y se ha detectado su presencia en todas las floraciones registradas en el Lago. Se estudió la acción del cloro y carbón activado en polvo para la remoción de microcystina en condiciones de laboratorio, demostrándose la mayor efectividad, sobre la remoción de microcystina, del tratamiento de oxidación con cloro que el de adsorción con carbón activado en polvo. Se pretende que los resultados obtenidos sirvan como punto de partida para ajustar las variables del proceso de potabilización: concentración de cloro activo total, tiempo de contacto y pH, a valores óptimos de modo de reducir la concentración de microcystina en agua tratada a concentraciones menores a 1 µg/l, según lo recomendado por la OMS.

1. Introducción.

Las floraciones de cianobacterias representan un problema ecológico, sanitario y económico que se ha incrementado en los últimos años a nivel mundial; producen aumento del costo de tratamiento de agua potable, riesgos para la salud pública por exposición directa o prolongada a productos del metabolismo de estas algas: las cianotoxinas, además de ocasionar problemas estéticos como la presencia de espumas y olores desagradables, también altera el sabor del agua.

La presencia de floraciones de cianobacterias en el Lago de la Represa de Salto Grande fue registrada desde que se llenó el embalse (1979) (Quirós y Lucchini, 1982; Beron, 1990). Son causados por el enriquecimiento artificial en nutrientes, principalmente compuestos nitrogenados y fosfatados provenientes de las aguas residuales domésticas e industriales y escorrentías de actividades agrícolas y ganaderas.

Entre setiembre de 2000 y abril de 2001 se determinó que el 100% de las muestras analizadas presentaron toxicidad (De León et al, 2001), con niveles de concentración de microcystina que variaron entre 200 µg/g y 2000 µg/g.

Los metabolitos más importantes desde el punto de vista de la salud pública, producidos por las cianobacterias son las cianotoxinas, que son sintetizadas intracelularmente por las cianobacterias bajo determinadas condiciones de crecimiento. En condiciones normales una pequeña proporción de estas toxinas es liberada por las células al agua, al ocurrir la lisis celular, la toxina intracelular es liberada al agua (Yoo et al., 1995).

La microcystina es la toxina de mayor frecuencia y toxicidad a nivel humano. Es una hepatotoxina potente, 100 veces más que el cianuro (Pizzolón, 1996); afecta principalmente a las células del hígado, induciendo la formación de tumores hepáticos (Chorus y Bartram, 1999; Falconer, 1999; Sivonen, 1996).

Se han reportado y descrito intoxicaciones que afectaron a la población por el consumo de agua contaminada con cepas tóxicas de cianobacterias en Australia, Inglaterra, China y Sudáfrica (Falconer, 1994). El caso más grave confirmado fue registrado en la ciudad de

Caruaru (PE, Brasil), donde 130 pacientes renales crónicos fueron intoxicados en 1996 (Azevedo, 1996; Carmichael et al., 1996; Pouria et al., 1998).

Estudios tendientes a establecer estándares para microcystinas en agua potable han sido establecidos por la OMS (1999) en 1,0 µg/l (WHO, 1998).

Hay varios métodos disponibles para identificación y screening, los métodos de identificación (HPLC seguido de espectroscopia de masas) requieren instrumentos sofisticados y formación profesional disponible en laboratorios comerciales o de investigación muy avanzados. Los test ELISA, pueden usarse para cuantificación. Actualmente están siendo desarrollados test comerciales basados en PPI (protein phosphatase inhibition).

La presencia de algas y cianobacterias en el agua natural de aducción a las plantas potabilizadoras puede ocasionar problemas operacionales en varias etapas de tratamiento, tales como: dificultad de coagulación y floculación, baja eficiencia de sedimentación, colmatación de filtros y aumento de la necesidad de productos para la desinfección (Kaur et al., 1994; Di Bernardo, 1995). Como consecuencia de estos problemas operacionales surgen los problemas en el agua tratada asociados a la presencia de algas, cianobacterias y sus subproductos extracelulares, tales como olores, sabores, trihalometanos y toxinas.

Los procesos convencionales de tratamiento de agua para consumo humano, como el que se lleva a cabo en la Planta Potabilizadora de la ciudad de Concordia, ubicada sobre el Río Uruguay 12 km aguas debajo de la Represa de Salto Grande, incluyen coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. Este tipo de tratamiento puede remover satisfactoriamente las células de cianobacterias, sin producir lisis celular y sin liberar toxina al medio. Pero en las condiciones habituales de operación, no garantizan la eliminación efectiva de las cianotoxinas presentes al comienzo del tratamiento. Sólo tratamientos avanzados, como adsorción en carbón activado y oxidación en determinadas condiciones, entre otros, puede garantizar una remoción eficaz de las toxinas.

El carbón activado en polvo o granular son efectivos para la remoción de toxinas utilizados solo o en combinación con el tratamiento convencional (Falconer et al., 1989; Himberg et al., 1989). Donati et al. (1994) demostraron que el carbón activado de madera fue más efectivo en la remoción de microcystina que el obtenido a partir de coco.

La oxidación química es una técnica tan efectiva, como el carbón activado, para la remoción de cianotoxinas. Sin embargo la aplicación directa del oxidante al agua cruda, que aún no ha sufrido la remoción de las células de cianobacterias, presenta interrogantes por la liberación de toxinas al medio por lisis celular y por la formación de compuestos no deseables.

El cloro es el desinfectante más utilizado en todo el mundo, se han realizado estudios para observar el efecto del cloro sobre microcistina. Nicholson et al. (1994), reportaron que microcystina y nodularina fueron rápidamente destruidas por acción del cloro, con dosis de 1 mg/l (de cloro activo) después de un tiempo de contacto de 30 minutos fueron destruidas el 95% de las toxinas presentes. Estos autores también observaron que el pH ejerce una influencia significativa sobre la efectividad de las especies de cloro ensayadas. Al disminuir el pH se incrementa la remoción, para iguales concentración de oxidantes y tiempos de residencia.

Urge la necesidad de estudiar el efecto que los distintos tratamientos aplicados a la potabilización del agua tienen en la remoción de microcystina debido a que hay muchas ciudades, de Argentina y Uruguay, que tienen las captaciones de sus plantas potabilizadoras sobre el Río Uruguay, aguas abajo de la represa de Salto Grande.

2. Objetivos

- Estudiar la remoción de microcystina, (toxina producida por las especies de cianobacterias predominantes en lago de Salto Grande), al utilizar distintos agentes: cloro y carbón activado en polvo, en condiciones de laboratorio.
- Analizar la factibilidad de aplicación, de las alternativas estudiadas, al proceso de potabilización de la planta potabilizadora de la ciudad de Concordia cuando se presenten indicadores de crisis por floraciones en el Lago de Salto Grande.

3. Metodología

Se realizaron las siguientes etapas de trabajo:

1. Extracción, purificación y cuantificación de las endotoxinas producidas por las cianobacterias que desarrollan floraciones en el lago de Salto Grande; se recogieron muestras de agua, se realizó un screening de las muestras mediante observación microscópica para asegurar el predominio de especies de cianobacterias potencialmente productoras de microcystina. Mediante filtración y centrifugación se concentró la biomasa de células. Para liberar la toxina contenida en el interior de la célula se provocó la lisis celular, mediante tres ciclos alternados de congelación – descongelación. Luego se filtró y centrifugó para separar los restos celulares del líquido intracelular, que contiene la microcystina y se determinó su concentración por ELISA, obteniendo como resultado 3700 µg/L.
2. Aplicación de los siguientes tratamientos, para la remoción de toxinas:
 - a. Oxidación con cloro a distintos pH y tiempos de residencia. Las variables estudiadas: pH, concentración de microcystina, concentración inicial de cloro y tiempo de contacto. Se prepararon soluciones en agua destilada, a escala laboratorio, de concentración 2 y 4 µg/l de microcystina. Sobre cada una de estas soluciones se evaluó la acción del cloro, en dos concentraciones distintas, a dos valores de pH y bajo dos tiempos de contacto diferentes. Se evaluó la acción a pH 6,1; y a pH 8. Se trabajó con soluciones de concentración inicial de 2 y 4 mg/l de cloro activo y se ensayaron tiempos de contacto de 20 y 30 minutos. Se efectuó la medición de concentración de microcystina y de cloro libre para Tiempos de contacto: 20 o 30 min (según corresponda).
 - b. Tratamiento con carbón activado en polvo: en estos ensayos se utilizaron como variables la concentración de microcystina y la concentración de CAP. Se utilizó carbón activado en polvo (CAP) de base vegetal (madera). Se prepararon soluciones, en agua destilada, de concentración 4 y 10 µg/l de microcystina. Sobre cada una de estas soluciones se evaluó la acción del CAP, a distintas concentraciones, 3, 5, 10, 15, 20, 50 y 100 mg/l, respectivamente, durante 2 horas a 20°C. Se efectuó la medición de concentración de microcystina luego del ensayo.
3. Determinación de indicadores de calidad de agua tratada luego de aplicar los distintos tratamientos: pH, Cloro activo, Cloro residual libre, concentración de Microcystina.
Todos los ensayos se realizaron por duplicado.

4. Resultados

Aplicando la metodología descrita se han obtenido los siguientes resultados:

- a. **Ensayo de acción del cloro sobre la remoción de microcystina en distintas condiciones de pH y tiempos de contacto.**

La **FIGURA 1** muestra el incremento en la remoción de microcystina al aumentar la concentración de cloro activo aplicada, para ambos tiempos de contacto ensayados (20 y 30 minutos).

En la **FIGURA 2** se observa el incremento en la remoción de microcystina al aumentar el tiempo de contacto de 20 a 30 minutos, para una concentración de cloro activo total aplicada de 2 mg/l. Cuando aplicamos una concentración inicial de 4 mg/l de cloro activo total el incremento en la remoción de microcystina, al aumentar tiempo de contacto, es mínima.

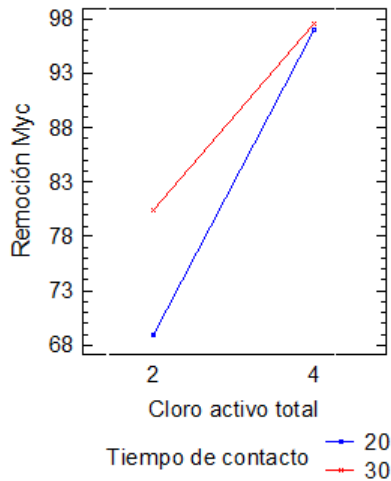


FIGURA 1

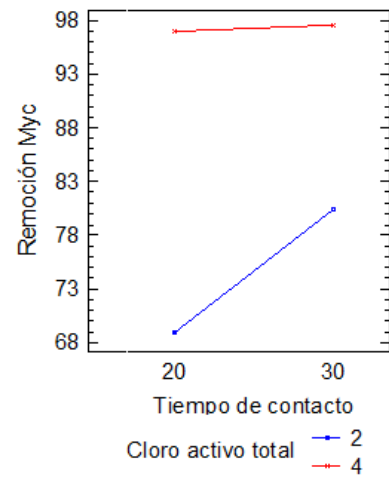


FIGURA 2

La **FIGURA 3** muestra el incremento en la remoción de microcystina al aumentar la concentración de cloro activo aplicada, para los pH ensayados (6,13 y 8,04).

En la **FIGURA 4** se observa el incremento en la remoción de microcystina al disminuir el pH, para las concentraciones de cloro activo total aplicadas. Cuando la concentración inicial de cloro activo total es de 4 mg/l el incremento en la remoción de microcystina, al disminuir el pH, es menor que cuando aplicamos 2 mg/l de cloro activo total.

En las **FIGURA 2 y 4** se observa que cuando se aplica una concentración inicial de 4 mg/l de cloro activo total el incremento en la remoción de microcystina, al aumentar el tiempo de contacto y al disminuir el pH, es mínima, desapareciendo prácticamente la diferencia al realizar un tratamiento con mayor tiempo de contacto o con menor pH. Utilizando una concentración inicial de 2 mg/l de cloro activo total, el efecto del incremento en el tiempo de contacto y la disminución de pH sobre la remoción de microcystina es significativo.

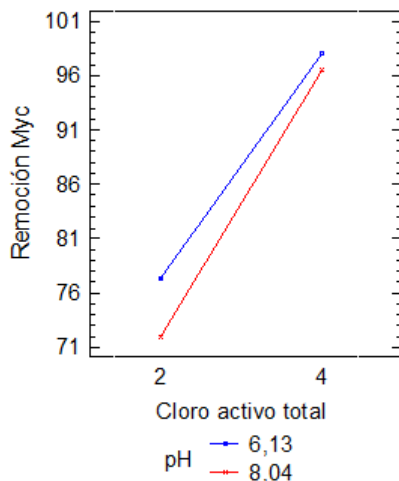


FIGURA 3

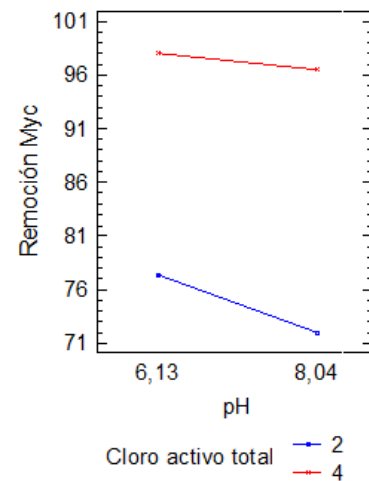


FIGURA 4

TABLA 1. Remoción de microcystina (valores medios y desviación estándar) según la concentración de cloro activo aplicada.

Concentración de cloro activo aplicada (mg/L)	Remoción de microcystina (%)
2	76,92 ± 8,06 ^a (*)
4	97,28 ± 1,07 ^b

(*) Se han identificado dos grupos homogéneos, según la letra de referencia, entre los mismos existen diferencias estadísticamente significativas. El test empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (P<0,05).

Se observa un incremento en la remoción de microcystina al aumentar la concentración de cloro aplicada al tratamiento.

TABLA 2. Remoción de microcystina (valores medios y desviación estándar) según el tiempo de contacto aplicado.

Tiempo de contacto aplicado (minutos)	Remoción de microcystina (%)
20	82,94 ± 15,33 ^a (*)
30	88,99 ± 10,06 ^b

(*) Se han identificado dos grupos homogéneos, según la letra de referencia, entre los mismos existen diferencias estadísticamente significativas. El test empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (P<0,05).

Se observa un incremento en la remoción de microcystina al aumentar el tiempo de contacto del tratamiento de cloración.

TABLA 3. Remoción de microcystina (valores medios y desviación estándar) según el pH.

pH	Remoción de microcystina (%)
8,04	84,24 ± 13,96 ^a (*)
6,13	87,69 ± 12,47 ^b

(*) Se han identificado dos grupos homogéneos, según la letra de referencia, entre los mismos existen diferencias estadísticamente significativas. El test empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (P<0,10).

Se observa que la acción del cloro sobre la remoción de microcystina es más efectiva cuando disminuye el pH.

b. Ensayo de acción del carbón activado en polvo sobre la remoción de microcystina.

TABLA 4. Remoción de microcystina (valores medios y desviación estándar) según la concentración de CAP aplicada.

Concentración de CAP aplicada (mg/L)	Remoción de microcystina (%)
3	7,9 ± 1,6 ^a (*)
5	22,4 ± 7,0 ^b
10	43,6 ± 4,2 ^c
15	53,5 ± 1,4 ^d
22	66,2 ± 5,8 ^e
50	79,6 ± 0,2 ^f
100	96,8 ± 0,4 ^g

(*) Se han identificado siete grupos homogéneos, según la letra de referencia, entre los mismos existen diferencias estadísticamente significativas. El test empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey ($P < 0,05$).

Se observa que con el CAP ensayado, aplicando 15 mg/L, se logran remociones de microcystina del orden del 53%. Para lograr remociones mayores al 80% deberían aplicarse dosis de CAP mayores a 50 mg/L. Este tratamiento se tornaría muy oneroso, considerando que el CAP tiene un costo del orden de U\$S 3,5 el kilogramo.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos sirven para corroborar la eficiencia del tratamiento de oxidación convencional con cloro, para la remoción de microcystina.

De este trabajo se concluye que pueden lograrse niveles de remoción del orden del 97% aplicando dosis de cloro activo total de 4 mg/l, independientemente de los tiempos de contacto y pHs ensayados (**FIGURA 2, FIGURA 4 y TABLA 1**).

Para el caso de la adsorción de microcystina con carbón activado en polvo (CAP) se ha demostrado la significancia estadística, sobre el incremento de la remoción de microcystina, que tiene el incremento de la dosis de CAP aplicada, con un nivel de confianza del 95%.

Debería ensayarse la utilización de otro tipo de carbón activado en polvo que tenga mayor especificidad para adsorber moléculas grandes como la microcystina.

Se puede concluir que con el tratamiento de oxidación con cloro se logran remociones en la concentración de microcystina de mayor orden y más económicas que aplicando tratamientos de adsorción con CAP.

La oxidación con cloro es un tratamiento que ya se aplica en la planta potabilizadora de la ciudad de Concordia y este trabajo permitió ajustar concentración de cloro, tiempo de contacto y pH durante el proceso de potabilización para lograr remociones de microcystina con la máxima eficiencia, a concentraciones sugeridas por la OMS.

Se deberían proyectar ensayos a nivel piloto con agua del río Uruguay sobre la toma de agua de la planta potabilizadora para estudiar si los efectos anteriormente analizados son los mismos al cambiar los caudales y condiciones reales del agua cruda a tratar, incluyendo también la determinación de trihalometanos en agua tratada cuando se aplican concentraciones de cloro como las ensayadas.

6. Bibliografía

- Azevedo, S.M.F.O., (1996). Toxic cyanobacteria and the Caruaru tragedy. In: IV Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxicologia - Livro de Resumos; p.84.
- Carmichael, W.W.; An, J.S.; Azevedo, S.M.F.O., Lau, S., Rinehart, K.L., Jochimsen, E.M.; Holmes, C.E.M., Silva, J.B. (1996). Analysis for microcystins involved in outbreak of liver failure and death of humans at a hemodialysis center in Caruaru, Pernambuco, Brazil. In: IV Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxinologia.
- Chorus, I; Bartram, J. (1999). Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO. E&FN Spon. London and New York; p. 416.
- De León, L.; Yunes, J.S. (2001). First report of a Microcystin-containing bloom of the cyanobactium *Microcystis aeruginosa* in the La Plata River, South America. *Envir. Toxicol.* 16(1): 110-112.
- Di Bernardo, L. (1995). Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento. Rio de Janeiro: ABES.

- Donati, C.; Drikas, M.; Hayes, R.; Newcombe, G. (1994). Mycrocystin-LR adsorption by powdered activated carbon. *Water Research*, 28(8): 1735-1742.
- Falconer, I.R.; Runnegar, M.T.C.; Buckley, T.; Huyn, V.L.; Bradshaw, P. (1989). Using activated carbon to remove toxicity from drinking water containing Cyanobacterial blooms. *Journal of The American Water Works Association*, 81(2): 102-105.
- Falconer, I.R. (1994). Health implications of Cyanobacterial (blue-green algae) toxins. In: Steffensen DA, Nicholson BC, editors. *Toxic Cyanobacteria Current Status of Research and Management - Proceedings of an International Workshop*. Adelaide.
- Falconer, I. (1999). An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environ. Toxicol.* 14: 5-12.
- Himberg, K.; Keijola, A.M.; Hiisvirta, L.; Pyysalo, H.; Sivonen, K. (1989). The effect of water treatment processes on the removal of hepatotoxins from *Microcystis* and *Oscillatoria* cyanobacteria: A laboratory study. *Water Research*, 23(8): 979-984.
- Kaur, K.; Bott, T.R.; Heathcote, G.R.; Keay, G.; Leadbeater, B.S.C. (1994). Treatment of algal-laden water: pilot-plant experiences. *Journal IWEM*, 8: 22-32.
- Nicholson, B.C.; Rositano, J.; Burch, M.D. (1994). Destruction of cyanobacterial peptide hepatotoxins by chlorine and chloramine. *Water Research*; 28(8):1297-303.
- Pizzolón, L. (1996). Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia* 21(6): 239-245.
- Pouria, S.; Andrade, A.; Barbosa, J.; Cavalcanti, R.L.; Barreto; V.S.T.; Ward, C.J.; Preiser, W.; Poon, G.K.; Neild, G.H.; Codd, G.A. (1998). Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. *The Lancet*, 352: 21-26.
- Quirós, R.; Lucchini, L. (1982). Características limnológicas del Embalse de Salto Grande, III: Fitoplancton y su relación con parámetros ambientales. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. 13: 49-66.
- Sivonen, K. (1996). Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia* 35(& Suppl.): 12-24
- World Health Organization (WHO), (1998). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 2nd edition, Addendum to Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information. World Health Organization, Geneva.
- Yoo, R.S.; Carmichael, W.W.; Hoehn, R.C.; Hruday, S.E. (1995). Cyanobacterial (blue – green algal) toxins: A resource guide. *American Waterworks Association Research Foundation*, Boulder, Colorado, pp. 229.

23TCA. *Cucurbita Moschata* (Abóbora): CARACTERIZAÇÃO DO SEU PERFIL QUÍMICO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

*GLÓRIA, L. L.; *BERNARDES, N. R.; *PINHEIRO, L. Z.; *REIS, C. N.;
*SOUZA, R. D.; *ARANTES, M. B. S.; **CHAVES, D. S. A.; *OLIVEIRA, D. B.

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil.

**Departamento de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, Brasil.

lorena_limagloria@hotmail.com

Resumo: Este trabalho avaliou o perfil químico do extrato e frações da polpa de abóbora (*Cucurbita moschata*) e a quantificação da atividade antioxidante, justificando assim o uso dessa leguminosa como um possível alimento funcional. Para a obtenção do extrato metanólico, a polpa de abóbora foi submetida à maceração estática a temperatura ambiente com metanol 100% (10% p/v). O extrato (ECM) foi injetado em uma coluna cromatográfica aberta de fase reversa RP-2 resultando em três frações: fração 100% aquosa (FA), 50% aquosa/metanólica (FB) e 100% metanólica (FC). O extrato e as frações foram avaliados por CLAE com o intuito de se conhecer seus perfis químicos e submetidos ao teste antioxidante do DPPH. A partir do perfil químico pode-se observar a presença de ácidos fenólicos no extrato e nas frações. Com relação a atividade antioxidante as frações FA e FB apresentaram elevado potencial antioxidante, sugerindo o uso da abóbora como um alimento funcional.

1. Introdução:

Nos dias de hoje, cada vez mais a população acredita que os alimentos contribuem diretamente para o seu bem estar e esta tendência mostra um aumento crescente no consumo de frutas e hortaliças (Chen, 2011; Silva, et al., 2009). Dentro deste conceito, os alimentos funcionais representam uma das áreas mais interessantes de investigação e inovação na indústria de ciência e tecnologia alimentícia fornecendo métodos cada vez mais sofisticados para que os alimentos sejam vistos não apenas como uma forma de satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários para o indivíduo, mas que além desses benefícios, eles possam atuar também tanto no melhoramento das funções fisiológicas bem como na redução dos riscos de determinadas doenças além de proporcionar um melhor bem estar físico e mental (Annunziata e Vecchio, 2011; Chen, 2011).

As hortaliças têm importante papel na alimentação humana, principalmente por serem excelentes fontes de vitaminas, minerais e fibras dietéticas e por conterem em sua composição diferentes grupos de substâncias químicas que atuam no organismo humano, reduzindo os riscos de algumas doenças (Alves, et al., 2010). Os frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*) são utilizados como importante fonte nutritiva à população carente por serem ricos em vitamina A, vitaminas do complexo B, cálcio, fósforo, silício, magnésio, cloro, ferro, potássio e sódio (Carvalho, et al., 2009). Essa leguminosa também apresenta propriedades medicinais como ação antioxidante, anti-diabéticos, anticancerígena, anti-inflamatórios entre outras (Yadav, et al., 2010).

Várias patogenicidades como câncer, diabetes mellitus, malária, aterosclerose, doenças neuro-degenerativas, doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, inflamação, envelhecimento e demência podem ser agravadas pela formação de radicais livres no

organismo que são responsáveis por mediar algumas das reações de oxidação sendo, portanto, caracterizados como agentes do estresse oxidativo (Awah, et al., 2010; Halliwell, 2009; Wu e Ng, 2008). Os principais radicais livres encontrados são o ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$), o radical hidroxila (OH^{\bullet}), o peróxido de hidrogênio ($H_2O_2^{\bullet}$) e o óxido nítrico (NO^{\bullet}). Esses radicais podem provocar uma série de lesões teciduais celulares que incluem danos na molécula de DNA, mudança na conformação ou degradação de proteínas, oxidação de importantes enzimas, entre outros (Awah, et al., 2010; Wu e Ng, 2008).

Recentemente, tem havido um grande aumento de interesse em recursos naturais fitoquímicos como antioxidantes de origem vegetal, uma vez que são vistos como promissores agentes terapêuticos para patologias provenientes de radicais livres e, diante da grande e potencial biodiversidade brasileira, estudos nessas áreas são extremamente relevantes. Alimentos naturais que apresentam derivados antioxidantes, tais como vitaminas e compostos fenólicos (ácidos fenólicos e flavonóides) merecem destaque porque funcionam como agentes quimiopreventivos contra os danos oxidativos nas células (Awah, et al., 2010; Bernardes, et al., 2010).

2. Objetivos:

- 1) Avaliar o perfil químico do extrato metanólico e frações obtidas a partir da polpa de abóbora por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE);
- 2) Avaliar a atividade antioxidante do extrato e frações obtidas pelo método do radical livre DPPH.

3. Metodologia:

Coleta do material e obtenção do extrato metanólico e frações

Os frutos de abóbora foram coletados em uma propriedade rural do município de Campos dos Goytacazes na região Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro. Os frutos foram submetidos a uma maceração e, em seguida liofilizados no aparelho até a completa secagem das abóboras. O extrato (ECM) foi proveniente de uma extração estática dos frutos macerados com metanol 100% (10% p/v) em temperatura ambiente durante 8 semanas, sendo que, uma vez por semana era trocado o solvente. Esse extrato foi evaporado em banho-maria a 35°C, ao abrigo da luz (Oliveira, 2005). Posteriormente esse extrato foi injetado em uma coluna cromatográfica de fase reversa RP-2 utilizando como fase móvel água e metanol em diferentes proporções para obtenção dos compostos de interesse, os flavonóides. Dessa forma, foram obtidas a partir do extrato ECM, três frações: a fração 100% aquosa (FA), a fração 50% aquosa/metanólica (FB) e a fração 100% metanólica (FC).

Análise cromatográfica

As análises por CLAE foram realizadas no aparelho Shimadzu class, modelo LC-10, a detecção feita nos comprimentos de onda fixos de 254 nm e 350 nm. A coluna utilizada foi RP-18 da Macherey-Nagel (5µm, 4,0 x 250mm). O sistema de solvente foi água acidificada com ácido fosfórico (pH 3,2) e acetonitrila, a eluição foi gradiente, usando fluxo de 1 ml/min. O extrato ECM e as frações FA, FB e FC foram preparados na concentração de 10 mg/mL (p/v).

Atividade Antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotolorimétrico do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazila). Essa técnica consiste em adicionar

0.5 ml do extrato em concentrações que variam de 0,1 - 1000 µg/ml. A este foi adicionado 0.5 ml de uma solução metanólica de DPPH (0,1 mM), a reação foi processada em 1h à temperatura ambiente. Imediatamente, a absorção do DPPH foi verificada em um espectrofotômetro UV-Vis. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. A atividade sequestradora de radicais livres de cada extrato foi expressa pela relação da absorção de DPPH, baseado na solução de DPPH ausente do extrato (controle negativo), o padrão 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT), quercetina, rutina e ácido ascórbico. Posteriormente, foi calculado o percentual sequestrador (PS%) de radicais livres. A capacidade de seqüestrar radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical e calculado conforme a **Equação 1**:

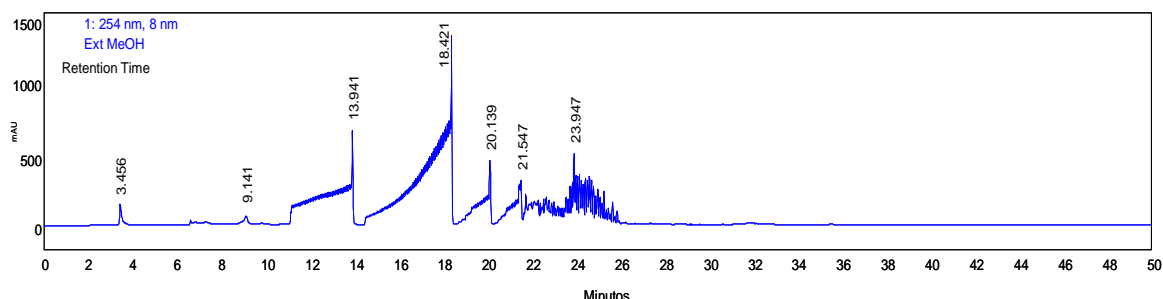
Equação 1:
$$\% \text{ Inibição} = ((A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Extrato}}) / A_{\text{DPPH}}) * 100$$

Onde A_{DPPH} é a absorbância da solução de DPPH e A_{Extrato} é a absorbância da amostra em solução (Roesler, et al., 2007).

4. Resultados e discussão

Com o intuito de conhecer o perfil químico do extrato ECM da polpa de abóbora, bem como das frações FA, FB e FC resultantes da separação na coluna cromatográfica RP-2, estes foram submetidos a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), para conhecer as substâncias presentes. A **Figura 1** mostra o cromatograma do extrato metanólico onde observa que o perfil químico do mesmo, nos dois comprimentos de onda (254 e 350 nm) são bem parecidos, porém o extrato precisa ser mais purificado, o que foi realizado nos seguintes cromatogramas.

Após a avaliação do extrato metanólico por CLAE, foi avaliado o perfil químico das frações resultantes da separação em coluna cromatográfica RP-2. A **Figura 2** mostra o perfil químico da fração FA onde apresenta um pico de interesse no tempo de retenção de 12,651. De acordo com o espectro de ultravioleta (UV) desse pico, representado no interior da figura, o mesmo pode ser característico de um flavonóide. A **Figura 3** é a CLAE da fração FB, pelos resultados percebe-se que essa fração ainda precisa ser mais purificada. A **Figura 4** apresenta o cromatograma da FC onde o destaque fica para dois picos nos seguintes tempos de retenção: 9,931 e 29,173 já que os mesmos aparecem tanto no comprimento de onda de 254 como 350 nm.



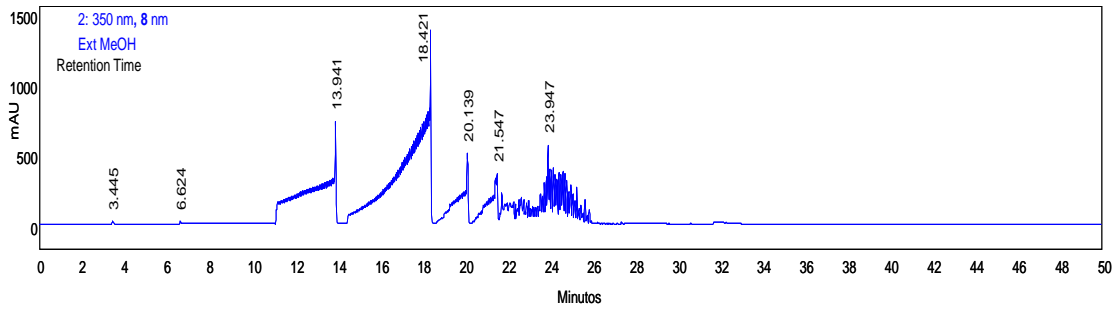


Figura 1: Perfil químico do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

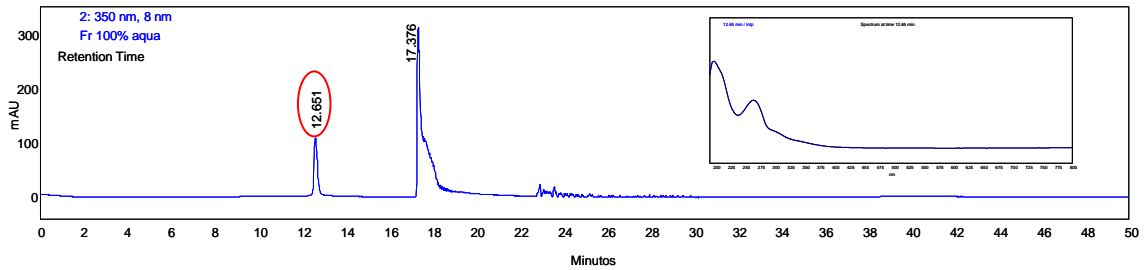
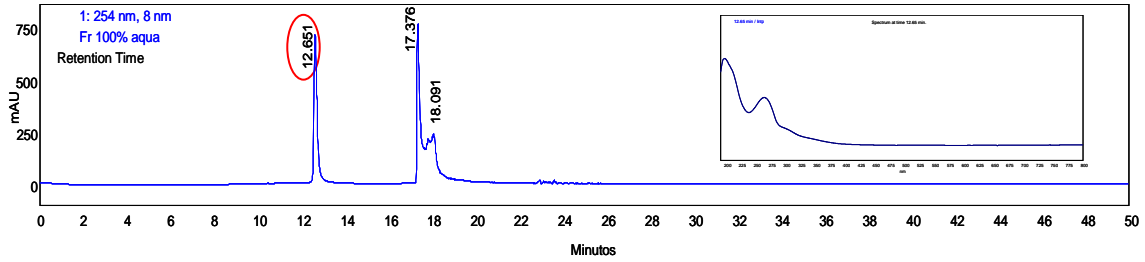


Figura 2: Perfil químico da fração 100% aquosa resultante do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

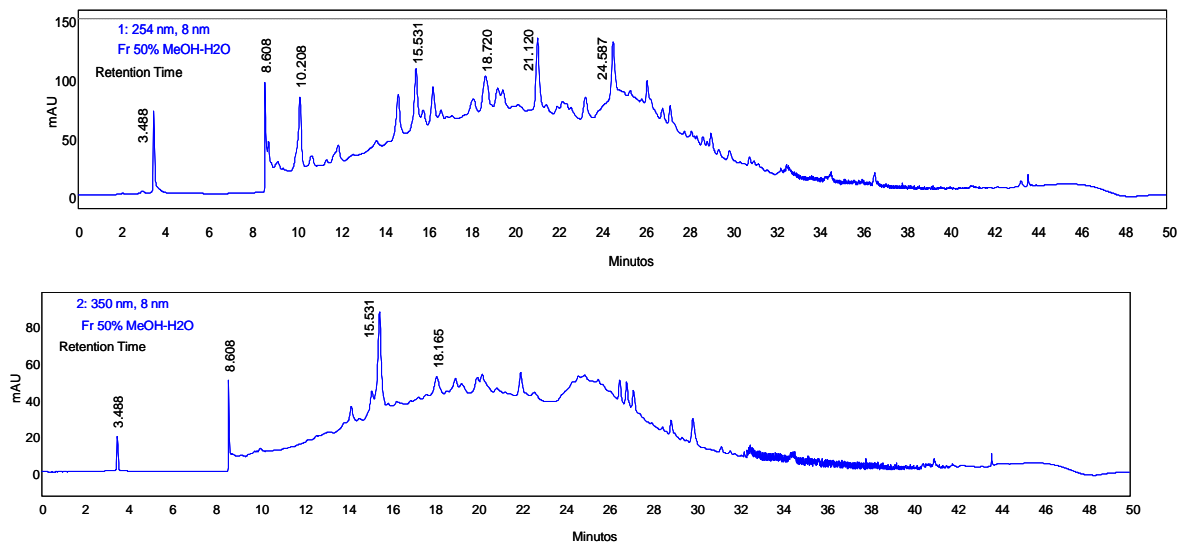


Figura 3: Perfil químico da fração 50% aquosa/metanólica resultante do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

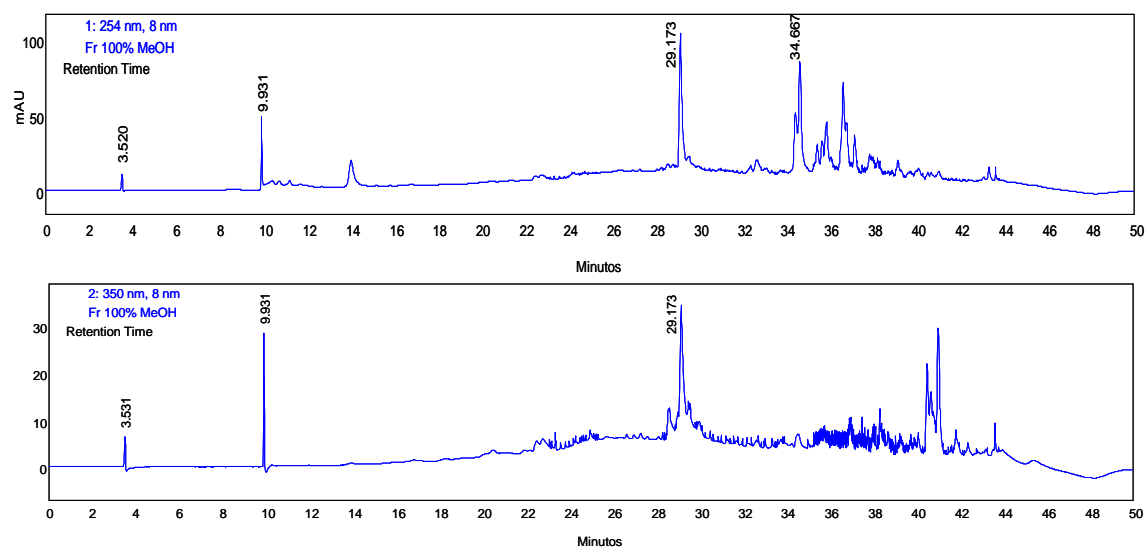


Figura 4: Perfil químico da fração 100% metanólica resultante do extrato metanólico avaliado por CLAE nos comprimentos de onda de 254 e 350 nm.

Atividade Antioxidante

Com o intuito de verificar a capacidade antioxidante do extrato e frações, estes foram submetidos a avaliação através do sequestro do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazila). A **Figura 5** mostra os resultados do extrato metanólico, frações FA, FB e FC além os padrões quercetina, rutina, ácido ascórbico e o padrão comercial BHT (butil-hidroxi-tolueno). Os testes foram realizados em triplicata Os flavonóides foram utilizados como padrões devido ao seu efeito protetor nos sistemas biológicos, que são atribuídos à sua capacidade de transferência de elétrons dos radicais livres, também ativam as enzimas antioxidantes e inibem as oxidases (Heim, 2002). De acordo com Ross e Kasum (2002), a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos é determinada pela sua estrutura, em especial com a facilidade com que um átomo de hidrogênio a partir de uma hidroxila do anel aromático pode ser doado para um radical livre. E a capacidade de um composto aromático em estabilizar um elétron não emparelhado. O ácido ascórbico ou vitamina C é comumente encontrado em nosso organismo na forma de ascorbato e por ser muito solúvel em água, está localizado nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos. O ascorbato desempenha inúmeros papéis metabólicos no organismo humano, atuando como agente redutor, reduzindo metais de transição (em particular Fe^{3+} e Cu^{2+}) presentes nos sítios ativos das enzimas, ou nas formas livres no organismo. Por ser um bom agente redutor o ascorbato pode ser oxidado pela maioria das espécies reativas de oxigênio que chegam ou são formadas nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos (Barreiros, et al., 2006).

Espécies vegetais	Concentrações		
	1000 $\mu\text{g/mL}$ (%)	100 $\mu\text{g/mL}$ (%)	10 $\mu\text{g/mL}$ (%)
ECM	83.6 \pm 4.2	34.3 \pm 1.2	9.1 \pm 7.5
FA	100 \pm 6.3	69.4 \pm 9.5	8.3 \pm 1.8
FB	100 \pm 1.3	72.8 \pm 2.8	16.7 \pm 2.9
FC	100 \pm 12.4	29.4 \pm 1.4	1.5 \pm 9.5

Quercetina	95.27 ± 0.9	93.4 ± 1.2	91.3 ± 3.0
Rutina	88 ± 0.9	86.4 ± 1.1	0.84 ± 0.9
Apigenina	60 ± 1.5	41.3 ± 2.7	9.5 ± 1.0
Ácido ascórbico	95.6 ± 1.1	93.3 ± 2.7	92.7 ± 1.5
BHT	100 ± 0.9	52.1 ± 2.2	43.6 ± 1.5

*Média ± Desvio Padrão (n=3).

Figura 5: Atividade antioxidante pelo método do DPPH do extrato metanólico, frações e dos padrões fenólicos quercetina, rutina, apigenina e 2,6-di-(tert-butil)-4-metilfenol (BHT).

Pode-se notar que o extrato metanólico apresenta atividade sequestradora somente na maior concentração testada (1000 µg/mL). As frações FA e FB possuem uma boa atividade antioxidante em duas concentrações (1000 e 100 µg/mL) enquanto que a FC apresentou atividade significativa apenas para a maior concentração (1000 µg/mL). Todas as amostras testadas apresentaram pouca atividade sequestradora na menor concentração (10 µg/mL). Este resultado demonstra o sucesso da purificação do extrato ECM através da coluna cromatográfica RP-2 na obtenção dos compostos de interesse. Todas as frações (FA, FB e FC) apresentam a mesma atividade quando comparados ao padrão comercial BHT na maior concentração o que justificaria o potencial antioxidante das mesmas, porém essa alta atividade pode estar sofrendo interferência da coloração do extrato. Seria necessária uma nova avaliação por um outro método de atividade antioxidante para comprovação desses resultados.

5. Conclusões

Neste trabalho se avaliou o perfil químico do extrato da polpa de abóbora (*Cucurbita moschata*), bem como das frações 100% aquosa (FA), 50% aquosa/metanólica (FB) e 100% metanólica (FC) provenientes de uma separação em coluna cromatográfica RP-2 desse extrato. Avaliou-se também a atividade antioxidante dessas amostras. Todas as amostras analisadas apresentaram picos com características de ácidos fenólicos quando analisados por CLAE sendo que, a fração FA apresentou um pico majoritário no tempo de retenção de 12,651 minutos para os dois comprimentos de onda (254 e 350 nm) com características de flavonóides. Estes resultados indicam o sucesso da purificação do extrato, onde os compostos de interesse estavam presentes em suas frações. Com relação à atividade antioxidante, o extrato metanólico e as frações apresentaram uma excelente atividade na maior concentração testada (1000 µg/mL) comprovando o potencial no sequestro de radicais livres dessa leguminosa. As frações FA e FB apresentaram uma boa atividade também na concentração de 100 µg/mL. Todos estes resultados indicam que a abóbora pode ser considerada um alimento funcional.

6. Referências

- Alves, J.A., Vilas Boas, E.V.B., Vilas Boas, B.M., Souza, E.C. (2010) Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 30:625-634.
- Annunziata, A., Vecchio, R. (2011) Functional foods development in the European market: A consumer perspective. *Journal of functional foods*. 3:223-228.

- Awah, F.M., Uzoegwu, P.N., Oyugi, J.O., Rutherford, J., Ifeonu, P., Yao, X.J. (2010) Free radical scavenging activity and immunomodulatory effect of *Stachytarpheta angustifolia* leaf extract. *Food Chemistry*. 119:1409-1416.
- Barreiros, A. L. B. S., David, J. M., David, J. P. (2006) Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova*. 29:113-126.
- Bernardes, N.R., Pessanha, F.F., Oliveira, D.B. (2010) Alimentos Funcionais: Uma breve revisão. *Revista Ciência e Cultura*. 6:11-19.
- Carvalho, M.L.M., Silva, C.D., Oliveira, L.M., Silva, D.G., Caldeira, C.M. (2009) Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de abóbora. *Revista Brasileira de Sementes*. 31:221-227.
- Chen, M.F. (2011) The mediating role of subjective health complaints on willingness to use selected functional foods. *Food Quality and Preference*. 22:110-118.
- Halliwell, B. (2009) The wanderings of a free radical. *Free Radical Biology & Medicine*. 46:531-542.
- Heim, K. E. (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal Nutrition Biochemistry*. 13:572-584.
- Oliveira, D. B. (2005) Aspectos Químicos e Etnomedicinais de Plantas da Dieta de Cervídeos na Reserva Particular do Patrimônio Natural – SESC Pantanal. Tese de Doutorado – Rio de Janeiro- RJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 206 páginas.
- Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., Holanda, R. B., Souza, C. A. S., Pastore, G. M. (2007) Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 27:53-60.
- Ross, J. A., Kasum, C. M. (2002) Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. *Annual Review of Nutrition*. 22:19–34.
- Silva, A.V.C., Oliveira, D.S.N., Yagui, P., Carnellosi, M.A.G., Muniz, E.N., Narain, N. (2009) Temperatura e embalagem para abóbora minimamente processada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 29:391-394.
- Wu, S.J., Ng, L.T. (2008) Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser.) in Taiwan. *LWT*. 41:323-330.
- Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G.B.K.S., Yadav, H. (2010) Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition Research Reviews*. 23:184-190.

24TCA. EFECTOS DE LAS CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO OSMÓTICO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRAMBUESAS VARIEDAD HERITAGE

RODRIGUEZ A.^{1,2}, PAGANO A.M.²; MASCHERONI R.H.^{1,3}

¹CIDCA (CONICET La Plata - UNLP), 47 y 116, (1900) La Plata, Argentina, anabelrodriguezracca@gmail.com;

²TECSE, Facultad de Ingeniería, UNCPBA, (7400) Olavarría, Argentina;

³MODIAL, Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina

Resumen: Se determinó el efecto de las condiciones del pretratamiento osmótico en soluciones de sacarosa al 40% y 60% p/v, a diferentes temperaturas y tiempos sobre la capacidad antioxidantes en frambuesas. Se observó que ninguna de las combinaciones de las condiciones de los tratamientos osmóticos presentó influencia significativa sobre la capacidad antioxidante de las muestras tratadas.

1. Introducción

Las frambuesas poseen beneficios adicionales de salud gracias a la gran capacidad antioxidante que presentan como resultado de sus altos niveles de antocianinas, vitamina E y C y otros compuesto fenólicos (Kafkas y et al., 2008). En diversos estudios se logró observar que los compuestos antioxidantes tienen efectos benéficos contra las enfermedades degenerativas, incluyendo propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Juranic y Zizak, 2005). La medición de los antioxidantes individuales no permite conocer con certeza la capacidad antioxidante total de un alimento, por los efectos sinérgicos que puedan establecerse entre ellos (Pineda y et al., 1999). Diferentes métodos se han desarrollado para determinar la capacidad antioxidante. Estos métodos consisten en la inhibición de radicales libres, donde se usa una especie generadora de los mismos y una sustancia que detecta estas especies. La actividad antioxidante de las muestras añadidas inhibe la generación de estos radicales (Pineda y et al., 1999).

El desarrollo y el consumo de alimentos funcionales o alimentos que promueven la salud, no sólo la nutrición básica, va en aumento. El pretratamiento osmótico (DO) parece ser una tecnología viable para el desarrollo de productos de frutas y verduras con alto valor nutritivo. Su objetivo es modificar la composición del material de alimentación por eliminación parcial del agua e impregnación de otros solutos, sin afectar la integridad estructural del material (Spiess y Behsnilian, 1998). Cuando las muestras están inmersas en un medio hipertónico, el soluto osmótico se transporta de la solución hacia el material alimenticio y el agua fluye del producto hacia la solución. En la DO, la calidad se puede mejorar no sólo mediante la eliminación de agua con un estrés térmico mínimo, sino también mediante la impregnación de los solutos y la modificación de la estructura (Torreggiani y Bertolo, 2001). Si los solutos son correctamente elegidos, y la proporción de eliminación de agua a la impregnación de solutos se controla, la retención del sabor natural de las frutas y el color es mucho mejor. Las frutas deshidratadas poseen una mayor densidad de nutrientes, contenido de fibras y con frecuencia tienen una gran y significativa actividad antioxidante comparada con las frutas frescas, como consecuencia de la concentración.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es medir el efecto del pretratamiento osmótico en frambuesas tratadas en distintas condiciones sobre la capacidad antioxidante de las mismas.

3. Materiales y Métodos

2.1-Preparación de las muestras

Se trabajó con frambuesas *variedad Heritage*. Las muestras una vez cosechadas se dispusieron en cámara de 0°C hasta su utilización. Al momento de utilizarlas se retiraron de cámara para alcanzar la temperatura ambiente. Se lavaron y escurrieron manualmente. Para cada tratamiento se pesaron 90gr de muestra.

2.2-Deshidratación osmótica

Previo al pretratamiento osmótico, las muestras se sometieron (ya sumergidas en solución osmótica) a vacío, cuya presión utilizada fue de 0.407atm durante 5 minutos. Se realizó a la temperatura de trabajo correspondiente al tratamiento de DO.

El tratamiento osmótico, se llevó a cabo con sacarosa comercial en dos niveles de concentraciones (40% y 60% w/v) a distintos tiempos (1, 2, 3, 4 y 6h) y temperaturas (20°C, 30°C y 40°C). Las soluciones fueron preparadas previamente con sacarosa y agua tibia para facilitar la disolución. La relación fruta/jarabe seleccionada fue 1/20. Previo a la deshidratación las soluciones se llevaron a las temperaturas correspondiente al tratamiento + 5°C (para compensar la pérdida de temperatura al sumergir el fruto). La DO se realizó con agitación (100rpm) y a temperatura constante. Una vez finalizada la misma, los frutos se colocaron sobre papel absorbente para quitar el remanente de solución en la superficie. Las pruebas se realizaron por triplicado.

2.3-Determinación de la capacidad antioxidante:

Dado que la capacidad antioxidante de los alimentos se determina por una mezcla de diferentes antioxidantes con distintos mecanismos de acción, entre las que pueden ser sinérgicas sus interacciones, es necesario medir la capacidad antioxidante con al menos dos métodos, proporcionando una completa información de los ensayos y teniendo en cuenta los pro y contra de cada uno. El ABTS y DPPH, son dos de los métodos más comunes utilizados para medir la actividad antioxidante de los alimentos (Pérez-Jiménez y et al., 2008).

2.3.1-Determinación de DPPH

Para dicha determinación se realizaron extractos de frambuesas agregando 1g de muestra en 10 mL de etanol al 96% y se centrifugó a 11000 rpm a 4°C. Luego se conservaron en cámara de -80°C hasta su utilización.

Para la medición se tomaron cuatro alícuotas del extracto etanólico (10, 20, 30, 40 μ L) y se adicionaron a tubos conteniendo 1mL de 2,2'-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH*) 0.025g/L. en etanol, preparada diariamente.

Luego de 1h de reacción se midió la absorbancia a una longitud de onda de 515nm en un espectrofotómetro Hitachi modelo U-1900 y se determinó la cantidad de extracto necesario para reducir la concentración inicial de DPPH en un 50%, cantidad que se definió como

EC₅₀. Las determinaciones se realizaron por triplicado. El poder antioxidante se expresó como 1/EC₅₀ (1/mgTej).

2.3.2-Determinación de ABTS+

El poder antirradical se evaluó en las muestras preparadas por adición de 20µL de extracto a 1mL de reactivo ABTS⁺. Luego se dejó cursar la reacción por 6 min., se midió la absorbancia con una longitud de onda de 734nm. La medida resulta válida cuando se obtiene entre un 20%-80% de inhibición, comparada con la absorbancia de un blanco preparado con 20µL de etanol y 1mL de reactivo (sin extracto). Las determinaciones se realizaron por triplicado. Los resultados fueron expresados como mM de trolox.

2.4-Análisis estadístico

Los datos presentados son analizados como bloques diferentes. Las frambuesas poseen una vida útil muy corta, por lo tanto se debió trabajar con tres lotes distintos para cada uno de los triplicados. Los efectos de las condiciones de proceso sobre las frambuesas tratadas osmóticamente se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) al nivel de confianza 95%. El programa utilizado fue el SYSTAT 12. Las comparaciones múltiples por parejas fueron evaluadas por Tukey diferencias significativas (HSD). Diferencias a $p < 0,05$ fueron consideradas significativas.

4. Resultados

Los resultados logrados en la evaluación de la capacidad antioxidante de frambuesas variedad Heritage durante la deshidratación osmótica en distintas condiciones de proceso se muestran en la **Tabla 1**.

Puede distinguirse que los lotes tuvieron efectos significativos sobre las muestras tratadas ($p < 0.05$). El análisis ejecutado en los lotes dio que los mismos muestran diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$), adjudicándose a la variabilidad presentada en las distintas cosechas.

Otro de los factores que incidió en las muestras es el tiempo de inmersión durante el tratamiento. Si embargo, se distinguió que las diferencias son con respecto al control y no son en grandes rasgos, eso determina que hay un efecto mínimo sobre el fruto osmótico.

En cuanto a las concentraciones de las soluciones, uno de los métodos presentó diferencias significativas y el otro no, razón que se atribuye a las diferencias existentes en los métodos de medición utilizados para la capacidad antioxidante.

Las temperaturas estudiadas no presentaron influencia sobre la capacidad antioxidante de las muestras.

En las **Figuras 1, 2, 3 y 4** se exponen la actividad antioxidante durante los tratamientos osmóticos en las diferentes condiciones trabajadas.

Todos los tratamientos no revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellos y con respecto al control (muestras sin tratar). Esto significa que las condiciones de proceso utilizadas no fueron severas para el fruto. De esta manera el tratamiento osmótico puede ser considerado como un pretratamiento viable para el secado en productos deshidratados.

TABLA 1- Análisis ANOVA

Factores	DPPH			ABTS		
	Suma de cuadrados	F	p	Suma de cuadrados	F	p
<i>Efectos principales</i>						
Lotes	0.023	21.327	0	0.064	5.113	0.008
°Brix	0.004	8.299	0.005	0.023	3.743	0.057
Temperatura	0.003	2.671	0.076	0.011	0.895	0.413
Tiempo	0.01	3.805	0.004	0.167	5.368	0
<i>Interacciones</i>						
°Brix-Temperatura	0.001	1.147	0.324	0.019	1.498	0.231
°Brix-Tiempo	0.004	1.474	0.21	0.033	1.066	0.387
Temperatura-Tiempo	0.003	0.658	0.759	0.049	0.782	0.645
°Brix-Temperatura-Tiempo	0.004	0.729	0.695	0.036	0.587	0.819
Error	0.037			0.435		

Nivel de confianza 95%

Habitualmente se considera que la degradación de los frutos durante el secado se debe a la falta de control en las altas temperaturas y tiempos de proceso. Algunos autores (Ponting y et al., 1966) informaron que la tasa de reacción bioquímica aumenta a unos 45 °C; por encima de ella la desnaturalización térmica se hace más predominante y el deterioro de las características organoléptica del producto comienza a tener lugar. Otros autores observaron que en el secado de aire caliente, la temperatura más apropiada para preservar los antioxidantes era menor o igual a 60°C (Garau y et al., 2007). Lo mismo ocurre al aplicar tiempos de proceso largos.

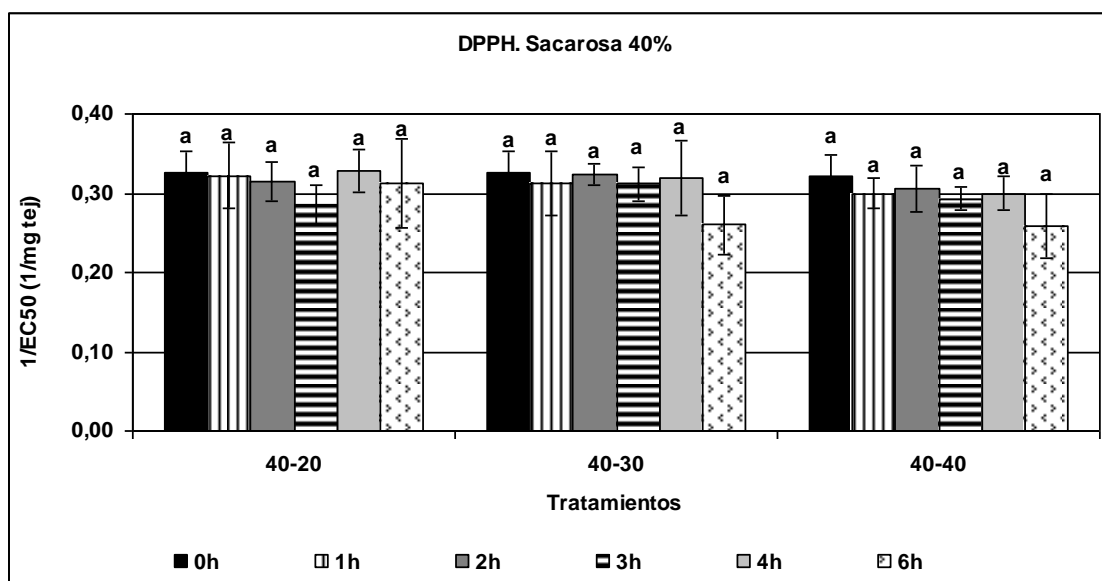


Figura 1- Efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante en soluciones de sacarosa al 40% p/v en las diferentes temperaturas y tiempos evaluados

La deshidratación osmótica, al aplicarla como un pretratamiento en un secado combinado, nos permite trabajar con temperaturas bajas y acortar tiempos logrando así mantener el valor nutritivo de los alimentos. En este estudio el tiempo de inmersión fue suficiente para evitar una desnaturalización de la membrana celular y de la pared celular del fruto, sin ocasionarles daños importantes y sin que se generen reacciones indeseables en el producto.

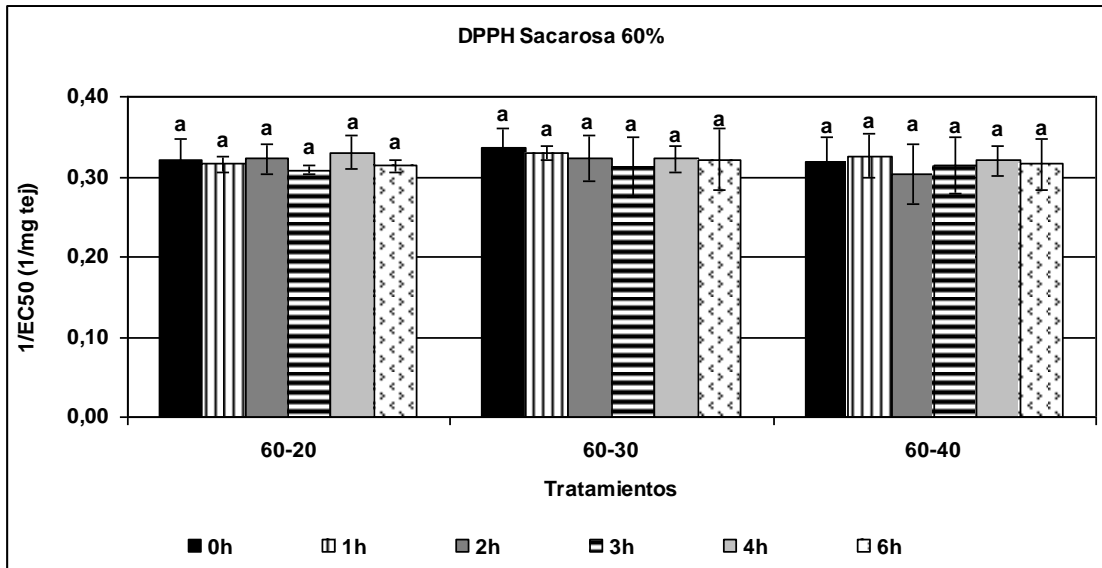


Figura 2- Efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante en soluciones de sacarosa al 60% p/v en las diferentes temperaturas y tiempos evaluados

Con respecto a las concentraciones de las soluciones hipertónicas, si bien es mayor la cantidad de soluto en ellas con respecto a los frutos, lo cual genera una presión osmótica importante sobre los mismos, la progresiva absorción de sólidos genera la formación de una capa superficial, lo cual interfiere en la concentración del gradiente durante el intercambio en las interfases producto-solución generando una barrera (Hawkes y Flink, 1978).

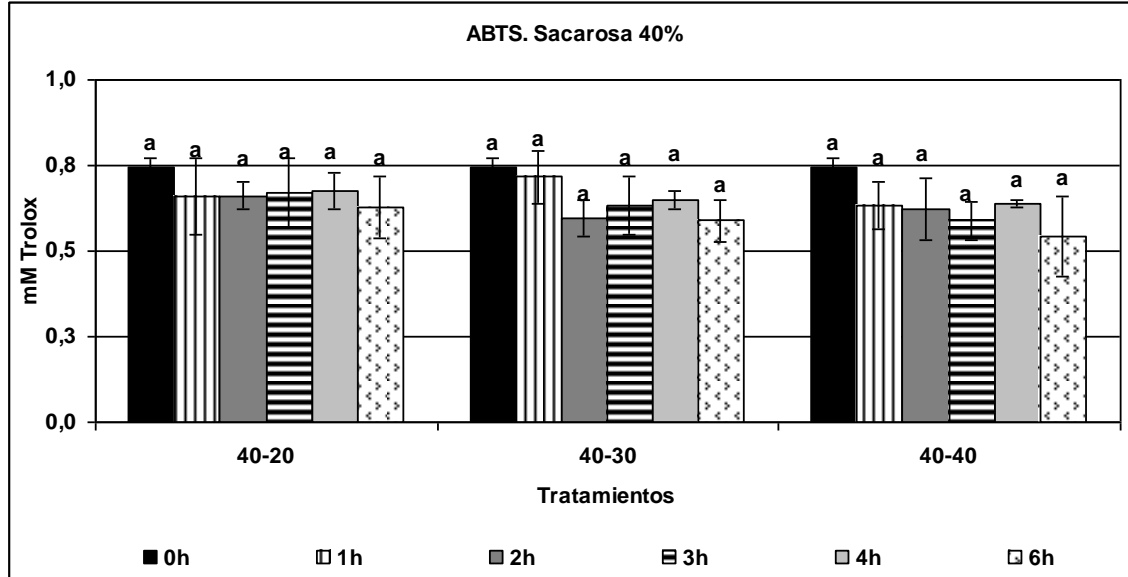


Figura 3- Efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante en soluciones de sacarosa al 40% p/v en las diferentes temperaturas y tiempos evaluados.

De esta manera se logra retener o generar una pérdida insignificante de los compuestos antioxidantes del fruto como así también mantener las características organolépticas importantes para la calidad del producto.

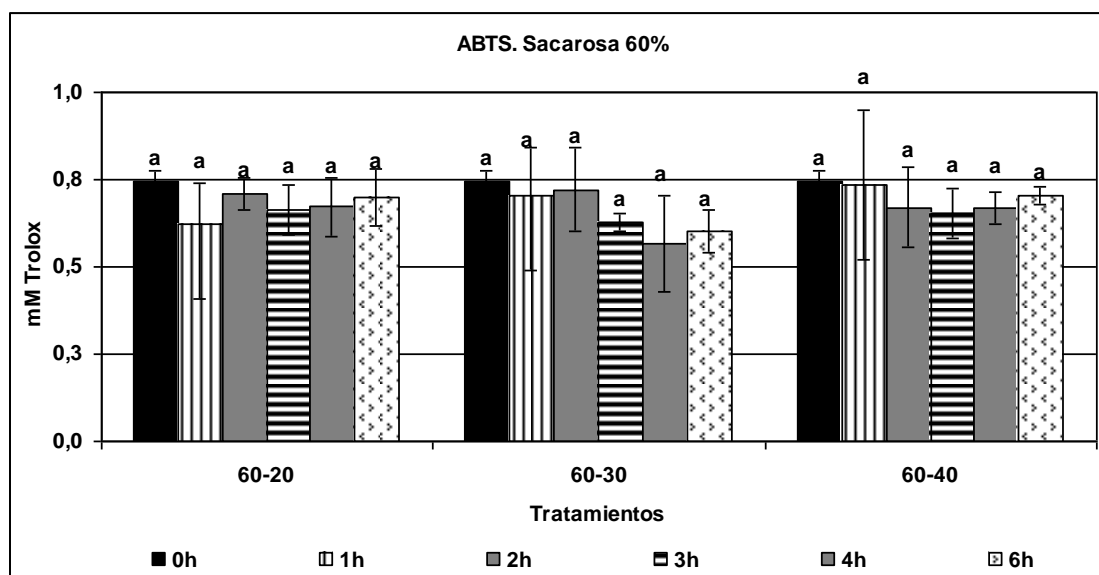


Figura 4- Efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante en soluciones de sacarosa al 60% p/v en las diferentes temperaturas y tiempos evaluados

5. Conclusiones

La deshidratación osmótica puede ser considerada como un proceso eficiente con respecto a la calidad de las frambuesas, ya que es favorable para la remoción del agua desde los tejidos del fruto sin afectar su capacidad antioxidante.

6. Bibliografía

- Beattie, J., Crozier, A., Duthie, G.G., (2005). Potential health benefits of berries. *Current Nutrition Food Science* 1, pp: 77–86.
- Bennett L.E., Jegasothv H., Komczak I., Frank D., Sudharmarajan S., Clingeffer P.R. (2011). Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods* 3, pp: 115-124
- Garau M.C, Simal S., Roselló C. y Femenia A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry* 104, pp: 1014–1024
- Hawkes, J., y Flink, J. M. (1978). Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2, pp: 265–284.
- Juranic, Z. y Zizak, Z., (2005) Biological activities of berries: from antioxidant capacity to anti-cancer effects. *Biofactors* 23, pp: 207–211.
- Kafkas, E., Özgen, M., Özogul, y Türemis, N., (2008). Phytochemical and fatty acid profile of selected red raspberry cultivars: a comparative study. *Journal of Food*
- Pérez-Jiménez J., Arranz S., Tabernero M., Díaz- Rubio M.E., Serrano J., Goñi I. y Saura-Calixto F (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International* 41, pp: 274–285
- Pineda Alonso D., Salucci M., Lázaro R., Maiani G. y Ferro-Luzzi A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Instituto Nacional de Nutrición de Italia. *Rev. Cubana Aliment Nutr*, 13 (2), pp: 104-111.
- Ponting, J. D., Walters, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., y Stanley, W. L. (1966). Osmotic dehydration of fruits. *Food Technology*, 20, pp: 125–128.

Quality 31, pp: 67–74.

Rószak A., Achaerandio I., Güell C., López F., Ferrando M. (2009). Grape phenolic impregnation by osmotic treatment: Influence of osmotic agent on mass transfer and product characteristics. *Journal of Food Engineering* 94, pp: 59–68

Spiess, W.E.L. y Behsnilian, D., (1998). Osmotic treatments in food processing. Current stage and future needs. In: *Drying*, vol. A, pp: 47-56, Ziti Editions, Thessaloniki, Greece.

Tonon R.V., Baroni A.F., Hubinger M.D. (2007) Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: Influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. *Journal of Food Engineering* 82, pp: 509–517

Torreggiani, D. y Bertolo, G., (2001). Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering* 49 (2–3), pp: 247–253

25TCA. PRODUÇÃO DE AVICELASES EXTRA-CELULARES PELA BACTÉRIA TERMOFILICA *BACILLUS* SP. SMIA-2 EM DIFERENTES FONTES DE CARBONO E NITROGÊNIO

MANSUR, L.R.C.O.; BARBOSA, J.B.; MARTINS, M.L.L.

Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. joaotla@yahoo.com.br

Resumo: A produção de avicelase pela bactéria termofílica *Bacillus* sp. SMIA-2 cultivada em culturas líquidas contendo avicel (0,5% p/v) como principal fonte de carbono e suplementada com água de maceração de milho (0,5% p/v) foi máxima após 120 horas de incubação da cultura, com níveis de 85,64 U/mL. O micro-organismo utilizou uma variedade de fontes de carbono, porém o avicel foi o melhor substrato, seguido pela xilana e carboximetilcelulose para a produção de avicelase. Entre as várias fontes de nitrogênio orgânicas e inorgânicas testadas, a máxima atividade da enzima foi obtida quando 0,5% (p/v) de água de maceração de milho foi utilizada no meio. Por outro lado, quando várias fontes inorgânicas de nitrogênio foram testadas para produção de avicelase foi observado que a produção da enzima por *Bacillus* sp. SMIA-2 foi reprimida. Portanto, a utilização da água de maceração de milho como fonte de nitrogênio é uma escolha atrativa para a produção de avicelase por *Bacillus* sp. SMIA-2, uma vez que este resíduo está disponível em países tropicais como o Brasil.

1. Introdução

A celulose é o polímero renovável mais abundante do mundo, constituindo aproximadamente 50% dos componentes orgânicos das plantas. A degradação microbiana da celulose envolve pelo menos três diferentes tipos de celulases; endoglucanase (CM cellulase, EC 3.2.1.4), exoglucanase (Avicelase, EC 3.2.1.91), e β -D-glicosidase (Yin et al., 2010). Dentre estes três tipos de enzimas, as avicelases catalisam a maior parte da quebra das ligações na sacarificação da celulose cristalina e normalmente constituem os maiores componentes de preparações de celulases, especialmente no caso de enzimas comerciais derivadas de fungos (Liu et al., 2011).

Avicelases possuem aplicações em diversos setores, incluindo a bioconversão de resíduos agroindustriais em produtos úteis, tais como proteínas unicelulares, combustíveis, produtos químicos e alimentos.

Embora existam muitos relatos na literatura sobre a produção de celulases, principalmente das carboximetilcelulases e das β -glicosidases, os relatos sobre a produção de avicelases são bastante escassos (Mukherjee et al., 2011). Assim, pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de isolar novos micro-organismos capazes de produzir exoglucanase (Mukherjee et al., 2011).

2. Objetivo:

O objetivo deste trabalho foi realizar a produção de avicelase extra-celular termoestável (exoglucanase) pela bactéria termofílica *Bacillus* sp. SMIA-2 em fermentação submersa utilizando diferentes fontes de carbono e nitrogênio.

3. Material e Métodos

Micro-organismo: O micro-organismo utilizado neste estudo foi uma bactéria termofílica *Bacillus* sp. SMIA-2 isolada de amostras de solo coletadas no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil (Souza e Martins, 2001).

Produção da enzima: O meio de cultura usado para o crescimento e produção de avicelase continha em (g/L): Avicel (Sigma) 5,0; água de maceração de milho 5,0; peptona 1,0; KCl 0,3; MgSO₄ 0,5; K₂HPO₄ 0,87; CaCl₂ 0,29; ZnO-2,03x10⁻³; FeCl₃.6H₂O-2,7x10⁻²; MnCl₂.4H₂O-1,0x10⁻²; CuCl₂.2H₂O-8,5x10⁻⁵; CoCl₂.6H₂O-2,4x10⁻³; NiCl₃.6H₂O-2,5x10⁻⁴ e H₃BO₃-3,0x10⁻⁴. O meio acima foi preparado utilizando água destilada e esterilizado em autoclave à 121°C por 15 minutos. O pH final foi ajustado para 7,5 com NaOH 1N, antes da esterilização. O meio de cultura (50mL em frascos erlenmeyer de 250mL) foi inoculado com 2mL de uma cultura de véspera (pré-inóculo) e incubado a 50°C em um “shaker” rotatório (Thermo forma Orbital Shaker, Ohio, USA) operando a 150 rpm. Frascos em triplicata foram retirados a intervalos de tempo determinados e a turbidez das culturas também foi determinada medindo o aumento da densidade ótica a 600nm com um espectrofotômetro SHIMADZU UV-mini 1240. Considerando a característica insolúvel da celulose, os frascos permaneceram em repouso por aproximadamente 15 minutos antes da retirada da suspensão. Antes do ensaio enzimático, as células foram separadas por centrifugação em uma centrífuga HERMLEZ 382K (Wehingen, Germany) operando a 15.500g por 15 minutos à 4°C e o sobrenadante livre de células foi utilizado para dosagem da atividade da enzima.

Efeito da fonte de carbono e nitrogênio sobre a produção de avicelase: O efeito da fonte de carbono 0,5% (p/v) sobre a secreção da enzima foi investigado substituindo a avicel por xilana, carboximetilcelulose, pectina, amido, galactose, lactose, sacarose, frutose, glicose e maltose. O efeito da fonte de nitrogênio sobre a secreção da enzima foi investigado substituindo a água de maceração de milho por peptona, extrato de levedura, extrato de carne, citrato de amônio, NH₄NO₃, (NH₄)₂HPO₄, NH₄Cl, KNO₃, NH₄SO₄.

Ensaio enzimático: A atividade da avicelase (EC 3.2.1.91) foi realizada em triplicata pela incubação de 0,5 mL do extrato enzimático com 0,5 mL avicel (1,0%, p/v) preparado em 0,05 M tampão Tris-HCl, pH 8,5 a 70°C por 10 minutos. A paralisação da reação foi realizada pela imersão dos tubos em banho de gelo. A quantidade de açúcares redutores foi determinada pelo método descrito por Miller (1959). Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 μmol de glicose, por minuto, a 50°C. O mesmo procedimento foi realizado com o controle exceto, que o reagente de Miller (DNS) foi adicionado juntamente com o sobrenadante e a solução de Avicel e esta mistura foi colocada em água em ebulição como descrito anteriormente.

Análises estatísticas: Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e teste de média Tukey (p < 0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS (2003) - Statistical Analysis System, versão 9.3.

4. Resultados

A Figura 1 mostra o crescimento, pH do meio e a atividade de avicelase em culturas líquidas de *Bacillus* sp. SMIA-2 contendo avicel (0,5% p /v) como principal fonte de carbono e suplementada com água de maceração de milho (0,5% p/v). A máxima atividade da avicelase foi atingida no tempo de 120 horas de incubação da cultura, com níveis de

85,64 U/mL e em seguida começou a diminuir. Isto sugere que a produção da avicelase esta diretamente ligada à cultura metabolicamente ativa. O pH do meio aumentou com o início do crescimento microbiano e atingiu em torno de 8,9 no final da fermentação, sugerindo o consumo de nitrogênio orgânico (aminoácidos e peptídeos) pelo micro-organismo. Assim, o perfil do pH durante o crescimento do micro-organismo fornece um meio útil para a monitorização da secreção da avicelase durante a fermentação.

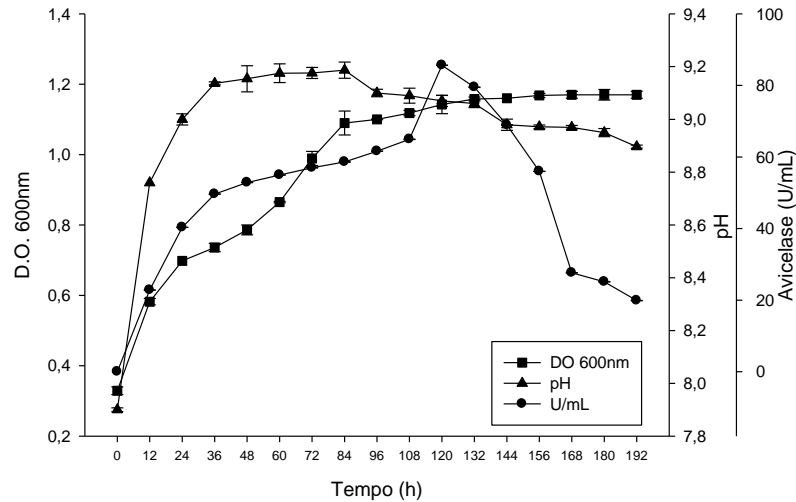


Figura 1: Atividade de avicelase em função do tempo de cultivo de *Bacillus* sp. crescido em avicel (0,50%) e água de maceração de milho (0,5%) a pH inicial de 7,5 a 50°C e 180 rpm.

Bacillus sp. SMIA-2 foi capaz de usar uma variedade de fontes de carbono, mas a atividade da avicelase variou de acordo com cada fonte (Figura 2). A avicel, carboximetilcelulose e xilana foram as melhores fontes de carbono no presente estudo para a secreção avicelase enquanto que em hidratos de carbono facilmente metabolizáveis como a glicose, frutose, lactose e sacarose foram produzidos apenas níveis constitutivos de avicelase. Uma boa quantidade de avicelase foi produzida na presença de amido e pectina. Em um estudo similar, Walter and Schrepf (1996) mostraram que entre as fontes de carbono que foram testadas somente avicel induziu a síntese da avicelase por *Streptomyces transformantes* T3-1. Glicose e outras fontes reprimiram a síntese da avicelase.

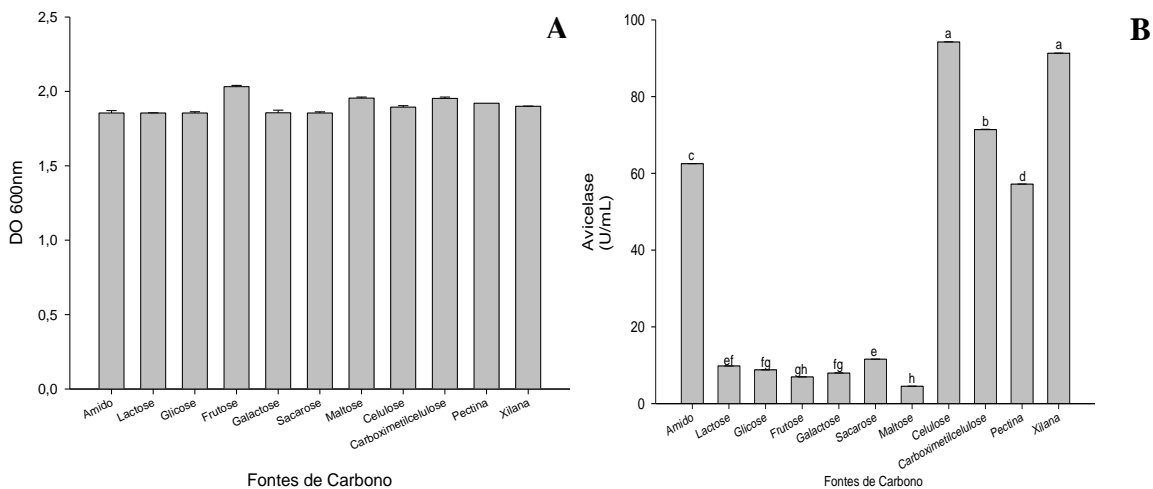


Figura 2: Crescimento (A) de *Bacillus* sp. e atividade (B) da avicelase usando diferentes fontes de carbono. A densidade da cultura e a atividade da avicelase foram determinados após 120 horas de incubação da cultura.

O tipo da fonte de nitrogênio também afetou a atividade da enzima. Entre as várias fontes de nitrogênio orgânicas e inorgânicas testadas, a máxima atividade da enzima foi obtida quando 0,5% (p/v) de água de maceração de milho foi usada no meio (Tabela 1). Bons níveis da atividade da enzima foram obtidas quando 0,5% (p/v) de peptona foi usada como fonte de nitrogênio. Quando várias fontes de nitrogênio inorgânicas foram testadas para produção de avicelase, foi verificado que a secreção da enzima por *Bacillus* sp. SMIA-2 foi reprimida. Além disso, o crescimento do micro-organismo foi afetado. Portanto, a água de maceração de milho foi a fonte de nitrogênio que forneceu peptídeos e aminoácidos mais prontamente assimiláveis e disponíveis para o metabolismo celular e mostrou um aumento na produção de avicelase.

TABELA 1. Crescimento e produção de avicelase por *Bacillus* sp. SMIA-2 usando diferentes fontes de nitrogênio. A densidade da cultura e a atividade extra-celular da avicelase foram determinadas após 120 horas incubação a 50°C pH inicial de pH 7,5.

Fontes de Nitrogênio	Avicel (0,5%, p/v)			Carboximetilcelulose (0,5%, p/v)			Xilana (0,5%, p/v)		
	DO (600nm)	pH	Avicelase (U/mL)	DO (600nm)	pH	Avicelase (U/mL)	DO (600nm)	pH	Avicelase (U/mL)
0,5% Água de maceração de milho	1,52	9,31	99,55	1,51	8,9	72,98	1,45	9,18	91,3
0,1% Peptona	1,47	9,13	55,64	1,47	8,79	53,93	1,16	9,57	50,14
0,5% Peptona	1,64	9,34	90,56	1,66	8,33	56,42	1,23	9,49	80,62
0,5% Extrato de Levedura	1,48	9,3	59,87	1,74	9,02	51,34	1,11	9,56	62,75
0,5% Extrato de Carne	1,48	9,32	61,24	1,83	8,87	47,75	1,43	9,27	57,47
1% Citrato de amônio	1,15	8,26	38,57	0,7	8,37	37,55	0,76	7,1	33,52
1% KNO ₃	1,02	7,64	32,55	1,18	7,75	27,93	0,86	7,32	38,73
1% NH ₄ NO ₃	1,19	7,51	15,67	1,24	7,64	12,73	0,86	7,19	19,41
1% NH ₄ Cl	0,92	7,42	13,45	1,05	7,46	13,54	0,83	7,04	14,6
1% (NH ₄)SO ₄	0,95	7,79	8,75	0,72	7,73	5,42	1,14	6,99	9,43

5. Conclusão

A partir dos dados encontrados neste trabalho, concluímos que a melhor fonte de carbono e nitrogênio para a produção de avicelase pelo termofílico *Bacillus* sp. SMIA-2 foram avicel e água de maceração de milho, respectivamente.

6. Referências

- Liu, Y.; Baker, J.O.; Michael, Y.; Himmel, E.; Haas, T.; Ding, S.Y. (2011). Cellobiohydrolase Hydrolyzes Crystalline Cellulose on Hydrophobic Faces. The Journal of Biological Chemistry 286 (13): 11195–11201.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry 3: 426-428.
- Mukherjee, S.; Moumita, K.M.; Ra, R.R. (2011). Production of extra cellular exoglucanase by *Rhizopus oryzae* from submerged fermentation of agro wastes. Recent Research in Science and Technology 3: 69-75.
- SAS® Statistical Analysis System. (2003). SAS Institute Inc., SAS User's Guide, Cary, USA: SAS Inst.

- Souza, A.N.; Martins, M.L.L. (2001). Isolation, properties and kinetics of growth of a thermophilic *Bacillus*. Brazilian Journal of Microbiology 32: 271-275.
- Walter, S.; Schrempf, H. (1996). Physiological Studies of Cellulase (Avicelase) Synthesis in *Streptomyces reticuli*. Applied and Environmental Microbiology 62: 1065–1069.
- Yin, L.J.; Huang, P.S.; Lin, H.H. (2010). Isolation of Cellulase-Producing Bacteria and Characterization of the Cellulase from the Isolated bacterium *Cellulomonas* sp. YJ5. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58: 9833-9827.

26TCA. MODELADO MATEMÁTICO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO Y CONGELACIÓN EN CRUCIFERAS - ACOPLAMIENTO DE CINÉTICAS DE INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA

SANTOS, M.V.^{1,2}, CALIFANO, A.¹, ZARITZKY, N.^{1,2}

¹CIDCA-Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos- Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP)- CONICET, 116 y 47, La Plata (CP 1900)-Argentina.

²Facultad de Ingeniería, UNLP, 1 y 47, La Plata--mvsantosd@yahoo.com.ar

Resumen: Los repollitos de Bruselas (*Brassica oleracea*) son vegetales crucíferos que contienen muchas propiedades nutricionales como antioxidantes (carotenoides, flavonoides, ácido fólico, vitamina C, tocoferoles y tocotrienoles). Por esta razón la demanda continua de estos productos durante todo el año genera su comercialización en forma congelada. Dado que aún a temperaturas menores a 0°C existe actividad enzimática responsable del deterioro en la textura, sabor y aromas, es necesario realizar un pre-tratamiento térmico con el objeto de inactivar enzimas responsables de dicho deterioro, como son la peroxidasa (POD) y lipoxigenasa (LOX). Industrialmente es, además, importante conocer los requerimientos energéticos para procesar estos vegetales, lo cual se traduce en estimar correctamente los tiempos de proceso. Teniendo en cuenta este objetivo se realizó la simulación numérica del proceso de transferencia de energía durante el calentamiento y congelación considerando dos aspectos importantes i) el acoplamiento de la cinética de inactivación enzimática de LOX y POD durante el calentamiento, ii) el cambio de fase durante la congelación. Asimismo, se consideró el contorno irregular del vegetal asimilando la geometría real como un sólido de revolución. Se utilizó el método de los elementos finitos (MEF) dado que es un método numérico especialmente útil para resolver problemas donde existen geometrías irregulares. Se desarrolló un programa propio utilizando el lenguaje de Matlab, que permitió el acoplamiento de subrutinas específicas como la cinética de inactivación de enzimas y los cambios de calidad. Las predicciones numéricas concordaron satisfactoriamente con los resultados experimentales para los procesos térmicos a los cuales fueron sometidos los vegetales. Un aspecto a resaltar es que se utilizó un único código computacional tanto para simular el proceso sin cambio de fase (calentamiento) y el de congelación, lo cual permitió calcular la concentración media de las enzimas POD y LOX, en el producto a cada tiempo.

1. Introducción:

El proceso de congelación es uno de los métodos más efectivos de preservación de vegetales por períodos largos, sin embargo algunos aspectos como la textura, contenido de nutrientes, y sabor se ven muy alterados si no se emplea un tratamiento térmico previo. La causa de esto radica en la presencia de actividad enzimática aún a temperaturas menores a 0°C. La peroxidasa es una de las enzimas más utilizada para monitorear la inactivación dada su gran resistencia térmica. Para un tratamiento térmico óptimo y evitar un excesivo calentamiento se recomienda una concentración residual de peroxidasa de 7.5-11% en repollitos de Bruselas. Estudios sensoriales en leguminosas verdes (“green peas”, “green beans”) indicaron que la presencia de la enzima lipoxigenasa es la responsable de modificaciones indeseables de sabor y aroma, por eso se la ha seleccionado como indicadora de un buen tratamiento térmico previo a la congelación. Se ha descubierto en estudios previos (Gunes y Bayindirh 1993) que ambas enzimas presentan una curva de

inactivación bifásica, lo que demuestra la presencia de fracciones termolábiles y termoresistente de un mismo compuesto enzimático. Los vegetales son una fuente esencial de nutrientes necesarios en la ingesta diaria. Por esta razón la demanda continua de estos productos durante todo el año genera su comercialización en forma congelada. Los alimentos congelados son un sector muy importante del mercado creciendo a un ritmo del 10% en Latinoamérica. Los repollitos de Bruselas (*Brassica oleracea*) son vegetales crucíferos que contienen muchas propiedades nutricionales como antioxidantes (carotenoides, flavonoides, ácido fólico, vitamina C, tocoferoles y tocotrienoles). Industrialmente es necesario conocer tiempos de proceso en todas sus etapas, es decir escaldado/cocción y congelación. La geometría del alimento juega un rol importante cuando se encara la simulación numérica de estos procesos donde existe transferencia de energía y la consideración de geometrías no irregulares puede llevar a resultados erróneos. El método de los elementos finitos (MEF) es un método numérico especialmente útil para resolver problemas de transferencia de calor en geometrías irregulares, ya que permite que los elementos de interpolación se ajusten a contornos curvilíneos complejos. Sin embargo los problemas de cambio de fase con MEF generalmente resultan no convergentes requiriendo una reformulación del problema matemático utilizando como variable la entalpía en lugar de la temperatura.

2. Objetivos:

Los objetivos del presente trabajo son: a) desarrollar un programa utilizando el MEF para simular la transferencia de calor durante el escaldado/cocción y congelación de repollitos de Bruselas considerando la geometría real del alimento, b) medir experimentalmente mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) propiedades termofísicas del vegetal para luego incorporarlas al programa computacional, c) acoplar la cinética de inactivación enzimática de POD y LOX considerando sus fracciones termolábiles y resistentes, con el objeto de optimizar el proceso, c) validar los modelos numéricos con resultados experimentales para las distintas etapas del proceso.

Modelado Matemático:

Simulación numérica del tratamiento térmico y del proceso de congelación

Se desarrolló un código en elementos finitos para resolver la ecuación a derivadas parciales de conducción de calor en estado transiente (Ec.1) incorporando propiedades térmicas dependientes de la temperatura.

$$\rho(T) C_p(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k(T) \nabla T) \quad (1)$$

Se utilizó una transformación de variables expresando la Ec (1) en términos de entalpía (H_a) y la función de Kirchhoff (E) que es la integral de la conductividad térmica.(Ec. 2-3) Las ecuaciones que describen las transformaciones son:

$$H_a(T) = \int_{T^*}^T \rho(T) \cdot C_p(T) dT \quad \text{Entalpía} \quad (2)$$

$$E(T) = \int_{T^*}^T k(T) dT \quad \text{Kirchhoff} \quad (3)$$

Esta metodología es muy útil cuando se trata de encarar problemas de cambio de fase como es el caso de la congelación de alimentos donde existen cambios abruptos de las propiedades térmicas con la temperatura. La ecuación (1) transformada en variable entalpía y función de Kirchhoff resulta en:

$$\frac{\partial H_a}{\partial t} = \nabla^2 E \quad (4)$$

Luego de aplicar la formulación variacional del MEF el sistema discretizado constituye un sistema de ecuaciones diferenciales ordinario, con tantas ecuaciones como nodos tiene la malla:

$$CG \cdot \frac{dH_a}{dt} + KG \cdot E + MG \cdot T = FG \quad (5)$$

donde CG, KG y MG son la matriz global de capacitancia, conductancia, y matriz global convectiva, respectivamente. El vector FG es el vector global de fuerzas que tiene en cuenta el coeficiente de transferencia de calor en la interfase (h). Un aspecto muy importante del código computacional desarrollado es que permite simular tanto el proceso térmico de calentamiento y enfriamiento (que son problemas matemáticos lineales) como el proceso de congelación (proceso no-lineal con cambio de fase) en un único código propio, es decir sin utilizar software comercial. Esta ventaja radica en la utilización de la variable entálpica para describir el fenómeno de transferencia de energía. El vegetal fue considerado como un sólido de revolución cuyo contorno irregular se obtuvo a través de imágenes digitales. Estas imágenes fueron luego importadas al mallador para la discretización de los objetos en elementos triangulares. Se desarrolló un programa en elementos finitos utilizando el lenguaje Matlab. El problema matemático original en temperatura fue reformulado utilizando un cambio de variable en Entalpía y empleando la función de Kirchhoff (integral de la conductividad térmica). El programa permite el acoplamiento de subrutinas específicas como la cinética de inactivación de enzimas y cambios de calidad.

Modelado Matemático de la Inactivación Enzimática

Ling y Lund (1978) describieron la inactivación de enzimas en términos de un modelo constituido por dos cinéticas de primer orden, la primera correspondiente a una fracción termo-lábil y la segunda a una fracción termoresistente. Estos autores testearon la aplicabilidad del modelo usando peroxidasa de rábano picante ("horseradish") de origen comercial. La velocidad de reacción de cada isoenzima se puede escribir como:

$$\frac{dC_L}{dt} = -k_L C_L \quad \frac{dC_r}{dt} = -k_r C_r \quad (6)$$

donde C_L y C_r es la concentración de enzima lábil y resistente en unidades de actividad enzimática (AE/g seco) respectivamente, y k_L y k_r son las constantes de reacción de la fracciones lábil y resistente, respectivamente. La concentración de enzima a $t=0$ y a un tiempo t durante el tratamiento térmico se escribe como:

$$C_o = C_{or} + C_{oL} \quad C = C_r + C_L \quad (7)$$

donde C_{oL} y C_{or} son la concentración inicial de enzima lábil y resistente, respectivamente. Integrando las ecuaciones se llega a:

$$\frac{C_L}{C_{oL}} = \exp(-k_{rL} \int_0^t \exp\left(\frac{-E_{al}}{R} \left[\frac{1}{T(r, z, t)} - \frac{1}{T_R} \right] \right) dt) \quad (8)$$

$$\frac{C_r}{C_{or}} = \exp(-k_{rr} \int_0^t \exp\left(\frac{-E_{ar}}{R} \left[\frac{1}{T(r, z, t)} - \frac{1}{T_R} \right] \right) dt) \quad (9)$$

Donde E_a es la energía de activación de la isoenzima lábil o resistente, según se utilice el subíndice r (resistente) o L (lábil). La k_R es la constante de reacción a la temperatura de referencia de la fracción lábil o resistente de la enzima, T_R es la temperatura de referencia dada en (K), R es la constante universal de los gases (8.31439J/mol K), y $T(r,z,t)$ es la temperatura en función del tiempo y la posición dentro del alimento (K).

La concentración media de cada tipo de enzima a cada tiempo se calcula como

$$\bar{C}_r = \frac{\int C_r(r, z, t) dV}{\int dV} \quad \bar{C}_L = \frac{\int C_L(r, z, t) dV}{\int dV} \quad (10)$$

Además se cumple que en promedio en todo el alimento la concentración media total es

$\bar{C} = \bar{C}_r + \bar{C}_L$. De esta manera es posible estimar la concentración media de las enzimas en todo el vegetal, es decir de la fracción lábil, resistente y total en el alimento a cada tiempo del proceso.

3. Trabajo Experimental:

Determinación de las propiedades térmicas y coeficiente de transferencia de calor de los sistemas estudiados

El calor específico de las hortalizas crucíferas, la temperatura de congelación inicial, la cantidad de agua ligada y el calor latente de congelación del alimento, se midieron utilizando calorimetría diferencial de barrido (DSC) modelo Q100 controlado por un módulo TA 5000 (TA Instruments, New Castle, Delaware, USA). Se determinaron los coeficientes de transferencia de calor en cada etapa para luego ser incorporados en el modelo numérico. La conductividad térmica y la densidad del vegetal en función de la temperatura se calcularon utilizando los modelos de Choi y Okos (1986) teniendo en cuenta la composición típica de los repollitos de Bruselas (USDA, 2011). Una vez obtenidas las propiedades térmicas, C_p , k , y ρ se procedió a integrarlas en función de la temperatura para obtener la función Entalpía vs. Temperatura y la función de Kirchhoff vs. Temperatura, las cuales son necesarias para la simulación numérica.

Medición de historias térmicas

Muestras de repollitos de Bruselas fueron sometidas a un proceso térmico en agua (temperatura menor a los 90°C) en un recipiente industrial (L=D=50cm). Las muestras fueron sujetas a un soporte antes de ser introducidos al agua para evitar que el producto flotara. Luego se estabilizaron en una solución agua-hielo para posteriormente ser introducidos en un túnel de congelación. Las historias térmicas dentro del producto y en el fluido externo durante los procesos fueron obtenidas mediante termocuplas tipo T conectadas a un equipo de adquisición de datos (TESTO175, TESTO AG, Alemania).

4. Resultados y Discusión:

Generación de la malla

Los repollitos de Bruselas tienen una geometría irregular que puede asimilarse como un sólido de revolución. Se tomaron imágenes digitales de cada muestra a procesar para obtener el contorno irregular para luego generar la superficie de revolución y la estructura general de la malla en nodos y elementos triangulares (Fig. 1).

Propiedades Térmicas y Coeficientes de Transferencia de Calor

El coeficiente de transferencia de calor en la superficie en el recipiente con agua fue de 650 W/m²K, valor determinado experimentalmente y además estimado a través de una ecuación propuesta por Geankoplis (1993). Este valor es similar al h publicado por Lamberg y Hällstrom (1986) para escaldado de papas en agua.

Con respecto al coeficiente de transferencia de calor en el aire del túnel de congelación escala piloto las mediciones experimentales arrojaron valores entre 15-20 W/m²K, siendo $h=19$ W/m²K el valor que proporcionaba el mejor ajuste en el caso de repollitos de Bruselas.

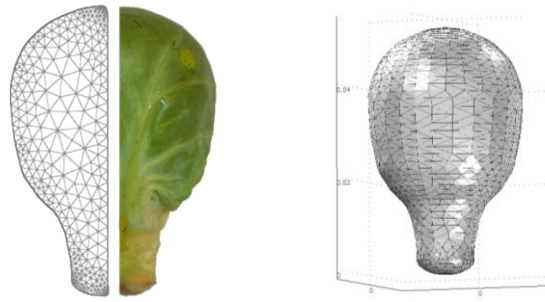


Figura 1-Imagen digital de una muestra de repollito de Bruselas junto con su contorno irregular y discretización en elementos triangulares. Sólido de Revolución generado a partir de la sección irregular.

La composición química de los repollitos Bruselas es de 86% agua, 0.3% lípidos, 3.38% proteína, 1.37% cenizas. El porcentaje de agua en el alimento fue corroborado mediante secado en estufa de vacío hasta obtener peso constante durante dos medidas consecutivas.

La temperatura inicial de congelación obtenida fue de -1°C , según el método descrito por Fennema (1973). El calor específico aparente en función de la temperatura obtenido mediante DSC se muestra en la **Figura 2**. La fracción en base húmeda de agua ligada obtenida a través del termograma fue de $x_b=0.1843$ (g de agua ligada/g de alimento húmedo). Mediante la composición química del vegetal se logró estimar las curvas de conductividad y densidad en función de la temperatura (Choi y Okos, 1986) para luego integrarlas junto con el C_p medido a través de DSC y obtener la entalpía y función de Kirchhoff.

Validación experimental del Modelo Numérico

Las predicciones numéricas de las temperaturas concordaron satisfactoriamente con los resultados experimentales para los procesos térmicos a los cuales fueron sometidos los vegetales. El error estándar de la predicción (ESP) fue de 2.47°C y se calculó mediante la ecuación:

$$ESP = \sqrt{\frac{\sum (T_{\text{exp}} - T_{\text{pred}})^2}{N}} \quad (11)$$

donde N es el número de datos considerados. El apartamiento más pronunciado del modelo se ubicó al comienzo del calentamiento y podría adjudicarse al retraso en el tiempo de respuesta de la termocupla al cambio de la temperatura externa del agua.

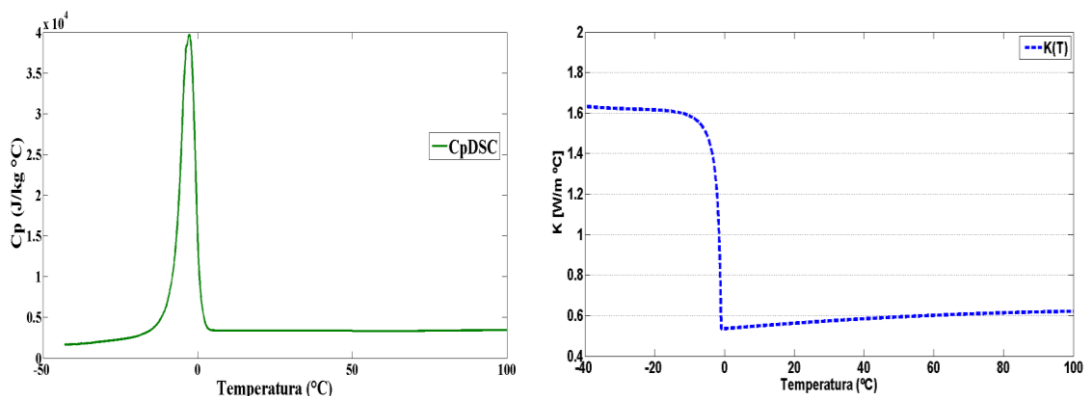


Figura 2- a) Calor específico aparente medido mediante DSC b) Conductividad Térmica vs. Temperatura calculado mediante Choi y Okos (1983).

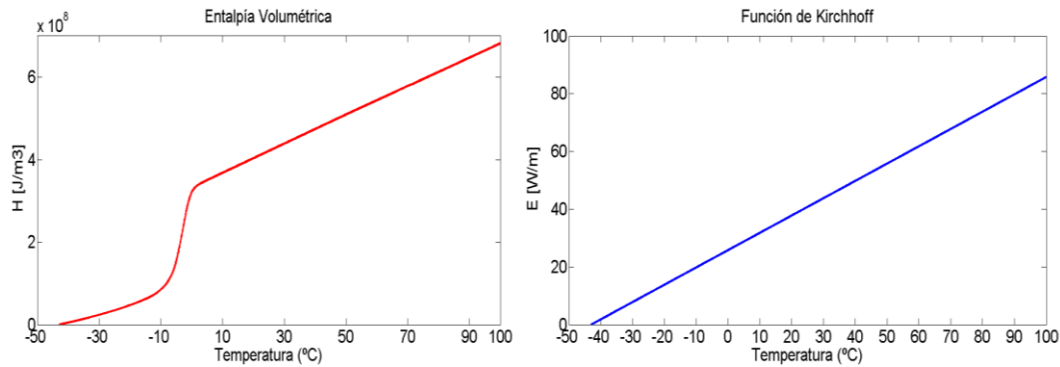


Figura 3 - a) Entalpía Volumétrica vs Temperatura b) Función de Kirchoff vs. Temperatura.

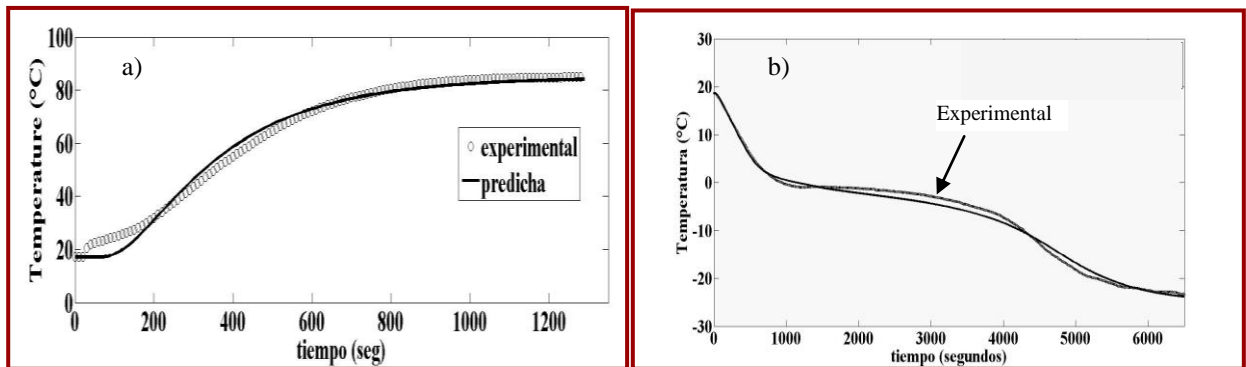


Figura 4 Temperaturas experimentales y predichas por el modelo durante a) el tratamiento térmico. Posición de la termocupla $r=0$, $z=25 \times 10^{-3}$ en metros. Temperatura del agua 85°C b) durante la congelación. Posición de la termocupla $r=6 \times 10^{-3}$, $z=23.8 \times 10^{-3}$ en metros. Temperatura del aire -25°C .

En el caso del proceso de congelación de los vegetales el modelo presentó un ajuste muy satisfactorio siendo el $\text{ESP}=0.965^{\circ}\text{C}$.

Modelado de la Inactivación Enzimática

Los parámetros cinéticos correspondientes a los vegetales tipo crucíferas utilizados en el modelo fueron obtenidos de datos reportados por Morales-Blancas y col. (2002). Estos autores publicaron resultados específicamente para brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), sin embargo aunque los repollitos de Bruselas rigurosamente pertenecen a otra variedad de *Brassica oleracea* var. *gemmifera*, se asumieron que los datos eran equivalentes con el fin de poder realizar las simulaciones numéricas. La Tabla 1 resume los datos utilizados; las constantes cinéticas están evaluadas a la temperatura de referencia de 80°C para ambas enzimas, peroxidasa y lipoxigenasa. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es la concentración inicial de enzima en el vegetal que fue obtenida a partir de los resultados de Morales y col.(2002). Para repollitos de Bruselas se tomó una concentración inicial de actividad enzimática de 199.12 y 76.79 AE/g seco para POD y LOX respectivamente. Se ha utilizado el método propuesto por Yamamoto (1961) para obtener la proporción resistente de la isoenzima correspondiente a partir de la extrapolación lineal hacia el eje de las abscisas de la curva de inactivación enzimática en la zona de la fracción termo-resistente. Aplicando dicho método en cada tipo de enzima se obtuvo que la proporción termo-resistente a termo-lábil fue de 23.54:76.46 para POD y 34.83:65.17 para LOX.

Tabla 1. Parámetros cinéticos utilizados en la simulación numérica de inactivación enzimática.

	LOX	POD
EaL(J/mol)	6.1×10^4	7.5×10^4
Ear(J/mol)	5.5×10^4	5.8×10^4
kRL(s^{-1})	223.4×10^{-4}	496.0×10^{-4}
kRr(s^{-1})	1.26×10^{-4}	35.7×10^{-4}

Se asumió en el modelo que la concentración de LOX y POD en el vegetal tenía una distribución homogénea. En la **Fig. 6a y b** se muestran las predicciones numéricas del modelo desarrollado en el presente trabajo, que indican las variaciones de la concentración media de las enzimas POD y LOX en todo el vegetal y sus fracciones lábil y resistente en función del tiempo de calentamiento a 85°C. El porcentaje de enzima inactivada después de 10 minutos de tratamiento fue del 95% para POD y del 65.5% para LOX. De acuerdo a resultados reportados por Olivera y col. (2007), un tratamiento a 100 °C durante 4 minutos de este vegetal permitió mantener una calidad adecuada del producto congelado y almacenado a -18°C durante 8 meses.

Aplicando el modelo desarrollado, a los datos de Olivera y col. (2007) resulta que este tratamiento inactiva 49.15 % de LOX y 71% de POD. A 85°C un proceso equivalente en cuanto a porcentaje de inactivación sería de 5 minutos. El modelo por lo tanto permite optimizar los procesos de transferencia de energía.

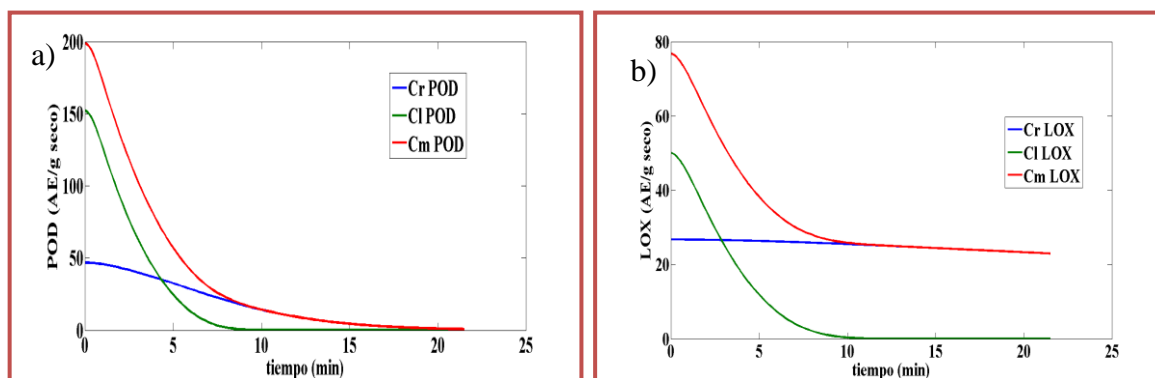


Figura 6- Inactivación de enzima total (curva roja) , fracción lábil (curva verde) y resistente (curva azul) expresada como AE/g producto seco, **a)** POD **b)** LOX

5. Conclusiones:

El modelo numérico implementado permitió simular el proceso de calentamiento y congelación de vegetales (Repollitos de Bruselas), acoplado las cinéticas de inactivación enzimática con el fin de representar el proceso global. Un aspecto a resaltar es que se utilizó un único código computacional tanto para simular el proceso sin cambio de fase (calentamiento) y el de congelación. Se logró calcular la concentración media de las enzimas peroxidasa y lipoxigenasa, en el producto, las cuales son indicadoras del pre-tratamiento, considerando su cinética bifásica donde existen isoenzimas termo-lábiles y resistentes. El modelo es capaz de determinar los tiempos adecuados de pre-tratamiento térmico y de congelación para lograr un producto vegetal de óptima calidad.

Agradecimientos: Los autores agradecen las contribuciones recibidas del CONICET, la Universidad Nacional de La Plata y ANPCYT de Argentina para la realización de este trabajo.

6. Bibliografía

- Choi Y., y Okos M. R. (1986) Effects of Temperature and Composition on the Thermal Properties of Foods. In Le Magher and Jelen P. Food Engineering and Process Applications. Vol 1. New York. 93-103.
- Fennema O. R., Powrie, W. D., y Marth, E. H. (1973). Low Temperatures Preservation of Foods and Living Matter. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport processes and unit operations (3rd ed.). New Jersey: Englewood Cliffs (pp. 259–262).
- Günes B, Bayindirh A. (1993). Peroxidase and lipoxigenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots. *Lebensm–Wiss u-Technol* 26(5):406-410.
- Ling A, Lund D. (1978). Determining kinetic parameter for thermal inactivation of heat-resistant and heat-labile isozymes from thermal destruction curves. *J Food Sci* 43(4): 1307-1310.
- Morales-Blancas E.F., Chandia V.E., y Cisneros-Zevallos L., (2002). Thermal Inactivation Kinetics of Peroxidase and Lipoxigenase from Broccoli, Green Asparagus and Carrots. *Journal of Food Science*, Vol. 67, Nr. 1, 146-154.
- Olivera D.F., Viña S.Z., Marani C.M., Ferreyra R.M., Mugridge A., Chaves A.R., Mascheroni R.H., (2008) Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea L. gemmifera DC*) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 84 148-155.
- Powers J.R., Costello M.J., Leung H.K. (1984). Peroxidase fractions from asparagus of varying heat stabilities. *J Food Sci* 49(6):1618-1619.
- Yamamoto HY, Steinberg MP, y Nelson AI. (1962). Kinetic studies on the heat inactivation of peroxidase in sweet corn. *J Food Sci* 27(1):113-119.

27TCA. DISEÑO DEL LAY OUT Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN DE PEQUEÑAS PLANTAS ELABORADORAS DE ALIMENTOS EN CONSERVA LISTOS PARA CONSUMIR

ARRAIZ, G.

Universidad Nacional de Quilmes. Planta de Alimentos Enlatados. Roque Sáenz Peña 352- (1876) Bernal, Buenos Aires- Argentina. Tel./Fax.: 5411 – 43657100 int. 4358

E-mail: garraiz@gmail.com

Resumen: La Universidad Nacional de Quilmes cuenta desde hace ocho años con una planta piloto de producción de alimentos con fines sociales, gestionada por alumnos, graduados y docentes de la carrera Ingeniería en Alimentos. Se encuentra instalada en el predio de la Universidad y elabora alimentos enlatados concentrados como sopas, guiso y locro. La producción se realiza con alumnos de la carrera Ingeniería en Alimentos con el fin de capacitarlos en tareas productivas relacionadas a su profesión futura. Durante estos años se vislumbró el interés por parte de empresas y municipios de acceder a un sistema de elaboración de alimentos enlatados a menor escala de producción. El objetivo del proyecto es diseñar una planta de producción de conservas con un bajo costo de inversión y una capacidad productiva de 1000 Kg./turno utilizando los recursos de materia prima y fuentes de energía disponibles en el lugar de destino. La línea para la producción de conservas fue desarrollada teniendo en cuenta que la tecnología fuera de simple montaje, de bajo mantenimiento y de operación sencilla. El lay out de la planta elaboradora fue diseñado en función de esta línea y considerando futuras ampliaciones.

Los datos obtenidos demuestran que la inversión para este tipo de plantas se encuentra en el orden de los cien mil dólares, algo que resulta conveniente si se tiene en cuenta el impacto social, profesional y productivo que este tipo de proyectos podría tener en sociedades poco industrializadas y con grandes problemas alimentarios y nutricionales.

La intención es poder implementar este proyecto en zonas de Argentina, América latina y centro América, como así también en países africanos.

1. Introducción

A través de la experiencia adquirida en el montaje de la planta piloto de alimentos enlatados en la Universidad Nacional de Quilmes, de los ocho años de producción y de la capacitación a los estudiantes, se trabaja en el diseño de nuevos sistemas de producción, que se adapten a la realidad social actual, permitiendo combinar factores alimentarios, laborales, de producción primaria, calidad y nutrición. La transferencia tecnológica puede mejorar, instalar, o diseñar plantas de producción de alimentos enlatados listos para consumir.

A partir del vínculo entre la planta de alimentos enlatados, las empresas y los municipios, se vislumbró el interés por parte de los mismos de acceder a un sistema de elaboración de conservas a menor escala de producción.

La instalación de este tipo de industrias permite que se revalorice la producción primaria ya que se centra en elaborar alimentos a partir de materia prima fresca y de buena calidad elevando el sector productivo y la inserción laboral.

Este desarrollo de tecnología se centra en la versatilidad de las plantas para adaptarse a distintas condiciones geográficas, a distintas culturas alimentarias, teniendo en cuenta la flexibilidad para producir una interesante diversidad de productos como sopas, guisos, locro, frutas/verduras procesadas, salsas, estofados, dulces, postres y otros, sin olvidar

aspectos nutricionales que podrían agregarse a los productos con el objetivo de solucionar problemas asociados a la escasez de alimentos en la población.

La extensa vida útil de los productos enlatados permite que los mismos se puedan almacenar sin cadena de frío durante períodos prolongados. Esto constituye otra ventaja para la producción primaria ya que permite aprovechar la materia prima estacional generalmente disponible a bajo costo y con buenos atributos de calidad.

Debido a que la tecnología empleada en la industria de conservas es de operación sencilla, no se requiere para su funcionamiento mano de obra calificada.

La instalación de las plantas agrega otro factor no menos importante que es la participación de profesionales relacionados con la ingeniería, la producción y la salud para el desarrollo y producción de estos proyectos.

2. Objetivos

- ✓ Desarrollo del proceso de elaboración de conservas.
- ✓ Diseño del lay out de una planta elaboradora de alimentos enlatados de baja escala productiva.
- ✓ Optimizar el tamaño de los equipos a utilizar con el fin de obtener una baja inversión del orden de 100.000 USD.

3. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se tomó como referencia una línea de elaboración de alimentos enlatados listos para consumir como sopas, guisos o locro. Cabe destacar que esta línea de producción es flexible para la elaboración de una amplia gama de productos como frutas/hortalizas procesadas, salsas, estofados, dulces y postres.

Se delineó el proceso de elaboración empleando como herramienta el diagrama de bloques. Teniendo en cuenta el proceso se diseñó el lay out de la planta elaboradora utilizando Autocad 2009.

Se realizó el análisis de los costos para dos alternativas de inversión.

4. Resultados

A continuación se expone el diagrama de bloques del proceso de elaboración de conservas listas para consumir como sopas, guisos o locro (ver figura 1).

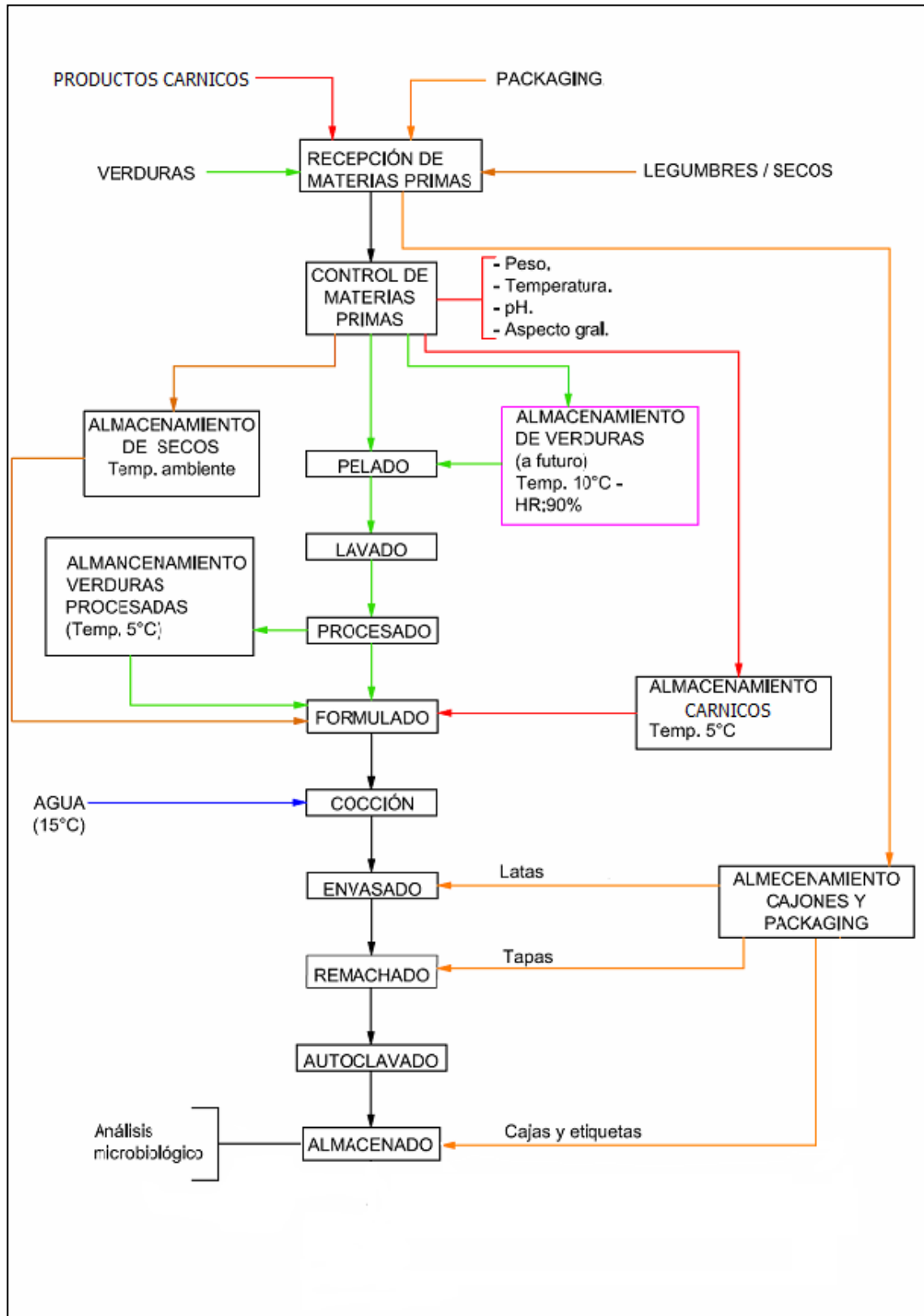


Figura 1 – Diagrama de bloques del proceso de elaboración de sopas, guisos o loco.

Descripción de las etapas del proceso de elaboración

- *Recepción de materias primas*: esta operación consiste en recibir y controlar las materias primas.
- *Almacenamiento*: la materia prima se almacenará en el depósito de secos o en las cámaras frigoríficas según corresponda.
- *Selección*: las hortalizas se acondicionan para las operaciones posteriores descartando las partes que se encuentren en mal estado.
- *Pelado*: extracción de la cáscara de las hortalizas según la especificación del producto.
- *Lavado*: las hortalizas son sometidas a un lavado intensivo con el objetivo de remover toda la suciedad presente en las mismas.
- *Procesado*: en esta etapa se reduce el tamaño de las hortalizas dándole la forma definitiva que las mismas tendrán en el producto final.
- *Formulado*: se pesan todas las materias primas de acuerdo a la formulación del producto.
- *Cocción*: esta operación consiste en el mezclado de los ingredientes y llevar a una temperatura óptima para el envasado de conservas.
- *Envasado*: se dosifica el producto dentro del envase.
- *Remachado*: se coloca la tapa de forma manual y se procede al cierre hermético del envase.
- *Autoclavado*: esta operación tiene como objetivo destruir todos los microorganismos patógenos y aquellos que puedan desarrollarse en condiciones de almacenamiento, logrando de esta manera la esterilización industrial del producto (CAA Art. 165).
- *Almacenado*: el producto elaborado se almacenará en el depósito de producto terminado a temperatura ambiente. En el mismo se llevará a cabo el etiquetado y envasado secundario de los productos.

Lay out.

En el diseño del lay out se tuvo en cuenta minimizar factores tales como tráfico cruzado, retrocesos y distancias recorridas. El ciclo productivo se divide en tres etapas: 1) recepción - selección, 2) procesado - formulado y 3) cocción - autoclavado. Cada una de las mismas se corresponde con un sector dentro de la planta elaboradora (ver figura 2).

La recepción de las materias primas tiene lugar sobre el lateral derecho, donde se lleva a cabo la descarga de hortalizas, productos cárnicos e ingredientes secos como legumbres, cereales y condimentos. En este sector, se ubica una báscula, para controlar el peso de la materia prima recepcionada. Una vez cumplidos los controles de recepción la misma se almacena, en el caso de hortalizas y productos no perecederos en el almacén de secos, en el caso de productos cárnicos y hortalizas procesadas en la cámara frigorífica ubicada en el lateral derecho de uno de los pasillos. Una vez seleccionadas las hortalizas pasan a la zona de lavado y luego continúan linealmente para ser procesadas y formuladas. Posteriormente, las hortalizas procesadas, los productos cárnicos y los ingredientes secos ya formulados son depositados en la tolva de la rosca transportadora para luego ser elevados a la paila donde se cocina la preparación. Cuando esta alcanza la temperatura óptima se dosifica el producto en las latas y se lleva a cabo el cierre hermético de las mismas. Las latas se ubican en carros los cuales se introducen en el autoclave donde se realiza la esterilización industrial del producto. Finalizado el tratamiento térmico, los carros son llevados hasta el depósito de producto terminado, donde queda a la espera de los análisis de laboratorio para la liberación del lote.

Por último, las latas son etiquetadas y colocadas en cajas de cartón corrugado de acuerdo a los requerimientos del destino final.

Los almacenes de latas, producto terminado y de insumos, se ubican sobre el playón de acceso a la planta de manera que no se interfiera con la producción.

La sala de máquinas, que cuenta con dos compresores de aire, una caldera y dos bombas de agua, se ubica en un edificio retirado de la nave de producción, debido a cuestiones de seguridad que se deben tener en cuenta a la hora de construir la planta.

Con respecto a las ampliaciones a futuro, el diseño de la planta contempla la expansión de la misma sobre la parte trasera, como así también se prevee la instalación a futuro de dos cámaras frigoríficas, un autoclave y una plataforma de cocción.

Al tratarse de una planta de alimentos se deben tener en cuenta ciertos requerimientos en lo que respecta al acceso del personal. El mismo debe pasar por un filtro sanitario previamente al ingreso a la línea de producción es por esto que los vestuarios se ubican linderos a la zona sucia de la planta.

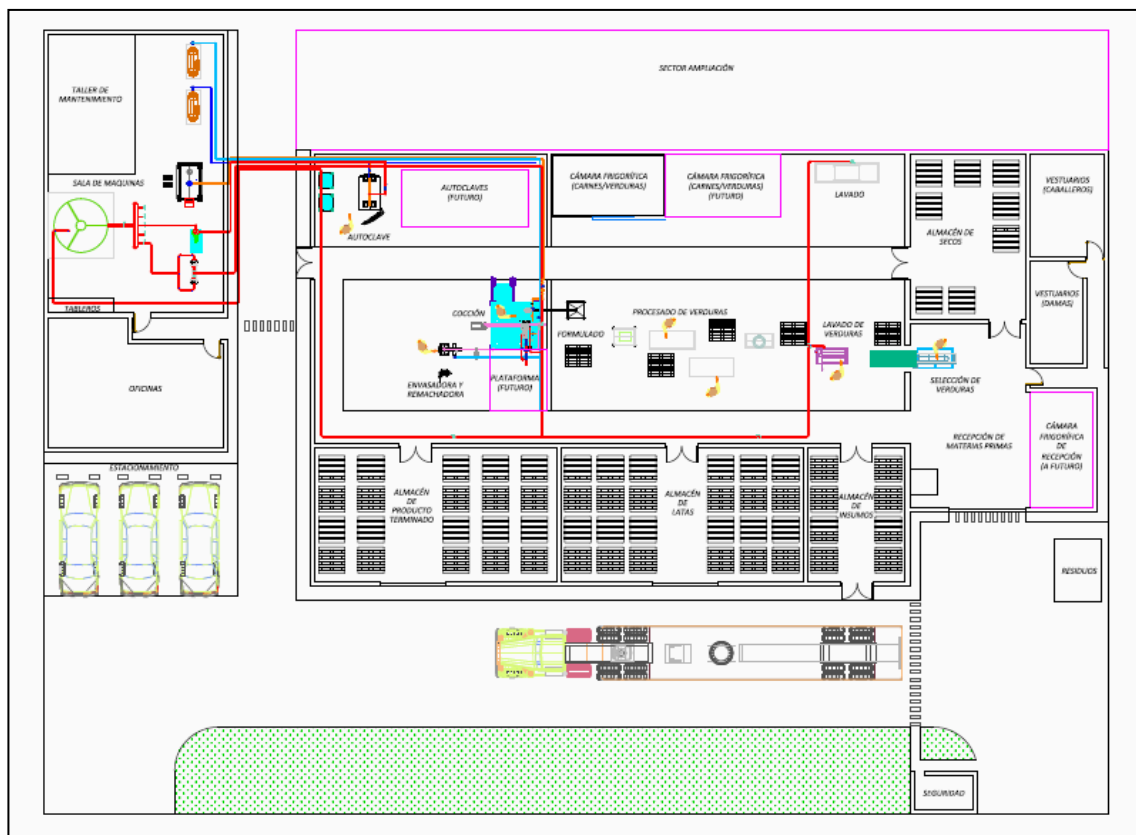


Figura 2 – Plano de la planta elaboradora

La selección de la tecnología se llevó a cabo teniendo en cuenta que sea de simple montaje, de bajo mantenimiento y de operación sencilla.

Se evaluó además la alternativa de automatizar la línea de producción de manera simple, con bajo mantenimiento aprovechando la tecnología estudiada. La automatización permite bajar los costos de producción y aumentar la eficiencia del proceso con un bajo costo de inversión.

En la siguiente tabla se muestra la inversión final teniendo en cuenta dos alternativas, una de las cuales es más económica.

SECTOR	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
EQUIPOS SECTOR DE RECEPCIÓN Y SELECCIÓN	\$ 13.440,00	\$ 39.480,00
EQUIPOS SECTOR DE PROCESADO Y FORMULADO	\$ 100.323,20	\$ 157.023,20
EQUIPOS SECTOR DE COCCIÓN Y ESTERILIZACIÓN	\$ 146.433,20	\$ 181.209,00
SALA DE MÁQUINAS Y SERVICIOS	\$ 264.776,19	\$ 264.776,19
OTROS IMPLEMENTOS	\$ 7.901,04	\$ 7.901,04
TOTAL PESOS	\$ 532.873,43	\$ 650.389,43
TOTAL DOLARES (ref. USD 1= \$ 4,20)	USD 126.874,63	USD 154.854,63

Tabla 1 – Inversión total del proyecto

5. Conclusiones

Los datos obtenidos demuestran que la inversión para este tipo de mini plantas se encuentra en el orden de los cien mil dólares, algo que resulta conveniente si se tiene en cuenta el impacto social, profesional y productivo que este tipo de proyectos podría tener en sociedades poco industrializadas y con grandes problemas alimentarios y nutricionales. La intención es poder implementar este proyecto en zonas de Argentina, América Latina y América Central, como así también en países africanos.

6. Bibliografía

Código Alimentario Argentino, Capítulo 165.

28TCA. COEFICIENTES DE DIFUSIÓN DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ANCO (*Cucurbita Moschata*). EFECTO DEL TAMAÑO

KVAPIL, F. A.¹; CHAILLOU, L. L.¹; RODRÍGUEZ, S. del C.¹; QÜESTA, A. G.¹; MASCHERONI, R. H.²

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano 1912 – (4200) Santiago del Estero – Argentina - E-mail: agquesta@unse.edu.ar

² CIDCA (CONICET La Plata y UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina y MODIAL - Facultad de Ingeniería - UNLP

Resumen: La deshidratación osmótica del anco surge como un tratamiento mínimo que permite prolongar su vida útil. Esta hortaliza se consume en el Noroeste argentino por su sabor suave, bajo costo y disponibilidad; es rica en fibra, vitaminas y potasio. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el ajuste al modelo de Azuara de la cinética de la deshidratación osmótica de cubos de anco de 0,5; 1 y 1,5 cm de espesor y analizar el efecto de la dimensión característica en las difusividades que determinan las transferencias de masa. Se determinaron gravimétricamente la pérdida de peso y la ganancia de sólidos; la pérdida de agua se obtuvo a partir de las variables anteriores. Las mayores pérdidas de agua y ganancias de sólidos se obtuvieron para cubos de menor espesor. Se calcularon los parámetros cinéticos mediante el modelo matemático, lográndose muy buenos ajustes y se determinaron las difusividades para la pérdida de agua y la ganancia de sólidos, obteniéndose coeficientes menores para la ganancia de sólidos. Los valores de difusividad másica calculados aumentaron linealmente con el cuadrado de la dimensión característica de los cubos.

1. Introducción

El anco (*Cucurbita moschata*), fruto de una planta herbácea anual o perenne, es una hortaliza rica en vitaminas B₂, C y E, carotenoides, pectina, sales minerales y fibra (de Escalada Plá et al., 2007). El contenido de β -caroteno oscila entre 0,06 y 7,4 mg/100 g, el de α -caroteno de 0 a 7,5 mg/100 g y el de luteína de 0 a 17 mg/100 g (Murkovic et al. 2002). Si bien se han identificado 25 especies de cucurbitáceas, siendo las más importantes *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo* y *Cucurbita moschata* (Mayor et al. 2007), esta última es la de mayor consumo en la región del Noroeste argentino por su sabor suave, bajo costo y disponibilidad durante todo el año. Sin embargo, el escaso conocimiento de su comportamiento durante tratamientos industriales dificulta su utilización en la producción de alimentos con vida útil adecuada (Derossi et al., 2011).

En la actualidad, existe una demanda creciente, por parte de los consumidores, de productos de buena calidad y listos para consumir. Los métodos convencionales de conservación no son suficientes, puesto que causan deterioro de los atributos sensoriales y también degradación de las propiedades nutricionales. Por ello, en las últimas décadas, se ha desarrollado una gran diversidad de métodos de procesamiento que permiten obtener productos inocuos, con apariencia fresca y con un alto valor nutricional (Simpson et al., 2007). Dentro de ellos, la deshidratación osmótica (DO), se utiliza en frutas y hortalizas como una primera etapa, para obtener diversos tipos de productos, como vegetales mínimamente procesados, o como tratamiento previo a los procedimientos de secado convencionales o congelación/liofilización (Chiralt et al., 2001).

La DO es un método de conservación que permite reducir el contenido de agua de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica de azúcares y/o sales. Durante el proceso se produce un flujo en contracorriente de agua de los tejidos biológicos a la solución osmótica y de soluto de la solución a los tejidos. La fuerza impulsora es el gradiente de presión osmótica entre el alimento y la solución; sin embargo, numerosas variables pueden afectar la cinética de la transferencia de masa y la calidad de los alimentos (Salvatori y Alzamora, 2000). Dentro de estas variables, desde el punto de vista de las características intrínsecas del producto, se pueden mencionar el tamaño, la forma, el grado de madurez, etc.; y, desde el punto de vista del proceso, las variables principales son la composición y la concentración de la solución osmótica; la temperatura y el tiempo de proceso, la presión de trabajo y la agitación de la solución (Sablani y Rahman, 2003).

Esta tecnología permite obtener productos de humedad intermedia con muy buena calidad organoléptica (Barat et al., 2001) y mínimas pérdidas de nutrientes (Shi et al. 1999). Los solutos que se utilizan en la elaboración de las soluciones son de bajo costo y el consumo energético involucrado es mínimo (Palou et al., 1993). Por lo tanto, este método, es una alternativa interesante para el procesamiento del anco. Sin embargo, al respecto existe muy poca información bibliográfica (Goitía et al., 1998; Castilho García et al., 2007).

La gran complejidad del sistema dificulta la utilización de modelos matemáticos que describan la transferencia de masa que ocurre durante la DO. Por ello, se aplican modelos fenomenológicos, empíricos y semiempíricos, que correlacionan la pérdida de agua y la ganancia de sólidos con algunas variables a través de relaciones muy simples, que, generalmente, son válidas para el caso estudiado (Ochoa-Martínez y Ayala-Aponte, 2005). Por ejemplo, el de Azuara es un modelo empírico que ajusta los datos experimentales a ecuaciones derivadas de los balances de masa y que requiere parámetros ajustables, que son constantes de velocidad (Azuara et al., 1992).

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar el ajuste de los datos experimentales correspondientes a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos de cubos de anco, deshidratados en soluciones hipertónicas de sacarosa, al modelo de Azuara; determinar las difusividades efectivas y evaluar el efecto del tamaño del cubo sobre la cinética del proceso.

3. Metodología

1.1. Preparación de las muestras

Se trabajó con ancós obtenidos en el mercado local. En el laboratorio, se lavaron, pelaron y cortaron en cubos de 0,5; 1 y 1,5 cm de espesor. Las muestras, inicialmente pesadas, se colocaron en canastas de malla metálica diseñadas especialmente para las experiencias. Las canastas se sumergieron en solución de sacarosa de 55°Bx contenida en un baño termostático a 30°C, con agitación forzada. El volumen de la solución fue lo suficientemente elevado como para impedir su dilución por el flujo de agua proveniente del producto.

Se extrajeron muestras al cabo de 0,5, 1, 2, 3, 5 y 8 horas de tratamiento y los ensayos se realizaron por triplicado.

1.2. Determinaciones analíticas

Las muestras, previamente pesadas en balanza analítica, fueron sometidas a deshidratación osmótica. Al cabo de los tiempos preestablecidos, se extrajo una muestra representativa, los cubos se lavaron ligeramente con agua destilada, se secaron con papel absorbente y se pesaron nuevamente para determinar su pérdida de peso. La pérdida de peso porcentual (%WR) se calculó con la ecuación (1).

$$WR(\%) = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

donde m_i : masa inicial de la muestra; m_f : masa de muestra osmotizada al tiempo t .

Posteriormente, para determinar el contenido de sólidos totales, los cubos se trituraron y secaron en estufa de vacío a 60°C, hasta peso constante. Mediante las ecuaciones (2) y (3) aplicadas a las mediciones obtenidas por gravimetría se calcularon, en forma porcentual, la pérdida de agua (WL) y la ganancia de sólidos (GS).

$$WL(\%) = \left[\left(1 - \frac{TS^0}{100} \right) - \left(1 - \frac{TS}{100} \right) \left(1 - \frac{WR}{100} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

$$GS(\%) = \left[\left(1 - \frac{WR}{100} \right) \frac{TS}{100} - \frac{TS^0}{100} \right] \times 100 \quad (3)$$

donde TS^0 : contenido de sólidos totales iniciales; TS : contenido de sólidos totales de la muestra osmotizada al tiempo t .

Periódicamente, se verificó la concentración de sólidos solubles en la solución azucarada utilizándose un refractómetro de mano.

1.3. Modelado matemático y tratamiento estadístico

Los datos experimentales del proceso de deshidratación osmótica, pérdida de agua y la ganancia de sólidos, se ajustaron al modelo matemático establecido por Azuara et al. (1992) utilizando las ecuaciones (4) y (5).

$$WL_t = \frac{s_1 t WL_\infty}{1 + s_1 t} \quad (4)$$

$$GS_t = \frac{s_2 t GS_\infty}{1 + s_2 t} \quad (5)$$

donde WL_t , WL_∞ y GS_t , GS_∞ : pérdida de agua y ganancia de sólidos en un tiempo t y en el equilibrio, respectivamente; s_1 y s_2 : constantes de velocidad relativas a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos, respectivamente.

Linealizando las ecuaciones (4) y (5) y representándolas gráficamente se obtienen los parámetros s_1 , s_2 , WL_∞ y GS_∞ .

Además, relacionando el modelo con la solución simplificada de la ley de Fick, se puede calcular el coeficiente de difusión efectivo (D_e) para la pérdida de agua como se muestra en la ecuación (6) (Azuara et al., 1992).

$$D_e = \frac{\pi t}{4} \left[\left(\frac{s_1 l}{1 + s_1 t} \right) \left(\frac{WL_\infty^{\text{mod}}}{WL_\infty^{\text{exp}}} \right) \right]^2 \quad (6)$$

En la ecuación (6) WL_∞^{mod} y WL_∞^{exp} corresponden a la pérdida de agua en el equilibrio modelada y experimental. Debido a que se trata de cubos y no láminas semi-infinitas como en el trabajo original de Azuara et al. (1992), l corresponde a la tercera parte del espesor del cubo (Rastogi y Niranjani, 1998). A partir de esta ecuación se calculó la difusividad para la ganancia de sólidos y la pérdida de agua con las variables correspondientes.

Se calculó la media y la desviación estándar de los datos y el ajuste de los valores predichos y los experimentales se analizaron a través del coeficiente de correlación (R^2).

4. Resultados

En la Fig. 1 se presentan los resultados obtenidos para la pérdida de peso experimental por cubos de anco de distintos espesores sumergidos en solución de sacarosa de 55°Bx. La pérdida de peso se incrementa con el tiempo y es mayor cuanto más pequeño es el espesor del cubo; durante las primeras horas de tratamiento se observa una notable velocidad de pérdida, particularmente para los cubos de 0,5 cm. Esta velocidad disminuye a partir de las 2-3 h de tratamiento.

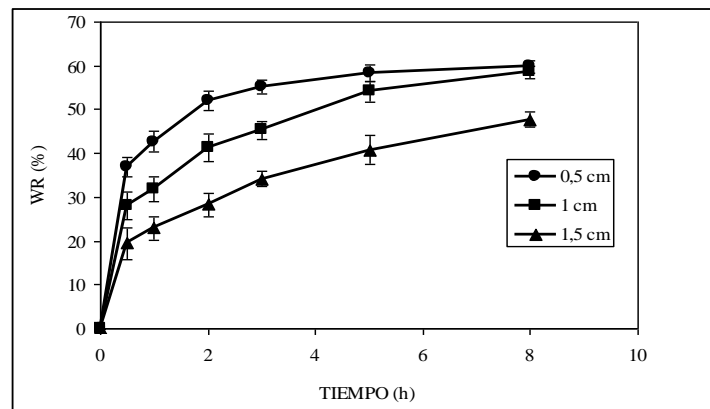


FIGURA 1. Pérdida de peso de cubos de anco de 0,5; 1 y 1,5 cm de espesor, sometidos a deshidratación osmótica en solución de sacarosa.

La pérdida de agua sigue una cinética similar a la pérdida de peso, aumentando con el tiempo y disminuyendo con el espesor de los cubos, tendiendo al equilibrio a partir de las 3 h de proceso, como se muestra en la Fig. 2.

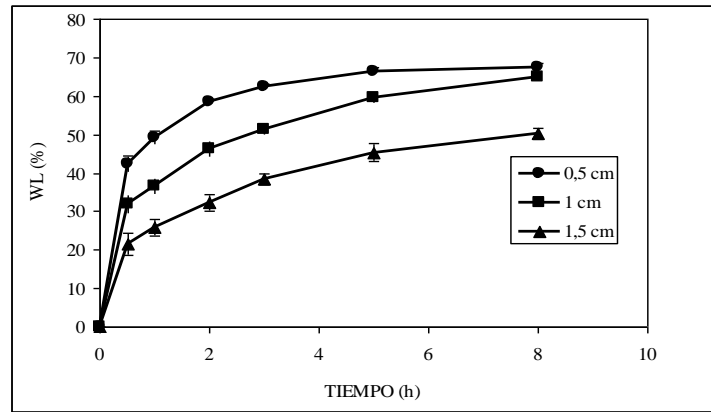


FIGURA 2. Pérdida de agua de cubos de anco de 0,5; 1 y 1,5 cm de espesor, sometidos a deshidratación osmótica en solución de sacarosa.

Tanto para la pérdida de agua como para la de peso se observa que aumentan a medida que disminuye la relación entre el área superficial total y el espesor, esto está de acuerdo con los resultados obtenidos por distintos investigadores que estudiaron - para otros vegetales - el efecto del área utilizando igual geometría (Salvatori y Alzamora, 2000; Van Nieuwenhuijzen et al., 2001).

En la Fig. 3 se presenta la ganancia de sólidos en función del tiempo.

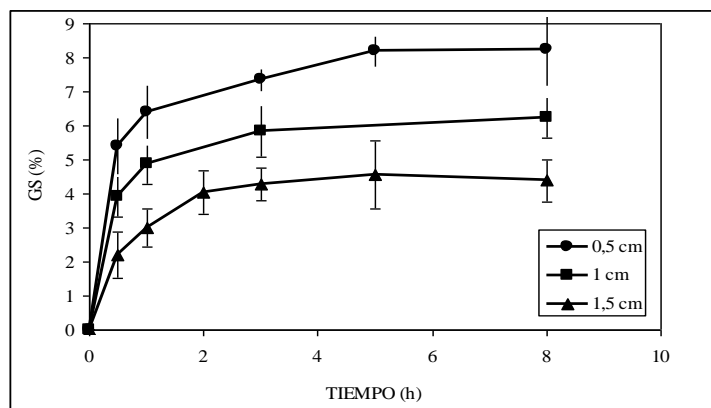


FIGURA 3. Pérdida de agua de cubos de anco de 0,5; 1 y 1,5 cm de espesor, sometidos a deshidratación osmótica en solución de sacarosa.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros de ajuste, al modelo de Azuara, tanto para la pérdida de agua como para la ganancia de sólidos.

TABLA 1. Parámetros cinéticos de la pérdida de agua y de la ganancia de sólidos de acuerdo con el modelo de Azuara

Espesor (cm)	WL					GS				
	WL_{∞}^{exp}	WL_{∞}^{mod}	s_1	D_e (m^2/s)	R^2	GS_{∞}^{exp}	GS_{∞}^{mod}	s_2	D_e (m^2/s)	R^2
0,5	67,28	70,92	2,56	$2,8 \times 10^{-11}$	0,999	8,23	8,68	2,29	$2,8 \times 10^{-11}$	0,997
1,0	64,76	70,91	1,08	$2,2 \times 10^{-10}$	0,995	6,23	6,39	2,47	$1,1 \times 10^{-10}$	0,995
1,5	50,22	56,81	0,83	$2,9 \times 10^{-10}$	0,992	4,38	4,73	2,26	$2,6 \times 10^{-10}$	0,996

Los coeficientes de correlación indican un muy buen ajuste entre los datos experimentales y el modelo de Azuara. Los valores de difusividad obtenidos son del mismo orden de

magnitud que los reportados para láminas de anco deshidratadas osmóticamente en soluciones de sacarosa y en condiciones de trabajo similares, 40, 50 y 60 % p/p a 27 °C (Castilho García et al., 2007).

Por otra parte, los valores de difusividad másica para la pérdida de agua y la ganancia de sólidos aumentan linealmente con el cuadrado de la dimensión característica de los cubos, siendo sus coeficientes de ajuste de 0,844 y 0,999, respectivamente. Asimismo, se puede observar en la Tabla 1 que los valores de difusividad - calculados como valores promedio en el tiempo y en el volumen de la muestra - para los sólidos ganados son menores que los obtenidos para la pérdida de agua, coincidiendo con lo informado por Castilho García et al. (2007). Además, las muestras que presentan mayor relación área/volumen experimentan mayor ganancia de sólidos; sus menores valores de D_e podrían originarse en la formación de una capa de azúcar superficial, que dificultaría la difusión en ambos sentidos (Ferrari y Hubinger, 2008).

5. Conclusiones

La mayor velocidad de pérdida de agua y ganancia de sólidos en la DO de cubos de anco se obtuvo para los de menor espesor; a partir de las 3 h estas variables tienden a estabilizarse.

Los datos experimentales se ajustan muy bien al modelo estudiado y las difusividades, tanto para el agua como para los sólidos, aumentan con el espesor de los cubos, siendo menores las correspondientes a sólidos ganados.

La deshidratación osmótica de anco representa una alternativa interesante para obtener un producto listo para usar, con un menor contenido de agua.

Es necesario realizar estudios adicionales para determinar la incidencia de esta deshidratación parcial en la conservación de la hortaliza.

6. Bibliografía

- Azuara, E.; Beristain, C. I.; García, H. S. (1992). Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 239-242.
- Barat, J. M.; Chirat, A.; Fito, P. (2001). Effect of osmotic solution concentration, temperature, and vacuum impregnation pretreatment on osmotic kinetics of apple slices. *Food Science and Technology International*, 7: 451-456.
- Castilho Garcia, C.; Mauro, M.A.; Kimura, M. M. (2007). Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*). *Journal of Food Engineering*, 82: 284-291.
- Chiralt, A.; Martínez-Navarrete, N.; Martínez-Monzó, J.; Talens, P.; Moraga, G.; Ayala, A.; Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49: 129-135.
- de Escalada Pla, M.; Ponce, N.; Stortz, C.; Gerschenson, L.; Rojas, A. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie – Food Science and Technology*, 40: 1176-1185.
- Derossi, A.; de Pilli, T.; Giuliani, R.; ORLANDO, I.; Palmieri, L.; Severini, C. (2011). Study on prestabilization of pumpkin (*Cucurbita moschata*) by osmotic dehydration in quaternary complex solution. *Journal of Food Process Engineering*, 34: 398-413.
- Ferrari, C.C.; Hubinger, M.D. (2008). Evaluation of mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2065-2074.

- Goitia, A.E.; Qüesta, A.G.; Raña, E.; Rodríguez, S. del C.; Cesca, V. M. (1998). Aplicación de la DO a productos frutihortícolas. III Jornadas de investigación de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Mayor, L.; Moreira, R.; Chenlo, F.; Sereno, A.M. (2007). Osmotic dehydration kinetics of pumpkin fruits using ternary solutions of sodium chloride and sucrose. *Drying Technology*, 25: 1749–1758.
- Murkovic, M.; Mulleder, U.; Neunteufl, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15: 633–638.
- Palou, E.; López-Malo, A.; Argai A.; Welti, J. (1993). Osmotic dehydration of papaya. Effect of syrup concentration. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 33: 621-630.
- Sablani, S. S.; Rahman, M. S. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*, 36: 65–71.
- Salvatori, D.; Alzamora, S.M. (2000). Structural changes and mass transfer during glucose infusion of apples as affected by blanching and process variables. *Drying Technology*, 18: 361–382.
- Shi, J.; Le Maguer, M.; Kakuda, Y.; Liptay, A.; Niekamp, F. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32: 15–21.
- Simpson, R.; Jimenez, M.; Carevic, E.; Grancelli, R. (2007). Aceleración de la deshidratación osmótica de frambuesas (*Rubus idaeus*) por medio de calentamiento óhmico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57: 192-195.
- Van Nieuwenhuijzen, N. H.; Zareifard, M. R.; Ramaswamy, H. S. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*, 19: 525-545.

29TCA. CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

MARTIN, F.; ALCANTÚ, S.; EVANGELISTA, S., MOLINA, N.; CASTRO, P. MAGDALENA, N.; CORVALÁN, N.; ALFARO, F.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375. San Rafael, Mendoza, Argentina
E.mail: fmartin@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: La demanda actual de productos frescos y fáciles de preparar, en especial frutas y verduras, ha traído consigo un aumento en el mercado de productos mínimamente procesados (PMP), fresh cut o listo para usar.

Son productos frescos que se procesan con el objetivo de proveer al consumidor de un alimento listo para consumir (ready-to-eat) y con características similares a los productos frescos (fresh-like). Los consumidores esperan que dichos productos estén libres de defectos, que tengan un grado de madurez óptimo y que posean una elevada calidad organoléptica y nutricional, junto a una garantizada seguridad higiénica (Watada y Qi, 1999).

Son productos que en su proceso comprende distintas operaciones unitarias que incluyen clasificación, acondicionamiento, lavado, deshojado, pelado, cortado, desinfectado y envasado,

Los PMP son, por lo general, más perecederos que los productos intactos de los que proceden. Las modificaciones de calidad más importantes que sufren se deben a la presencia de superficies cortadas y tejidos vegetales dañados, a que dicho proceso no puede asegurar la esterilización o la estabilidad microbiológica del producto y a que, su metabolismo sigue estando activo (Orsat et al., 2001). Así, las reacciones de degradación que se producen afectan a cualidades organolépticas tales como el color, firmeza, aroma, sabor y valor nutricional haciéndoles más susceptibles a perder su calidad higiénico-sanitaria.

Diversas investigaciones de estos productos demuestran que sirven como vehículos de microorganismos alterantes y patógenos de ahí la importancia de estudiar la presencia de los mismos y su evolución durante la conservación.

Se determinó la calidad microbiológica de productos mínimamente procesados comercializados en el departamento de San Rafael-Mendoza desde noviembre 2009 hasta septiembre 2010; controlando microorganismos indicadores como aerobios mesófilos, hongos - levaduras y coliformes de acuerdo a Métodos y muestreo ICMSF Bacteriological Analytical Manual del Food and Drug Administration y microorganismos patógenos tales como *Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*.

De la totalidad de muestras analizadas, el 100% presenta valores de recuentos de microorganismos aerobios mesófilas (AM) dentro de los límites establecidos en la legislación chilena que para una muestra de 5 unidades, sólo una de ellas pueden tener un valor de entre 5×10^4 y 5×10^5 ufc/g, el 21,66% presenta valores de Coliformes totales (CT) fuera de los límites establecidos por la reglamentación chilena que admite solo una muestra de un total de cinco que tengan lecturas entre 5×10^3 y 5×10^4 ufc/g. Confirmándose la presencia de microorganismos patógenos como *Salmonella* en el 5% de las muestras tomado como criterio microbiológico ausencia en 25g. En ninguna de las muestras se detectó *Listeria monocytogenes*. Es necesario establecer una Legislación Nacional en relación a los productos mínimamente procesados, se recomienda tener en cuenta los criterios microbiológicos establecidos por la legislación vigente en Chile de los productos

analizados, teniendo en cuenta que los productos mínimamente procesados provenientes de elaboradores que aplican buenas prácticas de manufactura y conservan la cadena de frío hasta la llegada al consumidor, alcanzan recuentos de microorganismos indicadores menores al límite establecido y no presentan microorganismos patógenos.

1. Introducción

El consumo de productos vegetales frescos cortados es una tendencia que se encuentra en gran expansión. Los Productos Mínimamente Procesados (PMP) o Alimentos de IV gama son productos frescos que se procesan con el objetivo de proveer al consumidor de un alimento listo para consumir (ready-to-eat) y con características similares a los productos frescos (fresh-like).

Los PMP son alimentos por lo general más pereceros que los alimentos frescos con una actividad de agua elevada en la que la proliferación de patógenos puede darse con facilidad.

Pese a la evidencia del crecimiento en la demanda de productos frescos, el consumidor medio usualmente no considera criterios de seguridad de los alimentos que consume. El criterio habitual es la necesidad de consumir alimentos saludables relacionando calidad y el precio, así como la información que le va llegando de la necesidad de consumir alimentos saludables. El que un alimento sea o no seguro no se aprecia directamente por los sentidos, lo que implica que los alimentos sean controlados de forma específica para los peligros habituales.

Los alimentos mínimamente procesados son frescos y, por tanto, crudos. Eso implica que los riesgos para la salud pueden ser superiores a los de los alimentos que han sido tratados con cualquier proceso tecnológico. Por ello, pueden transmitirse microorganismos patógenos más comunes, entre ellos, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella*.

2. Objetivo General

Determinar las tolerancias microbiológicas para los productos vegetales mínimamente procesados.

Objetivos Específicos

Determinar microorganismos de relevancia para repollo, zanahoria y lechuga mínimamente procesados y establecer la tolerancia para los microorganismos considerados relevantes

Proponer a la Comisión del Código Alimentario Argentino los criterios y patrones microbiológicos para repollo, zanahoria y lechuga mínimamente procesados

3. Metodología

Teniendo en cuenta trabajos de investigación realizados, legislaciones de otros países y bibliografía se estableció determinar el recuento de microorganismos relevantes para el producto tales como mesófilas aeróbicas (AM), hongos, y levaduras (HyL), coliformes totales (CT) y analizar la presencia de *Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*

La metodología se desarrolló de acuerdo a los siguientes pasos:

- Extracción de 10 muestras de PMP en establecimiento expendedores, en el radio céntrico de la ciudad, cada 60 días durante un año.
- Al momento de la extracción se comienzan los análisis realizando la suspensión de 100 g de la muestra, compuesta en forma equivalente por los diversos vegetales que la

componen, en 900 cc de agua destilada estéril. Se efectúan diluciones hasta 1/ 10000 para poder realizar un conteo de u.f.c correcto y procediendo a la siembra por la técnica de placa en masa. Todas las experiencias son realizadas por triplicado.

A continuación se detallan los medios de cultivo utilizados, temperaturas y tiempos de incubación.

- Mesófilos aeróbicos en agar para recuento en placa a 37°C durante 48 hs.
- Hongos y levaduras en Y.G.C a 28°C C durante 72 hs
- Enterobacterias en agar Mac Conkey a 37°C durante 48 hs.
- Para proceder luego al recuento de las u.f.c./g
- Determinación de Salmonella spp: se realizó enriquecimiento de 25 g de las ensaladas en caldo tetrionato a 37° C durante 48 hs, aislamiento en agar salmonella –shigella 37°C 48 hs en aerobiosis y confirmación de presencia mediante pruebas bioquímicas: ureasa, rojo de metilo, Voges Proskawer, indol, movilidad y producción de ácido sulfhídrico.
- Determinación de Listeria: se analizaron las muestras de ensaladas tales como repollo, zanahoria y lechuga, Para el enriquecimiento de Listeria se suspendieron 10 g de producto tomados asépticamente en 50 ml caldo Listeria base más un suplemento selectivo (VIAL), incubándose 24 hs a 37°C, el aislamiento e identificación de Listeria se realizó en placas con agar Palcam (medio selectivo- diferencial) con el suplemento selectivo (VIAL) en forma superficial a 37°C durante 48 hs en condiciones de microaerofilia por duplicado. Las u.f.c. que presentaron características macroscópicas propias de la Listeria como degradación de la esculina, pequeñas y con borde entero y depresión central y microscópicamente son bacilos Gram + se les realizó las siguientes pruebas bioquímicas: catalasa, ureasa, TSI, hemólisis en agar sangre, rojo de metilo- voges proskawer y movilidad.

4. Resultados

PRIMERA ETAPA Fecha: realizado el 02/11/2009 - Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	4,1	2,3	4,0	Ausencia/25g	Negativo
2	3,4	2,0	3,3	Ausencia/25g	Negativo
3	2,7	1,9	3,2	Ausencia/25g	Negativo
4	2,0	2,3	2,5	Ausencia/25g	Negativo
5	2,1	2,9	2,9	Ausencia/25g	Negativo
6	3,3	3,3	3,0	Ausencia/25g	Negativo
7	4,0	2,1	3,9	Ausencia/25g	Negativo
8	3,1	2,7	4,5	Ausencia/25g	Negativo
9	2,8	2,0	4,2	Ausencia/25g	Negativo
10	2,6	4,2	3,9	Ausencia/25g	Negativo

SEGUNDA ETAPA: Fecha: realizado el 20/12/2009- Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	4,3	3,9	3,4	Ausencia/25g	Negativo

2	4,3	3,0	3,9	Ausencia/25g	Negativo
3	4,1	3,9	3,8	Ausencia/25g	Negativo
4	4,0	2,8	3,4	Ausencia/25g	Negativo
5	4,1	1,5	3,3	Ausencia/25g	Negativo
6	4,0	1,6	2,5	Ausencia/25g	Negativo
7	3,9	2,7	3,5	Ausencia/25g	Negativo
8	4,6	2,7	3,6	Ausencia/25g	Negativo
9	4,6	3,3	3,7	Ausencia/25g	Negativo
10	3,4	1,4	3,0	Ausencia/25g	Negativo

TERCERA ETAPA: Fecha: realizado 28/02/2010 - Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	3,4	3,0	4,8	PRESENCIA/25g	Negativo
2	4,9	3,0	4,8	Ausencia/25g	Negativo
3	5,0	3,0	4,4	Ausencia/25g	Negativo
4	4,5	2,9	4,6	Ausencia/25g	Negativo
5	4,8	2,5	4,4	Ausencia/25g	Negativo
6	4,4	2,9	4,9	Ausencia/25g	Negativo
7	4,5	3,6	4,2	Ausencia/25g	Negativo
8	4,0	2,7	3,5	Ausencia/25g	Negativo
9	4,7	2,3	4,0	Ausencia/25g	Negativo
10	4,3	2,5	4,2	Ausencia/25g	Negativo

CUARTA ETAPA: Fecha: realizado el 20/04/2010 - Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	4,0	2,5	3,4	Ausencia/25g	Negativo
2	4,0	2,5	3,4	Ausencia/25g	Negativo
3	4,2	3,1	3,7	Ausencia/25g	Negativo
4	4,2	3,9	3,9	Ausencia/25g	Negativo
5	3,9	2,7	3,2	Ausencia/25g	Negativo
6	4,2	3,1	4,5	PRESENCIA/25g	Negativo
7	4,4	3,9	3,9	Ausencia/25g	Negativo
8	4,4	3,2	4,3	Ausencia/25g	Negativo
9	4,3	3,1	3,6	Ausencia/25g	Negativo
10	4,4	2,9	3,5	Ausencia/25g	Negativo

QUINTA ETAPA: Fecha: realizado el 15/07/2010-Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	2,8	2,6	1,7	Ausencia/25g	Negativo
2	2,4	2,6	1,7	Ausencia/25g	Negativo
3	4,1	2,6	3,6	Ausencia/25g	Negativo
4	3,3	2,6	2,4	Ausencia/25g	Negativo
5	4,4	1,8	3,8	Ausencia/25g	Negativo
6	4,7	2,8	2,5	Ausencia/25g	Negativo
7	5,1	3,6	2,1	Ausencia/25g	Negativo
8	3,5	2,8	4,1	Ausencia/25g	Negativo
9	4,8	1,5	4,2	PRESENCIA/25g	Negativo
10	4,1	2,3	2,7	Ausencia/25g	Negativo

SEXTA ETAPA: Fecha: realizado el 15/09/2010 - Cantidad de muestras: 10

MUESTRAS	A.M. log ufc./g	H y L ufc./g	C.T. log ufc./g	Salmonella spp	Listeria monocitógenos
1	4,1	2,3	3,6	Ausencia/25g	Negativo
2	4,6	3,3	3,7	Ausencia/25g	Negativo
3	3,5	2,3	3,6	Ausencia/25g	Negativo
4	3,9	3,6	3,8	Ausencia/25g	Negativo
5	3,0	1,3	3,0	Ausencia/25g	Negativo
6	3,8	5,4	3,8	Ausencia/25g	Negativo
7	3,9	5,4	3,3	Ausencia/25g	Negativo
8	3,4	4,7	2,8	Ausencia/25g	Negativo
9	4,4	5,3	3,2	Ausencia/25g	Negativo
10	4,5	5,4	3,9	Ausencia/25g	Negativo

5. Conclusiones y discusión:

De la totalidad de las muestras extraídas el 100% presenta valores de recuentos de microorganismos aerobios mesófilas (AM) dentro de los límites establecidos en la legislación chilena que para una muestra de 5 unidades, sólo una de ellas pueden tener un valor de entre 5×10^4 y 5×10^5 u.f.c./g, el 21,66% presenta valores de Coliformes totales (CT) fuera de los límites establecidos por la reglamentación chilena que admite solo una muestra de un total de cinco que tengan lecturas entre 5×10^3 y 5×10^4 u.f.c./g. Confirmándose la presencia de microorganismos patógenos como Salmonella en el 5% de las muestras tomado como criterio microbiológico ausencia en 25g. En ninguna de las muestras se detectó Listeria monocytogenes.

Por otro lado se comprobó que No existe una estandarización de la manufactura en los elaboradores En ciertas rotiserías y mercados no se mantiene la cadena de frío. En los supermercados si se comprobó el mantenimiento de la cadena de frío.

Al ser las operaciones de fabricación de estos productos bastante sencillas (lavado, cortado, pelado, envasado...) se ha detectado la aparición de elaboradores artesanales, que con frecuencia no reúnen las condiciones técnicas e higiénico-sanitarias exigibles Por lo tanto, y teniendo en cuenta el rápido deterioro que estos productos pueden sufrir en su calidad

organoléptica, nutricional y microbiológica, es preciso la implementación de la legislación y realizar en los municipios talleres, asesoramientos in situ, seguimientos y controles en los establecimientos elaboradores de productos mínimamente procesados en relación a las BPM y concientización de la importancia de conservar la cadena de frío desde la elaboración hasta el consumidor.

Los elaboradores deben garantizar la seguridad alimentaria realizando un diseño higiénico de equipos e instalaciones para minimizar la contaminación microbiana, las materias primas deberán producirse bajo códigos de buenas prácticas agrícolas y la elaboración de estos productos requerirá sólidos conocimientos técnicos y formación de los operarios además de unas buenas prácticas de procesado.

6. Bibliografía

- Allende, A., F. Tomás-Barberán, and M. I. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci. Technol.* 17: 513-519..
- FAO, 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Ed. FAO.
- eaten raw: a review. *Food Safety Issues.* FOS/98.2.
- Gill, C.O. y Reichel, M.P. 1989. Growth of the cold-tolerant pathogens *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* on high-pH beef packaged under vacuum or carbon dioxide. *Food Microbiol.* 6:223-230.
- Hudson, J.A. y Mott, S.J. 1993 b. Presence of *Listeria monocytogenes*, motile aeromonads and *Yersinia enterocolitica* in environmental samples taken from a supermarket delicatessen. *Int. J. Food Microbiol.* 18:333-337.
- Orsat, V; Gariépy, Y.; Raghavan, G.S.V., Lyew, D. 2001. Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. *Food Research International*, 34, 527-536.
- World Health Organization. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables

30TCA. DESARROLLO DE SISTEMAS DE ENCAPSULACION COMPUESTOS PARA LA PROTECCION DE EXTRACTOS ANTIOXIDANTES NATURALES

LÓPEZ A.F.*, DELADINO L.* Y MARTINO M.N.*

*Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), Fac. Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116 - 1900 La Plata - Buenos Aires – Argentina – alexlcordoba@gmail.com

Resumen: El alginato es una de las matrices encapsulantes más usadas, permitiendo la formación de geles estables y biocompatibles. No obstante, debido a la porosidad de las cápsulas de alginato de calcio, la combinación de diversas sustancias puede dar lugar a sinergias importantes que mejoren las características morfológicas de estas. Por lo anterior, en este trabajo, se estudió el efecto de la adición de almidón como material de relleno en cápsulas de alginato, para la encapsulación de un extracto de yerba mate (*Ilex paraguayensis*) con elevado contenido de antioxidantes naturales. Se prepararon formulaciones simples de alginato de calcio y sistemas compuestos donde se adicionó al alginato almidón de maíz en diferentes concentraciones. Se determinaron los porcentajes de eficiencia de carga de los diferentes sistemas de encapsulación, obteniéndose valores de alrededor del 56%, sin encontrarse diferencias significativas según la concentración de almidón empleada. Se analizaron las características morfológicas de los sistemas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), observando la disposición de los gránulos de almidón en el sistema compuesto. Se estudió la digestión *in-vitro* en fluidos simulados y dado que la totalidad de los polifenoles se liberó en el fluido gástrico (HCl 0,1 M), se determinó la cinética de liberación en este medio.

1. Introducción

La vehiculización y liberación controlada de compuestos activos alimentarios constituye una alternativa importante en la formulación y desarrollo de alimentos con propiedades funcionales, logrando solucionar problemas que pueden surgir ya sea por inestabilidad física o química del ingrediente activo o por incompatibilidad entre el ingrediente activo y la matriz del alimento, enmascarar sabores desagradables, asegurar la dosis y la biodisponibilidad de un nutriente, y mejorar a su vez la relación costo/beneficio para el fabricante. Las cápsulas de alginato de calcio son fáciles de preparar a escala laboratorio, el proceso es muy sencillo y cualquier compuesto puede ser encapsulado, ya sea hidrofóbico o hidrofílico, sensible a la temperatura, líquido o viscoso, un aceite o un sólido, etc (Champagne and Fustier, 2007; Sébastien, 2004). Algunos de los compuestos activos encapsulados con alginato son células microbianas, fármacos, extractos de antioxidantes naturales, entre otros.(Chan et al., 2011; Das et al., 2011; Deladino et al., 2008).

La yerba mate (*Ilex paraguariensis*), constituye una fuente importante para la extracción de antioxidantes usados como ingredientes alimentarios, ya que poseen múltiples funcionalidades que incluyen su actividad anti radical, anti cancerígena, son reductores de reacciones de estrés oxidativo, antiinflamatorios y cardioprotectores (Dugo et al., 2009; Silva et al., 2011). En algunos trabajos se han logrado altos valores de eficiencia de retención de este tipo de compuesto activo (> 85%), su liberación controlada en matrices alimentarias, extender su vida útil, separarlos de componentes incompatibles y mejorar la calidad final de producto (Deladino et al., 2008; Harris et al., 2011)

Otros autores han utilizado almidón nativo como material de relleno en la elaboración de cápsulas de alginato. Así, lograron mejorar la esfericidad, fluidez, densidad, apariencia y

rigidez de la cápsulas, este efecto se atribuyó a la capacidad del almidón de reforzar la red hidrogel (Chan et al., 2011; Wang et al., 2010).

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo fue desarrollar sistemas de encapsulación compuestos para la protección de extractos antioxidantes naturales, con agregado de diferentes concentraciones de almidón de maíz como material de relleno.

3. Materiales y métodos

1.1. Extracción y cuantificación de polifenoles de yerba mate

1.1.1. Preparación del extracto de polifenoles de yerba mate

Diferentes cantidades de yerba mate comercial (entre 1 y 10 g), (La Merced, Misiones, Argentina) fueron mezcladas con 100 ml de agua destilada y llevada a ebullición en un baño termostático (Viking, Argentina) durante 40 min. Posteriormente se filtraron para separar la yerba y el líquido obtenido se volvió a filtrar (0,45 μ m).

1.1.2. Determinación del contenido de polifenoles totales (PT) de las diferentes concentraciones de los extractos de yerba mate

El contenido de PT fue determinando, usando el reactivo de Folin- Ciocalteu, midiendo la absorbancia a 725 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu Double Bean Spectrophotometer UV-150-02, Seisakusho Ltd., Kyoto, Japón), tras 30 min de reacción (Schlesier y col., 2002). Se usó como patrón ácido clorogénico (AcCl).

1.1.3. Cálculo del rendimiento de la extracción de PT

El rendimiento de la extracción de PT, se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{m_p}{m_y} \right) * 100 \quad (1)$$

Donde m_p , corresponde a la masa de PT expresada como mg equivalente de AcCl determinada de acuerdo al inciso 1.1.2. y m_y a la masa de yerba mate utilizada en la preparación del extracto en gramos.

1.2. Encapsulación del extracto de yerba mate

1.2.1. Preparación de cápsulas

Como material encapsulante se utilizó alginato de sodio al 2% m/v (Sigma–Aldrich, USA), el cual fue disuelto en el extracto de yerba obtenido. Se llevó a cabo la gelificación por goteo en una solución de CaCl_2 al 0,05 M usando una bomba peristáltica Miniplus 3 (Gilson ®, Francia) a 45 rpm. Las cápsulas permanecieron en la solución de cloruro de calcio 15 min, se filtraron y fueron lavadas con solución Buffer acético/Acetato pH 5,5 (Deladino et al., 2008). A estas cápsulas se las denominó *Sistemas simples* (SS). Los *Sistemas compuestos* (SC) se obtuvieron a partir de mezclas de la solución de alginato descrita con almidón de maíz comercial (Maizena®) en diferentes concentraciones (0,1; 0,5; 1; 2, 5 y 10% m/v).

1.2.2. Eficiencia de encapsulación (%EE)

La eficiencia de encapsulación (%EE) de las diferentes formulaciones, fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\% EE = \left(\frac{m_c}{m_e} \right) * 100 \quad (2)$$

Donde m_c , corresponde a la masa de PT liberada en citrato, y m_e , es la masa de PT presente en el extracto en el cual se originó la formulación. El valor de m_c , se determinó disolviendo una cantidad conocida de cápsulas en una solución de citrato de sodio (5% m/v) durante 2h, en un Orbit-Environ Shaker (Lab-Line Instruments, USA) a 37 ° C y 125 rpm. La masa de PT en ambos casos fue medida por el método de Folin-Ciocalteu descrito en 1.1.2 y los resultados se expresaron como mg equivalentes de AcCl.

1.2.3. Caracterización de las cápsulas

El contenido de humedad de las cápsulas fue determinado por el método gravimétrico, secando en estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante (Das et al., 2011). Para la medición de a_w se utilizó un equipo Aqualab Serie 3 TE (USA). La densidad aparente (ρ_A), fue calculada como el cociente entre la masa de una cantidad determinada de cápsulas y el volumen ocupado por las mismas (Abdullah and Geldart, 1999).

La forma de los encapsulados fue determinada usando el factor de esfericidad (fe), calculado con la siguiente ecuación:

$$fe = \frac{d_{max} - d_{min}}{d_{max} + d_{min}} \quad (3)$$

Donde, d_{max} corresponde al valor del diámetro más largo y d_{min} al diámetro perpendicular al mismo, el factor de esfericidad comprende valores desde 0 para esferas perfectas y se aproxima a la unidad para formas elongadas (Chan et al., 2009). Para la determinación del diámetro se tomaron fotografías de al menos 50 cápsulas húmedas, en forma aleatoria en distintos ensayos mediante un estereomicroscopio Leica MZ 10F, con una cámara Leica DFC 490. Las medidas de los diámetros fueron realizadas usando el software analizador de imágenes ImageJ. Las características morfológicas de las micropartículas secas fueron examinadas mediante microscopía electrónica de barrido SEM (FEI, Quanta 200 con fuente: Filamento de Tungsteno EDS marca EDAX, detector: Apollo 40).

1.2.4. Digestión in-vitro en fluido gástrico (HCl 0,1 M)

La cinética de liberación de los compuestos polifenólicos, se realizó introduciendo una cantidad conocida de cápsulas en 25 ml de HCL 0,1 M. El ensayo se realizó en un Orbit - Environ Shaker (Lab-Line Instruments, USA) a 37 ° C y 125 rpm. En cada caso, se tomaron alícuotas del sobrenadante en intervalos de tiempo durante 4 horas, determinando el contenido de PT por el Método de Folin-Ciocalteu. A partir de estos datos se calculó el porcentaje de liberación de los polifenoles del extracto considerando la masa de PT a cada tiempo respecto a la cantidad de compuesto activo total encapsulado.

1.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado en el software Sigma Plot versión 11.0. Se realizaron análisis de varianza ANOVA, con un nivel de significancia del 95%.

4. Resultados y discusión

1.4. Comparación de contenido de PT de las diferentes concentraciones de extracto de yerba mate

El contenido de PT fue directamente proporcional a la concentración de yerba mate en el rango utilizado. Al calcular el rendimiento se obtuvieron concentraciones de entre 111-143 mg equiv AcCl/ g yerba, en todos los casos. De acuerdo al análisis de varianza realizado, no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de yerba evaluadas ($p > 0,05$). Para la realización de los ensayos posteriores se usó el extracto al 3 %, equivalente a la concentración usada en trabajos previos con extracto de yerba liofilizado (Deladino et al., 2008).

1.5. Obtención de los encapsulados compuestos. Estudio de la relación alginato de sodio: almidón

Se compararon los porcentajes de eficiencia de encapsulación del sistema simple (SS) y los sistemas compuestos (SC) (figura 1). No se observaron diferencias significativas debido al agregado de almidón en las concentraciones utilizadas, determinándose valores de eficiencia de encapsulación promedio del 56%.

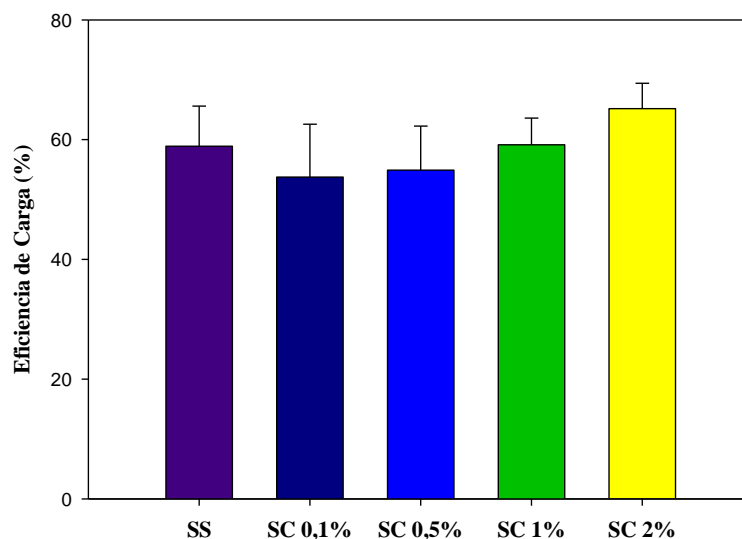


FIGURA 1. Comparación de la eficiencia de carga de los diferentes sistemas de encapsulación.

Los sistemas compuestos adicionados con almidón al 5 y al 10% (datos no mostrados), no presentaron diferencias significativas con las demás concentraciones ensayadas, además resultaron de difícil manipulación debido a la alta viscosidad de las soluciones.

A partir de este ensayo, se seleccionó como sistema compuesto a las cápsulas con 2% de almidón, debido al interés de incorporar a futuro, almidones adicionados con minerales permitiendo así una mayor capacidad de inclusión de un segundo compuesto activo.

2.3. Caracterización de las cápsulas

La figura 2 muestra las fotografías de ambos sistemas de encapsulación. En ellas se evidencia la presencia del almidón con la pérdida de la transparencia característica de las cápsulas de alginato de calcio.

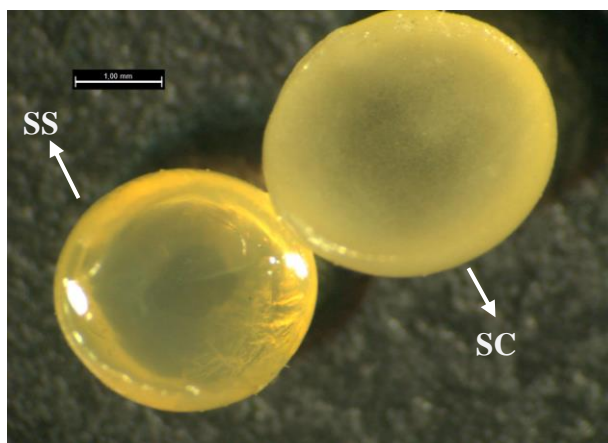


FIGURA 2. Fotografías de un corte transversal de cápsulas húmedas.

En las micrografías SEM se observó que las cápsulas perdieron cierta esfericidad luego del secado, dicho efecto fue más marcado en el SS (Figura 3a). En el caso de los SC la disposición uniforme del almidón en la matriz encapsulante, constituye un refuerzo que permite mayor conservación de la forma durante el secado (Figura 3b).

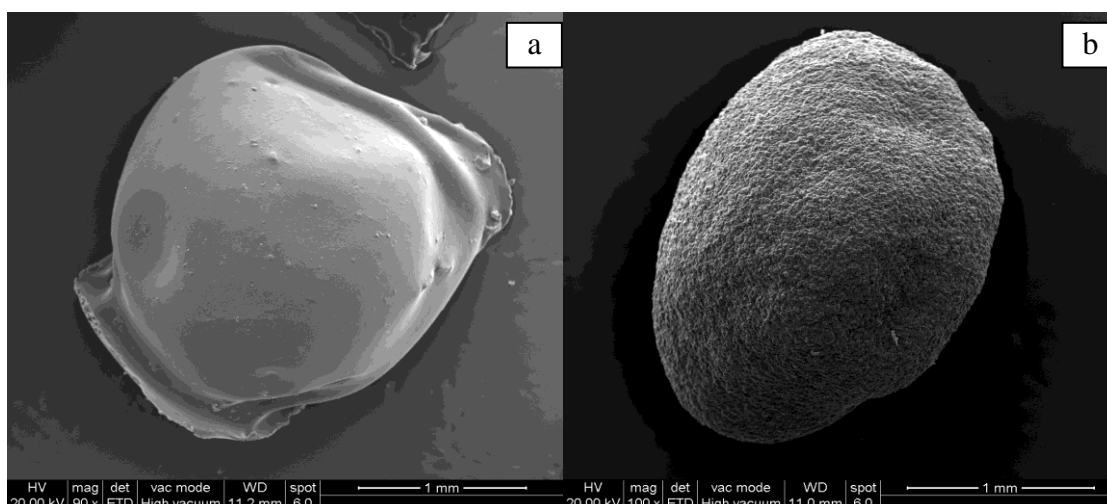


FIGURA 3. Fotografías SEM de cápsulas secas a) Sistemas simples y b) Sistemas compuestos.

Con respecto a las características físicas de los encapsulados, en la mayoría de los parámetros se observaron valores similares para ambos sistemas (Tabla 1).

TABLA 1. Caracterización de sistemas encapsulados

Formulación	d_{max} (mm)	fe	ρ_A (g/cm ³)	a_w	Humedad (%)
SS	3,70±0,29	0,01±0,09	0,78±0,03	0,98±0,00	96,66±0,13
SC	3,70±0,12	0,01±0,01	0,79±0,03	0,98±0,01	94,81±0,11

Chang et al., 2009, analizaron la influencia de las condiciones de operación sobre las características morfológicas de las cápsulas. Estos autores hallaron que los sistemas se pueden considerar esféricos para valores de fe menores que 0,05; por lo tanto las cápsulas obtenidas en el presente estudio correspondieron a un alto grado de esfericidad.

2.3. Liberación del extracto en fluido gástrico simulado. Cinéticas de liberación

Se analizó la cinética de liberación de los PT en el tiempo, para las formulaciones elegidas: sistema simple (SS) y sistema compuesto con 2% de almidón (SC 2%), (figura 4). La totalidad de los polifenoles se liberaron en un período de 4 horas de inmersión en fluido gástrico simulado.

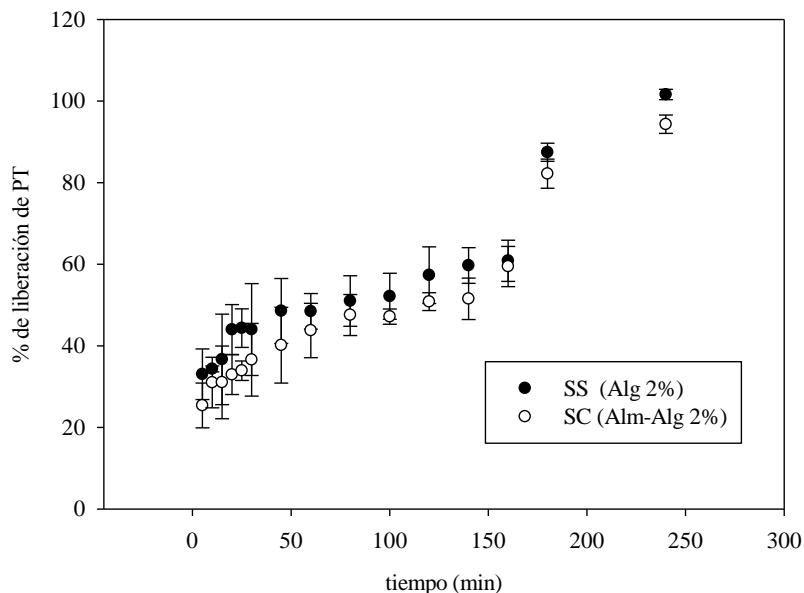


FIGURA 4. Cinéticas de liberación en fluido gástrico simulado para sistemas simples y compuestos.

En los primeros tiempos de la cinética (0-20 min) la velocidad de liberación fue rápida, alcanzando un 45% del total de los PT. Luego, entre los 20-160 min la difusión fue progresiva y finalmente se produjo un aumento significativo en el porcentaje de polifenoles en el medio alcanzando liberación de la masa total a los 240 min (figura 4).

No se hallaron diferencias significativas entre los perfiles de liberación para las dos formulaciones evaluadas. El agregado de almidón a la matriz de encapsulación, a estas concentraciones, permitiría la inclusión de un segundo compuesto activo sin modificar el perfil de liberación del compuesto activo contenido en las cápsulas de alginato de calcio. Así, se podría pensar en la utilización de capsulas compuestas para el transporte de distintos sistemas activos en el desarrollo de formulaciones de alimentos funcionales. (Chan et al., 2011; Deladino et al., 2008; Harris et al., 2011).

5. Conclusiones

Se obtuvieron cápsulas esféricas de alginato de calcio a partir de un extracto acuoso de yerba mate con alto contenido de polifenoles. Se lograron eficiencias de 56% de polifenoles totales tanto en cápsulas de alginato de calcio como en las que contenían hasta 2% de almidón adicionado. Fue posible obtener un sistema encapsulante compuesto, adicionando 2% de almidón sin modificar el perfil de liberación respecto al sistema control.

6. Bibliografía

- Abdullah, E.C., Geldart, D. 1999. The use of bulk density measurements as flowability indicators. *Powder Technology*. 102, 151-165.
- Champagne, C.P., Fustier, P. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*. 18, 184-190.
- Chan, E.-S., Lee, B.-B., Ravindra, P., Poncelet, D. 2009. Prediction models for shape and size of calcium-alginate macrobeads produced through extrusion-dripping method. *Journal of Colloid and Interface Science*. 338, 63-72.
- Chan, E.-S., Wong, S.-L., Lee, P.-P., Lee, J.-S., Ti, T.B., Zhang, Z., Poncelet, D., Ravindra, P., Phan, S.-H., Yim, Z.-H. 2011. Effects of starch filler on the physical properties of lyophilized calcium-alginate beads and the viability of encapsulated cells. *Carbohydrate Polymers*. 83, 225-232.
- Das, S., Chaudhury, A., Ng, K.-Y. 2011. Preparation and evaluation of zinc-pectin-chitosan composite particles for drug delivery to the colon: Role of chitosan in modifying in vitro and in vivo drug release. *International Journal of Pharmaceutics*. 406, 11-20.
- Deladino, L., Anbinder, P.S., Navarro, A.S., Martino, M.N. 2008. Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*. 71, 126-134.
- Dugo, P., Cacciola, F., Donato, P., Jacques, R.A., Caramao, E.B., Mondello, L. 2009. High efficiency liquid chromatography techniques coupled to mass spectrometry for the characterization of mate extracts. *Journal of Chromatography A*. 1216, 7213-7221.
- Harris, R., Lecumberri, E., Mateos-Aparicio, I., Meng abar, M., Heras, A. 2011. Chitosan nanoparticles and microspheres for the encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*. 84, 803-806.
- S ebastien, G. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*. 15, 330-347.
- Silva, R.D.A., Bueno, A.L.S., Gallon, C.W., Gomes, L.F., Kaiser, S., Pavei, C., Ortega, G.G.I., Kucharski, L.C., Jahn, M.P. 2011. The effect of aqueous extract of gross and commercial yerba mate (*Ilex paraguariensis*) on intra-abdominal and epididymal fat and glucose levels in male Wistar rats. *Fitoterapia*. 82, 818-826.
- Wang, Q., Hu, X., Du, Y., Kennedy, J.F. 2010. Alginate/starch blend fibers and their properties for drug controlled release. *Carbohydrate Polymers*. 82, 842-847.

31TCA. CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE CIRUELAS D'ENTÉ (*Prunus Doméstica L.*)

RODRIGUEZ M. M.^{1,2,3}, MASCHERONI R. H.^{4,5}, PAGANO A. M.^{2,3}

¹CONICET, UNLP-UNICEN – ²TECSE, Fac. Ingeniería, UNICEN, Olavarría, Buenos Aires – Argentina – ³Programa Institucional ALIMENTOS – UNICEN
⁴CIDCA (CONICET La Plata - UNLP) – ⁵MODIAL, Fac. Ingeniería, UNLP, La Plata – Argentina

Resumen: El propósito del presente trabajo fue estudiar la cinética de deshidratación osmótica de ciruelas D'Enté (*Prunus doméstica L.*) evaluando el efecto de la concentración de la solución osmótica, el tipo de soluto, la temperatura, la relación fruta/solución y el tiempo de procesamiento sobre la humedad y el contenido de sólidos solubles. Fueron utilizadas para la deshidratación soluciones hipertónicas de jarabe de glucosa y sorbitol al 40 y 60% p/p durante 2 h a temperaturas de 25 y 40°C y con relaciones de fruta a agente osmótico de 1/4 y 1/10. El análisis de la varianza indicó que a diferencia de la temperatura del tratamiento osmótico, todas las variables ejercieron un efecto significativo sobre la humedad y el contenido de sólidos solubles de las ciruelas.

1. Introducción:

Las ciruelas tienen un alto valor nutritivo, siendo una excelente fuente de vitaminas (A y C), minerales (calcio, magnesio, hierro, potasio) y fibra. Del mismo modo que otras frutas, son ricas en carbohidratos y presentan bajo contenido graso y calórico (Doymaz, 2004). Poseen una alta actividad antioxidante dada por sus componentes polifenólicos (ácido hidroxicinámico, ácido clorogénico, ácido neoclorogénico, flavonoides y antocianinas (Chun and Kim, 2004).

Las ciruelas son muy perecederas y, dependiendo del cultivar, sólo pueden tener una vida comercial de 2 a 6 semanas, incluso cuando se almacenan a 0°C, debido a la aparición de desórdenes fisiológicos como pardeamiento interno y la formación de gel (Guerra and Casquero, 2008).

En los últimos años, el proceso de deshidratación osmótica (DO) ha sido considerado como una herramienta importante para la conservación de frutas y el desarrollo de nuevos productos (Falade and Igbeka, 2007; Lombard et al., 2008). Esta técnica permite eliminar en forma parcial el agua de los alimentos mediante el uso de un tratamiento térmico suave y con bajo consumo de energía. La DO combinada con otras técnicas de conservación puede proporcionar productos estables con características nutricionales y sensoriales similares a los frescos (Pereira et al., 2007; Torres et al., 2006; Pino et al., 2008).

La deshidratación osmótica es usualmente aplicada para reducir la actividad de agua por reducción del contenido de agua y por la incorporación de sal o azúcar proveniente de la solución osmótica para atrapar las moléculas de agua (Falade and Igbeka, 2007; Castelló et al., 2010; Correa et al., 2010). La velocidad de pérdida de agua del producto y los cambios en su composición química dependen de la naturaleza y del tamaño del producto a deshidratar, del tipo y la concentración del agente osmótico, de la relación fruta/jarabe, de la presión (atmosférica o vacío), de la temperatura y del tiempo de proceso. En general, durante las dos primeras horas de contacto entre el fruto y el jarabe se logra una alta velocidad de eliminación de agua, luego de este período la velocidad empieza a decrecer debido a una menor diferencia de presión osmótica y a una mayor resistencia a la transferencia de masa en esta etapa del proceso (Barbosa-Cánovas et al., 2000). El objetivo

es hallar las condiciones experimentales óptimas que permitan disminuir el contenido acuoso con la menor incorporación de sólidos posible para no modificar las características sensoriales con respecto al producto fresco (Ramallo and Mascheroni, 2005; Vieira et al., 2010).

La incorporación de ciruelas deshidratadas como materia prima a diversos alimentos (como yogures, helados, pastelería, barras de cereales y snacks, etc.) permite obtener un producto con valor agregado y con aportes benéficos para la salud, por tratarse de un alimento funcional, que en forma natural o procesada, aporta nutrientes y contiene componentes adicionales que favorecen a la salud de los consumidores del producto (Franklin et al., 2006; Piirainen et al., 2007; Gallaher and Gallaher, 2008).

2. Objetivo:

El objetivo del presente trabajo es analizar la cinética de deshidratación osmótica de las ciruelas D'Enté, evaluando el efecto de las condiciones experimentales (tipo de soluto, concentración de la solución osmótica, la temperatura, la relación fruta/solución y el tiempo de procesamiento) sobre las variables características del proceso: humedad y contenido de sólidos solubles.

3. Metodología:

Caracterización y preparación de las muestras

Para el desarrollo del diseño experimental se trabajó con ciruelas frescas de la variedad D'Enté (*Prunus doméstica* L.). Las ciruelas se seleccionaron por tamaño y calidad, se lavaron y secaron con papel absorbente, se descrozaron y finalmente se cortaron manualmente en porciones de $\frac{1}{8}$ (peso promedio 2.37 ± 0.38 g).

La humedad inicial de la fruta fue de 79.94 ± 5.42 % b.h., expresada en porcentaje base húmeda; y el contenido inicial de sólidos solubles fue de 18.75 ± 1.48 °Brix determinado con refractómetro Abbe (precisión ± 0.01) (AOAC, 1980).

Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica se llevó a cabo durante 2 h por inmersión de las muestras en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol, preparadas al 40 y 60% p/p en agua destilada, utilizando relaciones jarabe a fruta de 4/1 y 10/1. Se ensayaron dos temperaturas de 25 y 40°C. A intervalos regulares (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5 y 2 h) se evaluó la humedad (g de agua/100 g de muestra) y el contenido de sólidos solubles (g de sólidos solubles/100 g de muestra).

Análisis estadístico de los datos

Se realizó el estudio estadístico de los resultados empleando el análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 5%. Para la comparación de medias se utilizó el Test de Duncan ($p < 0.05$). Ambos análisis fueron realizados utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

4. Resultados y discusión:

Cinética de la humedad durante la deshidratación osmótica

En la Tabla 1 se muestran los resultados estadísticos del ANOVA realizado para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la humedad. En la misma se visualizan las variables independientes, los grados de libertad de las variables (gl), los valores de Fisher críticos (F) y los valores de p.

Tabla 1. Análisis de la varianza de las variables implicadas en la deshidratación osmótica de ciruelas sobre la humedad.

Variables independientes	Humedad		
	gl	F	p
Tiempo (h)	6	147.07	<0.0001
Tipo de agente osmótico	1	43.39	<0.0001
Concentración (% p/p)	1	130.67	<0.0001
Relación fruta a agente osmótico	1	13.50	0.0004
Temperatura (°C)	1	0.12	0.7252
Error	101		

En las **Figs. 1-2** se muestra el seguimiento del contenido de humedad de las muestras deshidratadas en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol durante 2 h, tiempo de proceso seleccionado porque se aprovecha el período inicial de mayor velocidad de deshidratación (Barbosa-Cánovas et al., 2000). En los gráficos se puede observar la cinética de humedad para los dieciséis distintos tratamientos, agrupados según el tipo de agente osmótico (glucosa=g; sorbitol=s), variando las condiciones experimentales de concentración de los agentes osmóticos (40%; 60%), de relación fruta a jarabe (r1/4; r1/10) y de temperatura del proceso (25°C y 40°C).

Los valores de humedad disminuyen con el transcurso del proceso osmótico, ejerciendo el tiempo un efecto significativo ($p < 0.0001$) tanto para las muestras deshidratadas en jarabe de glucosa como en sorbitol (**Figs. 1 y 2**).

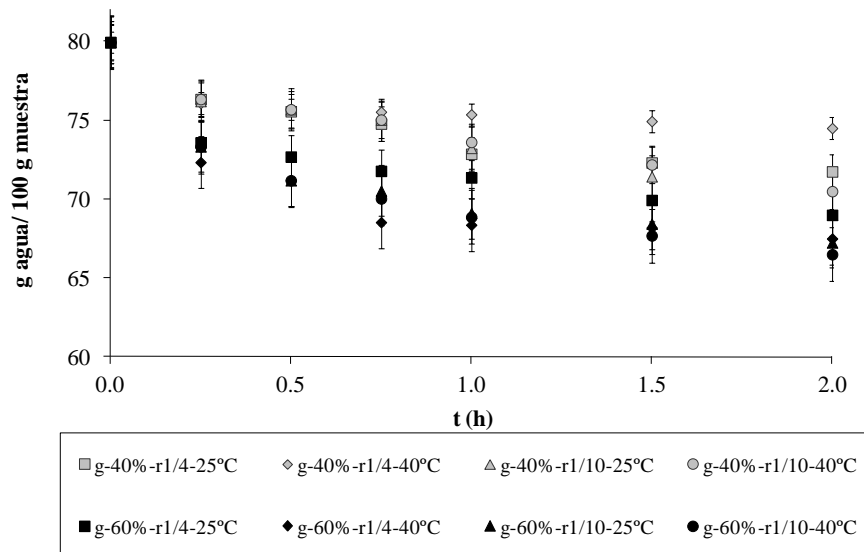


Figura 1. Humedad de las ciruelas osmodeshidratadas en solución de jarabe de glucosa.

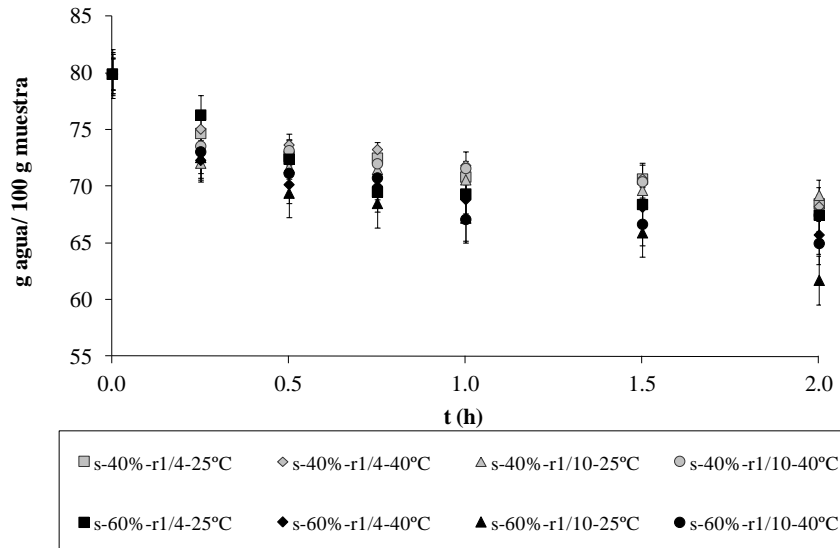


Figura 2. Humedad de las ciruelas osmodeshidratadas en solución de sorbitol.

Se observó que el empleo de diferentes agentes presenta diferencias significativas ($p < 0.0001$) sobre la humedad, presentando mayor grado de deshidratación aquellas muestras tratadas en solución de sorbitol (**Fig. 2**), siendo corroborado mediante el Test de Duncan ($p < 0.05$) con valores medios de humedad de 73.26 y 71.67% para las muestras tratadas en jarabe de glucosa y sorbitol, respectivamente, para todas las condiciones de concentración, temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

El aumento en la concentración de la solución hipertónica de 40 a 60% p/p provocó un descenso de la humedad, siendo este efecto significativo ($p < 0.0001$), y además fue más notable cuando se utilizó jarabe de glucosa como agente deshidratante (**Fig. 1**). Los valores medios del Test de Duncan fueron para la humedad de 73.84% para las muestras osmodeshidratadas en soluciones al 40% p/p y de 71.09% cuando la concentración fue del 60% p/p, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

Adicionalmente, el aumento en la proporción de solución respecto de la muestra de 10 a 1 permitió obtener productos finales con menor humedad para la mayoría de las condiciones ($p = 0.0004$), obteniéndose un valor medio de 72.91% para una relación fruta a jarabe 1 a 4 y de 72.02% para la relación 1 a 10, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de concentración, temperatura y tiempos ensayados.

Finalmente, el aumento de la temperatura de 25 a 40°C no tuvo un efecto significativo sobre la variable humedad ($p = 0.7252$). Estos resultados son equivalentes a los obtenidos por Fernandes et al. (2006) en la DO de bananas y Rodríguez et al. (2011) en la DO de pelones.

Cinética del contenido de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica

En la Tabla 2 se presentan los resultados del ANOVA de los datos obtenidos durante la deshidratación osmótica de ciruelas para el contenido de sólidos solubles.

Tabla 2. Análisis de la varianza de las variables implicadas en la DO de ciruelas sobre el contenido de sólidos solubles

Variables independientes	Sólidos solubles		
	gl	F	P
Tiempo (h)	6	63.70	<0.0001
Tipo de agente osmótico	1	43.22	<0.0001

Concentración (% p/p)	1	129.92	<0.0001
Relación fruta a agente osmótico	1	13.11	0.0005
Temperatura (°C)	1	0.12	0.7338
Error	101		

En las siguientes **Figs. 3 y 4** se muestra la evolución del contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas durante 2 h en soluciones de jarabe glucosa y sorbitol.

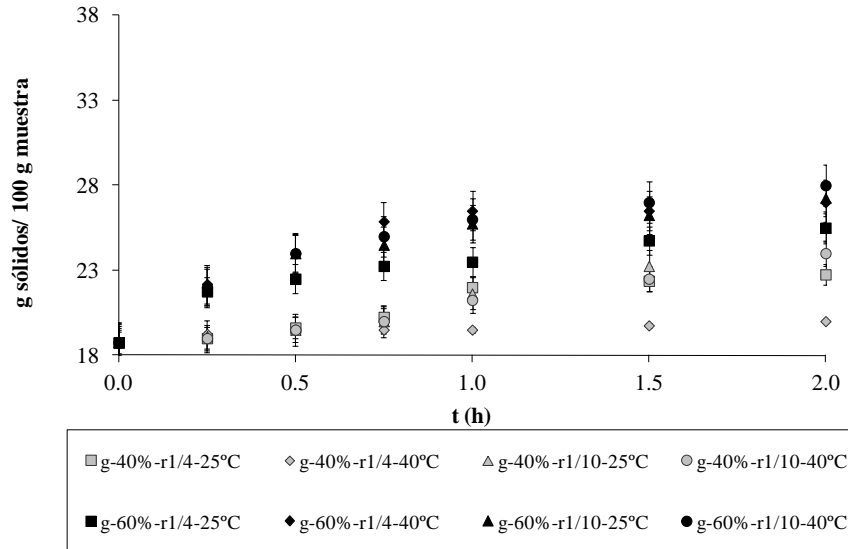


Figura 3. Contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas en soluciones de jarabe de glucosa.

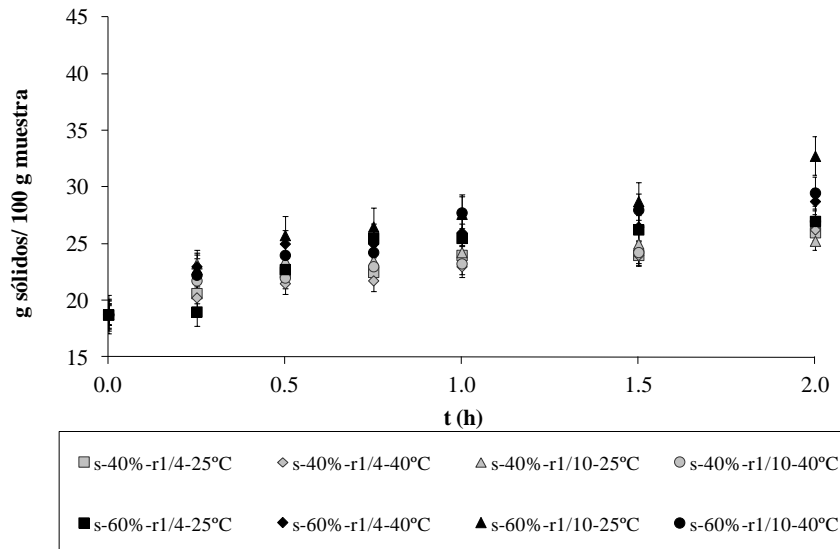


Figura 4. Contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas en soluciones de sorbitol. Para todas las condiciones experimentales, se observó un progresivo aumento en el contenido de sólidos solubles ($p < 0.0001$) en función del tiempo de proceso. Las muestras presentaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre los valores del contenido de sólidos solubles según el tipo de agente osmótico empleado, alcanzándose valores superiores cuando las ciruelas fueron sumergidos en solución de sorbitol (**Fig. 4**). Los valores medios para el contenido de sólidos solubles calculados a partir del Test de Duncan fueron de 22.22% y de 23.80% para las muestras osmodeshidratadas en soluciones

de jarabe de glucosa y sorbitol, respectivamente, para todas las condiciones de concentración, temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

El empleo de soluciones hipertónicas más concentradas permitió obtener productos finales con mayor contenido de sólidos solubles, siendo este efecto estadísticamente significativo ($p < 0.0001$). Siendo los valores medios para el contenido de sólidos solubles de 21.64% y 24.39% para las soluciones preparadas al 40 y al 60% p/p, respectivamente, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados. Este efecto fue más notable al utilizar jarabe de glucosa como agente deshidratante (**Fig. 3**).

Por otro lado, el aumento en la proporción de solución respecto de la muestra favoreció la incorporación de sólidos ($p = 0.0005$). El valor medio para los sólidos fue de 22.58% cuando se utilizó una relación fruta a solución 1/4 y 23.45% para la relación 1/10, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de concentración, temperatura y tiempos ensayados. Finalmente, el contenido de sólidos solubles fue independiente de la temperatura del baño térmico ($p = 0.7338$). Estos datos son coincidentes a los obtenidos por Ozen et al. (2002).

Cabe resaltar, que luego de los dieciséis tratamientos osmóticos distintos se obtuvieron productos con una humedad comprendida entre 61.74 y 74.49% dependiendo de las condiciones experimentales, por lo tanto esta metodología debe ir acompañada de otra técnica de conservación que permita alcanzar la humedad de seguridad del producto.

5. Conclusiones:

En la deshidratación osmótica de ciruelas D'Enté se produce una disminución de la humedad y un incremento del contenido de sólidos solubles en función del tiempo del tratamiento osmótico. Las muestras deshidratadas en solución de sorbitol al 60% p/p y con una relación fruta a jarabe de 1 a 10 presentaron menor humedad y mayor contenido de sólidos solubles, mientras que el incremento de la temperatura no incidió sobre las variables dependientes.

6. Bibliografía:

- AOAC (1980). *Official Methods of Analysis*. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Barbosa-Cánovas, G.V. and Vega-Mercado, H. (2000). *Deshidratación de Alimentos*, Zaragoza, España, Ed. ACRIBIA S.A.
- Castelló, M.L.; Fito, P.J. and Chiralt, A. (2010). Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *J. Food Engng.*, 97: 64-71.
- Chun, O.K. and Kim, D. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Res. Int.*, 37: 337-342.
- Correa, J.L.G.; Pereira, L.M.; Vieira, G.S. and Hubinger, M.D. (2010). Mass transfer kinetics of pulsed caccum osmotic dehydration of guavas. *J. Food Engng.*, 96: 498-504.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. and Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doymaz, I. (2004). Effect of dipping treatment on air drying of plums. *J. Food Engng.*, 64: 465-470.
- Falade, K.O. and Igbeka, J.C. (2007). Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Reviews Int.*, 23: 373-405.

- Fernandes, F.A.N.; Rodrigues, S.; Gaspareto, O.C.P. and Oliveira, E.L. (2006). Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *J. Food Engng.*, 77: 188-193.
- Franklin, M.; Bu, S.Y.; Lerner, M.R.; Lancaster, E.A.; Bellmer, D.; Marlow, D.; Lightfoot, S.A.; Arjmandi, B.H.; Brackett, D.J.; Lucas, E.A. and Smith, B.J. (2006). *Bone* 39: 1331-1342.
- Gallaher, C.M. and Gallaher, D.D. (2008). Dried Plums (prunes) reduce atherosclerosis lesion area in apolipoprotein E-deficient mice, *British. J. Nutrition*, 101: 233-239.
- Guerra, M. and Casquero, P.A. (2008). Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Tech.*, 47: 325-332.
- Lombard, G.E.; Oliveira, J.C.; Fito, P. and Andres, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *J. Food Engng.*, 85: 277-284.
- Ozen, B.F., Dock, L.L., Ozdemir, M. and Floros, J.D. (2002). Processing factors affecting the osmotic dehydration of diced green peppers. *International Journal of Food Science and Technology*, 37:497-502.
- Pereira, L.M.; Carmello-Guerreiro, S.M.; Bolini, H.M.A.; Cunha, R.L. and Hubinger, M.D. (2007). Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. *J. Sc. Food and Agric.*, 87: 1149-1156.
- Piirainen, L.; Peuhkuri, K.; Bäckström, K.; Korpela, R. and Salminen, S. (2007). Prune Juice Has a Mild Laxative Effect in Adults with Certain Gastrointestinal Symptoms. *Nutrition Res.*, 27: 511-513.
- Pino, J.A.; Panadés, G.; Fito, P.; Chiralt, A. and Ortega, A. (2008). Influence of osmotic dehydration on the volatile profile of guavas fruits. *J. Food Quality*, 31: 281-294.
- Ramallo, L. and Mascheroni, R.H. (2005). Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Tech.*, 48(5): 761-770.
- Rodríguez, M.M.; Arballo, R.; Campañone, L.; Cocconi, M.; Mascheroni, R.H. and Pagano, A.M. (2011). Herramientas matemáticas aplicadas en el estudio de la deshidratación osmótica de pelones. XVI EMCI Nacional, VIII EMCI Internacional, Olavarría, Bs. As.
- Torres, J.D.; Talens, P.; Escriche, I. and Chiralt, A. (2006). Influence process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *J. Food Engng.*, 74: 240-246.
- Vieira, G.S.; Pereira, L.M. and Hubinger, M.D. (2010). Optimization of osmotic dehydration process of guavas using experimental design and desirability function approach. 17th International Drying Symposium (IDS 2010), Magdeburg, Germany:

32TCA. APLICACIÓN PRECOSECHA DE QUITOSANO EN LECHUGA MANTECA: PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN

GOÑI, M.G.^{12*}, MOREIRA, M.R.¹² Y ROURA, S.I.¹²

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas Tecnológicas (CONICET)

*Juan B. Justo 4302, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel +54 223 4816600 Fax +54 223 481 0046 ggoni@fi.mdp.edu.ar

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un protocolo de aplicación de quitosano en plantas de lechuga manteca durante la precosecha, que permita reducir la carga microbiana al momento de la cosecha y controlar su crecimiento durante el almacenamiento postcosecha. A cosecha, la aplicación única de quitosano 14, 10 y 7 días previos a la cosecha resultó en recuentos significativamente menores en hongos y levaduras mientras que la monodosis de quitosano a 3 DPC resultó también en una reducción significativa de los recuentos de coliformes totales. La aplicación sucesiva de quitosano durante la precosecha redujo significativamente el número de microorganismos presentes al momento de la cosecha para todas las poblaciones estudiadas, excepto psicrófilas totales, con reducciones cercanas a los 2 log. Además, la aplicación sucesiva de quitosano durante la precosecha logró, una reducción significativa en los recuentos de mesófilas totales, hongos y levaduras y coliformes totales durante la postcosecha respecto a las plantas sin tratar. La aplicación de quitosano durante la precosecha se presenta como una tecnología viable para reducir el riesgo sanitario de la hortaliza desde el campo. El protocolo de intervención sugerido sería la aplicación sucesiva del biopreservante (5g/L de quitosano en ácido acético 1% m/v) durante la última etapa del desarrollo vegetativo de la planta (14+10+7+3 DPC+A COSECHA). Esta práctica, de fácil implementación tecnológica, presenta una alternativa viable para reducir en aprox. 2 log, las poblaciones microbianas presentes en lechuga a cosecha y el control antimicrobiano perdura durante los 5 días de almacenamiento postcosecha en temperaturas de refrigeración comercial (7 – 10 °C).

Palabras clave: calidad higiénica, invernadero, *mulching*, antimicrobianos, orgánico.

1. Introducción

En la última década, ha crecido la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), muchas de ellas asociadas al consumo de vegetales (Beuchat, 2002). Los consumidores actuales demandan menor cantidad de residuos químicos en los vegetales y además muchos microorganismos han desarrollado resistencia a los antimicrobianos comerciales (Tripathi y Shukla, 2007), estos factores justifican la necesidad de hallar nuevas estrategias tendientes a asegurar la calidad higiénico-sanitaria de la lechuga que llega al consumidor.

Dentro de los biopreservantes de bajo impacto ambiental el quitosano se presenta como una opción básica. Las propiedades antimicrobianas del quitosano durante la postcosecha han sido estudiadas en repetidas oportunidades (Devlieghere et al., 2004; Badaway y Rabea, 2009; Moreira et al., 2011; Ansorena et al., 2011). La acción antimicrobiana del quitosano se relacionaría con la capacidad que tiene de generar una respuesta defensiva en el tejido vegetal (Hernandez-Lauzardo et al., 2004; Liu et al., 2007). Los estudios

realizados con quitosano durante la precosecha son escasos y los resultados obtenidos son variados (Reddy et al, 2000; Meng et al., 2010) y sin estudios específicos en lechuga.

La presencia de patógenos en la lechuga es común, patógenos como *Escherichia coli* O157:H7 han sido aislados de lechuga y su ambiente (Solomon et al., 2002; Oliveira et al, 2010). Generalmente, cuanto más temprana es la contaminación con el patógeno, más difícil la descontaminación y en la lechuga existe una mayor probabilidad de que el patógeno se ancle firmemente o se internalice (Sapers, 2001) disminuyendo la eficiencia de las operaciones de desinfección durante la postcosecha (Allwood et al., 2004). El desarrollo de nuevas estrategias que aseguren la calidad higiénica de los vegetales exige que sus efectos sean medidos la precosecha y deben ser capaces de controlar los microorganismos durante la postcosecha.

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un protocolo de aplicación de quitosano en plantas de lechuga manteca durante el desarrollo (precosecha), que permita reducir la carga microbiana al momento de la cosecha y luego de 5 días de almacenamiento postcosecha.

3. Metodología

Las plantas de lechuga (*Lactuca sativa* var. *Lores*) utilizadas en el presente trabajo provienen del cinturón hortícola de la ciudad de Mar del Plata y fueron obtenidas bajo cubierta, en invernaderos con uso de cobertura plástica del suelo (*mulch*). Los diferentes tratamientos propuestos fueron: una única aplicación 14, 10, 7 ó 3 días previos a la cosecha (DPC), en aplicaciones sucesivas (14+10+7+3 DPC + A COSECHA) y al momento de cosecha. La solución de quitosano fue preparada disolviendo el quitosano (5 g /L) en una solución de ácido acético (1% M/V) con continua agitación a 23 °C, con un pH final de 4.4. Posteriormente se agregó un surfactante (Tween-80) a una concentración final de 0.05% (Meng et al., 2010) y glicerol manteniendo una relación glicerol/quitosano igual a 0.28 (Moreira et al., 2011). La solución resultante se aplicó mediante spray (aproximadamente 5 – 7 mL por planta).

Inmediatamente después de la cosecha manual, las lechugas fueron transportadas refrigeradas al laboratorio. Una vez en el laboratorio, se analizó el efecto de los diferentes momentos de intervención con quitosano sobre la calidad microbiológica de las plantas a cosecha y después de 5 días de almacenamiento refrigerado (7 – 10 °C) envasadas individualmente en bolsas de PEBD. Plantas provenientes del mismo invernadero pero sin tratamiento alguno fueron analizadas como muestras control.

Para las determinaciones microbiológicas, 10 g de lechuga fueron macerados en 90 mL de solución reguladora (PO₄K₃, pH 7.2) usando un homogeneizador (Stomacher 400 Circulator Homogenizer); a partir de dicho homogenato se prepararon diluciones seriadas. Las determinaciones microbianas realizadas fueron: recuentos de mesófilas totales (MT), psicrófilas totales (PT), hongos y levaduras (HYL) y coliformes totales (CT), expresados como Unidades Formadoras de Colonias por gramo de tejido fresco (UFC/g TF). Los recuentos de bacterias mesófilas totales y de bacterias psicrófilas totales fueron realizados en PCA (Plate Count Agar, Britania) incubados a 36 ± 1 °C por 48 h y a 6 ± 1 °C por 7 días, respectivamente. El recuento de hongos y levaduras se llevó a cabo en YGC agar (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol, Britania) incubando a 20 ± 1 °C durante 5 días. Los recuentos de coliformes totales se realizaron en agar Mc Conkey (Britania) incubando a 35 ± 1 °C por 48 h.

El diseño experimental utilizado corresponde a un diseño completamente aleatorizado y se realizaron dos repeticiones independientes. Para cada tratamiento, 5 plantas fueron tratadas

y luego 3 de ellas fueron analizadas. El análisis se realizó con el programa SAS 9.0 utilizando el PROC GLM (General Linear Model) para el análisis de la varianza y las comparaciones entre las medias; y el PROC UNIVARIATE para verificar los supuestos (normalidad y heterogeneidad de la varianza de los residuales).

4. Resultados y discusión

4.1. Calidad higiénica a cosecha

Los recuentos de las poblaciones microbianas presentes al momento de la cosecha se muestran en la Figura 1.

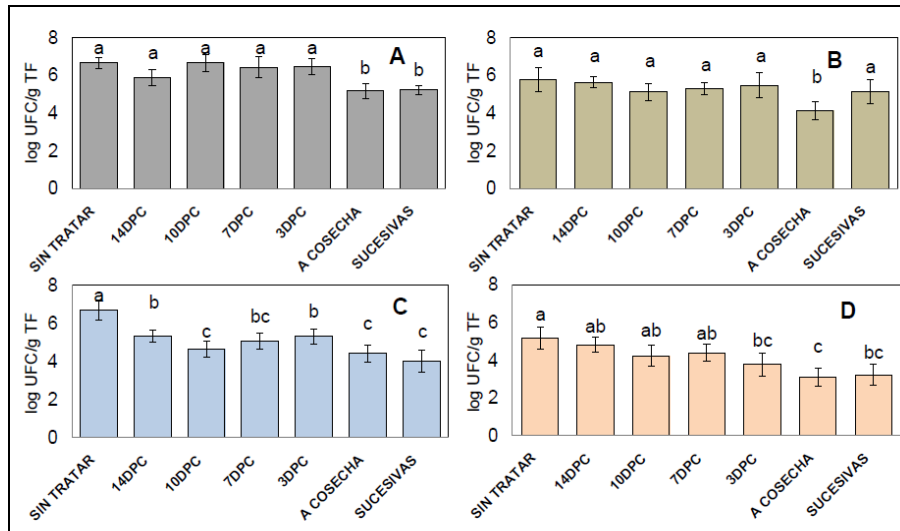


FIGURA 1: Recuentos de las poblaciones microbianas (log UFC/g TF) en lechuga manteca al momento de la cosecha A: mesófilas totales B: psicrófilas totales C: hongos y levaduras D: coliformes totales. Los valores presentados corresponden a la estimación de la media por el método de mínimos cuadrados y las barras corresponden a la desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) según el test de Tukey-Cramer.

La aplicación sucesiva de quitosano en lechuga manteca durante la precosecha redujo significativamente el número de microorganismos presentes al momento de la cosecha para todas las poblaciones estudiadas, excepto psicrófilas totales, comparados con las plantas control. El mayor efecto se observó en los recuentos de hongos y levaduras con reducciones de 2.68 log, seguido por coliformes totales (1.95 log) y por último mesófilas totales (1.42 log). La reducción significativa en el número de coliformes totales, como indicadores de calidad higiénico-sanitaria, determina una mejora en la calidad sanitaria del producto. Por su lado, la reducción en el recuento de hongos y levaduras, asociados en lechuga al deterioro postcosecha, indicaría un potencial incremento en la vida útil del producto.

La aplicación de la solución de quitosano solamente a cosecha resultó en reducciones significativas de todos los recuentos microbianos respecto del control, en este caso incluso de las bacterias psicrófilas (Figura 1, D). Las reducciones encontradas en las distintas poblaciones con la aplicación a cosecha fueron similares a las reducciones observadas para aplicaciones sucesivas.

El efecto de aplicar la solución de quitosano en monodosis a los 14, 10 ó 7 DPC fue dependiente del momento de aplicación y de la población microbiana bajo estudio. La aplicación única de quitosano 14, 10 y 7 DPC resultó en recuentos significativamente menores a los de las plantas control sólo para hongos y levaduras. Este resultado es

consistente con la fuerte acción antifúngica atribuida al quitosano en numerosos trabajos previos (El Ghouth et al., 1992; Roller and Cavill, 1999; Guo et al., 2006). La monodosis de quitosano 3 DPC resultó en una reducción significativa en los recuentos de hongos y levaduras (Figura 1, C) como también sobre los recuentos de coliformes totales (Figura 1, D).

El quitosano aplicado a lechuga manteca durante la precosecha, cultivada con *mulch* bajo cubierta, presentaría un importante efecto antifúngico, pero reducido efecto residual sobre las demás poblaciones microbianas. Esto puede subsanarse mediante la aplicación sucesiva de la solución de quitosano a cortos intervalos, incluyendo dicha práctica entre las rutinas de saneamiento.

4.2. Calidad higiénica postcosecha

La aplicación sucesiva de quitosano en lechuga manteca durante la precosecha logró una reducción significativa en los recuentos de mesófilas totales (2.35 log), hongos y levaduras (2.11 log) y coliformes totales (1.95 log) respecto a las plantas sin tratar (Figura 2). Sin embargo, no fue significativa la reducción en los recuentos de bacterias psicrófilas (0.67 log). Este resultado, en conjunto con el presentado para el momento de la cosecha, indica un beneficio resultante de la aplicación de quitosano en la calidad higiénico-sanitaria de la lechuga manteca. La aplicación sucesiva es fácil de implementar a campo ya que solo requiere el pulverizado de las plantas, y por ser una sustancia natural, no posee período de carencia y es fácilmente aceptada por los consumidores actuales (Zhang et al., 2007).

Al igual que al momento de cosecha, el mayor efecto de la aplicación del quitosano se observó sobre los recuentos de hongos y levaduras (Figura 2, C). La aplicación a cosecha, produjo mayores reducciones (2.55 log) respecto a las observadas sobre las otras poblaciones (1.70 log para mesófilas y 0.97 para psicrófilas). No se observaron diferencias significativas en los recuentos de coliformes totales (0.25 log), respecto del las plantas sin tratar (Figura 2, D).

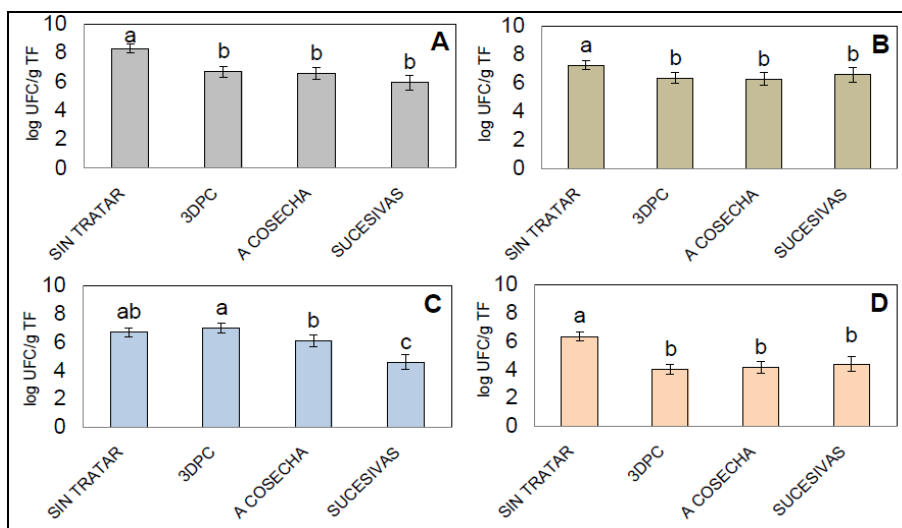


FIGURA 2: Recuentos de las poblaciones microbianas (log UFC/g TF) en lechuga manteca luego de 5 días de almacenamiento refrigerado (5°C) A: mesófilas totales B: psicrófilas totales C: hongos y levaduras D: coliformes totales. Los valores presentados corresponden a la estimación de la media por el método de mínimos cuadrados y las barras corresponden a la desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) según el test de Tukey-Cramer.

La aplicación de la solución 3 días previos a la cosecha sólo mostró reducciones en los recuentos de hongos y levaduras (2.66 log) y mesófilas (1.66 log); sin reducciones significativas de las poblaciones ensayadas, respecto del tratamiento control.

Es conocido que las operaciones de sanitizado en lechuga realizadas durante la postcosecha no son completamente efectivas; las irregularidades en la superficie de las hojas y la forma compacta de la cabeza podrían actuar como barrera protectora, disminuyendo el contacto con los sanitizantes. Este efecto se ve incrementado cuando la lechuga se corta para elaborar productos mínimamente procesados, ya que la liberación de fluidos celulares podría tener efectos antagónicos al efecto del sanitizante (Solomon et al., 2002). Por ello, la reducción después del almacenamiento en los recuentos de mesófilas totales y de coliformes totales debido a la aplicación de quitosano, durante la producción primaria de lechuga, representa una importante contribución a disminuir el riesgo sanitario asociado al consumo de este vegetal.

4.3. Protocolo de intervención

Si bien, el presente trabajo tiene como objeto evaluar la calidad higiénico-sanitaria y definir en base a lo observado, un protocolo de intervención, es necesario también tener en cuenta varios aspectos de calidad a la hora de determinar la efectividad o no de un tratamiento. A partir de los resultados obtenidos se puede presentar a la aplicación de quitosano durante la precosecha como una tecnología viable dado que la reducción significativa en los recuentos de hongos y levaduras observada permitiría inferir un incremento en la vida útil del producto, además de la reducción en el riesgo sanitario.

El protocolo de intervención sugerido sería la aplicación sucesiva del biopreservante (5g/L de quitosano en ácido acético 1% m/v) durante la última etapa del desarrollo vegetativo de la planta (14+10+7+3 DPC+A COSECHA). Esta práctica, de fácil implementación tecnológica, presenta una alternativa viable para reducir significativamente (aprox. 2 log) las poblaciones microbianas presentes en lechuga a cosecha y después de 5 días de almacenamiento postcosecha en temperaturas de refrigeración comercial (7 – 10 °C).

5. Conclusiones

La calidad microbiológica a cosecha indicó que la aplicación sucesiva de quitosano (14+10+7+3 DPC+A COSECHA) permitió reducir significativamente los recuentos de bacterias mesófilas, coliformes y hongos y levaduras en lechuga manteca proveniente de invernaderos con mulch. También se encontraron resultados altamente significativos por la aplicación única de quitosano a cosecha. Sin embargo, dicho efecto no se observó con la misma magnitud cuando la única aplicación de quitosano se hizo a los 14, 10 o 7 DPC, donde el efecto se limitó a los recuentos de hongos y levaduras.

La calidad microbiológica postcosecha (5 días de almacenamiento refrigerado) mostró que las plantas de lechuga tratadas sucesivamente con la solución de quitosano presentaron importantes reducciones en los recuentos de mesófilas totales, coliformes totales y hongos y levaduras. Al tratar las plantas a la cosecha y 3 días previos a la cosecha se observaron reducciones significativas en mesófilas totales y en hongos y levaduras, sin diferencias importantes en los recuentos de coliformes totales.

La aplicación sucesiva de quitosano (5 g/L en ácido acético 1%) en las etapas finales del desarrollo de la lechuga manteca de invernadero *mulch* (14+10+7+3 DPC + A COSECHA) presenta una alternativa viable y de fácil implementación, para la reducción de los microorganismos potencialmente peligrosos para la salud y los alterantes (potenciales causantes de la reducción en la vida útil).

6. Referencias

- Allwood, P.B.; Malik, Y.S.; Hedberg, C.W.; Goyal, S.M. (2004). Effect of temperature and sanitizers on the survival of feline calicivirus, *Escherichia coli*, and F-specific coliphage MS2 on leafy salad vegetables. *Journal of Food Protection*, 67:1451-1456.
- Ansorena, M.R.; Marcovich; N.E.; Roura, S.I. (2011). Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea L.*) during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 59:53–63.
- Badawy, M.E.I., Rabea, E.I. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 51:110–117.
- Beuchat, L.R. (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection*, 4: 413–423
- Devlieghere, F.; Vermeulen, A.; Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21:703–714.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A., Benhamou, N. 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*, 96: 769-779.
- Guo, Z., Chen, R., Xing, R., Liu, S., Yu, H., Wang, P., Lia, C., Li, P. 2006. Novel derivatives of chitosan and their antifungal activities in vitro. *Carbohydrate Research*, 341:351–354.
- Hernandez-Lauzardo, A., Bautista-Baños, S., Velázquez-del Valle, M., Rodríguez-Ambrís, S., Corona-Rangel, M., Solano-Navarro, A. (2005). Potencial del Quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23:198-205.
- Liu, J., Tian, S., Meng, X.; Xua, Y. (2007). Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44:300–306.
- Meng, X.H.; Qin, G.; Tian, S.P. (2010). Influences of preharvest spraying *Cryptococcus laurentii* combined with postharvest chitosan coating on postharvest diseases and quality of tablegrapes in storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43:596–601.
- Moreira, M.R.; Pereda, M.; Marcovich, N.E.; Roura, S.I. (2011). Antimicrobial effectiveness of bioactive packaging materials from edible chitosan and casein polymers: assessment on carrot, cheese, and salami. *Journal of Food Science*, 76:M54-M63.
- Oliveira, M.; Usall, J.; Viñas, I.; Anguera, M.; Gatiús, F.; Abadías, M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology*, 27:679-684.
- Reddy, B.M.V., Bolkacomi, K., Corcuff, R., Castaigne, F.; Arul, J. (2000). Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 20:39-51.
- Roller, S., Covill, N. 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple Juice. *International Journal of Food Microbiology*, 47:67–77.
- Sapers, A. (2001). Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. *Food Technology and Biotechnology*, 39:305-311.
- Solomon, E.B., Yaron, S.; Matthews, K.R. (2002). Transmission of *Escherichia coli O157:H7* from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Applied and Environmental Microbiology*, 68:397-400.
- Tripathi, P.; Shukla, A.K. (2007). Emerging Non-Conventional Technologies for Control of Post Harvest Diseases of Perishables. *Fresh Produce*, 1:111-120.
- Zhang, H., Zheng, X.D.; Yu, T. (2007). Biological control of postharvest diseases of peach with *Cryptococcus laurentii*. *Food Control*, 18:287–291.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica/FONCyT, la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP).

33TCA. QUITOSANO COMO TRATAMIENTO DECONTAMINANTE DE SEMILLAS DE LECHUGA MANTECA SIN AFECTAR EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

GOÑI, M.G.^{1,2}, TOMADONI, B.^{1,3}, MOREIRA, M.R.^{1,2}, ROURA, S.^{1,2}

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. ² Consejo Nacional de Investigaciones Científico Tecnológicas (CONICET) ³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

*Juan B. Justo 4302, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel +54 223 4816600 Fax +54 223 481 0046
ggoni@fi.mdp.edu.ar

Resumen: Con el incremento en el consumo de vegetales frescos se incrementa también la incidencia de las ETAs. Los microorganismos patógenos pueden introducirse en los vegetales tempranamente a través de la semilla. Por ello se presenta como una práctica de manejo válida, la decontaminación de las semillas, como una estrategia de intervención temprana. El quitosano, disuelto en ácidos orgánicos, ha mostrado el elevado potencial como biopreservante durante la postcosecha de lechuga. En el presente trabajo se propone evaluar el efecto de dos ácidos orgánicos (acético y láctico) como disolventes del quitosano utilizado como solución decontaminante de semillas de lechuga manteca, evaluando su efecto sobre la germinación y sobre la microflora nativa. Para ello se utilizaron diferentes soluciones decontaminantes: 5 g/L quitosano en ácido acético 1% m/v y 5 g/L quitosano en ácido láctico al 0.7% v/v. Los controles propuestos fueron: semillas sin tratar, solución de ácido láctico al 0.7% v/v y solución de ácido acético 1% m/v). Luego del lavado de las semillas se determinó el porcentaje de germinación (7 días, 20 ° C, 8 h fotoperíodo), la biomasa de las plántulas (masa y longitud de las plántulas) y el efecto del lavado sobre la microflora nativa (mesófilas totales, coliformes totales y hongos y levaduras).

Se encontró que el porcentaje de germinación de las semillas de lechuga disminuye significativamente al utilizar ácido acético al 1% respecto de las semillas sin tratar. En cambio, el uso de ácido láctico 0.7% v/v no produjo reducciones significativas en el porcentaje de germinación de las semillas tratadas respecto de las control. Esta disminución en la germinación de las semillas de lechuga manteca inhabilitaría al ácido acético como disolvente del quitosano en las soluciones decontaminantes pensando en la posible aplicación comercial del mismo. El uso de ácido láctico no produjo cambios en la biomasa de las plántulas durante la germinación por lo que se puede considerar al ácido láctico como una alternativa válida al uso de ácido acético. La solución decontaminante de quitosano disuelto en ácido láctico 0.7%v/v resultó efectiva sobre todas las poblaciones microbianas en estudio, con reducciones cercanas a los 2 log.

Palabras clave: ácido láctico, calidad sanitaria, germinación.

1. Introducción

Las nuevas tendencias alimenticias incentivan el consumo de vegetales de hoja, ricos en nutrientes y bajos en calorías. Entre ellos la lechuga ocupa un lugar privilegiado. Con el

incremento en el consumo de vegetales frescos se incrementa también la incidencia de las enfermedades transmitidas por alimentos. Cuanto más temprano el patógeno se pone en contacto con el cultivo, mayor es el daño potencial. Una de las maneras en la cual los patógenos se introducen en los vegetales es a través de la semilla (Tuttle McGrath, 2005). Reconocer el rol potencial que juegan las semillas en la diseminación de las enfermedades es fundamental (Elmer, 2001). Una de las primeras estrategias a utilizar para el control de cualquier enfermedad es eliminar o reducir la cantidad de microorganismos patógenos capaces de iniciar la enfermedad. Por lo tanto, el uso de semillas libres de enfermedades es una de las prácticas de manejo más importantes (Tuttle McGrath, 2005).

Existe una tendencia a reducir el uso de químicos y reemplazarlos por sustancias naturales con características antimicrobianas (Allende *et al.*, 2008). El quitosano es particularmente prometedor en alimentos debido a su biocompatibilidad, baja toxicidad y actividad antimicrobiana (Campaniello *et al.*, 2008). Soluciones de quitosano han sido utilizadas para mantener la calidad postcosecha de vegetales (Devlieghere *et al.*, 2004; Campaniello *et al.*, 2008; Ansorena *et al.*, 2011; Moreira *et al.*, 2011) con resultados positivos. Muchos estudios han mostrado el elevado potencial del quitosano como preservante, sin embargo trasladar estos resultados a la práctica requiere la optimización para cada cultivo particular (Campaniello *et al.*, 2008). El quitosano es un biopolímero natural obtenido del exoesqueleto de los crustáceos. Su naturaleza policatiónica ha sido asociada con su actividad antifúngica y antibacteriana (Liu *et al.*, 2006). Su elevado peso molecular ha limitado sus aplicaciones prácticas debido a su insolubilidad a pH mayor a 6.3 (Fernandes *et al.*, 2008). Las bacterias presentes en las diferentes etapas de desarrollo de la planta de lechuga pueden tener sensibilidades diferentes al quitosano, por lo que se requiere mayor investigación.

Al tratar semillas de vegetales es crítico determinar un protocolo de acción detallado ya que las mismas pueden dañarse por el tratamiento y/o el patógeno puede no ser completamente eliminado. Por lo tanto, es recomendado que una pequeña muestra de semillas sea tratada y se evalúe la germinación antes de implementar el tratamiento a campo. En la mayoría de los trabajos publicados referidos al quitosano se utiliza como solvente el ácido acético (Ansorena *et al.*, 2011; Moreira *et al.*, 2011). Sin embargo, como es sabido, el ácido acético tiene actividad antimicrobiana, lo que no debe ser ignorado al momento de evaluar la actividad antimicrobiana del quitosano (Liu *et al.*, 2006).

2. Objetivo

Por tal motivo, se propone como objetivo en el presente trabajo evaluar el efecto de dos ácidos orgánicos (acético y láctico) como disolvente alternativo del quitosano utilizado como solución decontaminante de semillas de lechuga manteca, evaluando su efecto sobre la germinación y sobre la microflora nativa.

3. Metodología

Se utilizaron para el presente ensayo semillas de lechuga manteca (*Lactuca sativa var Lores*). Las semillas fueron lavadas con las soluciones decontaminantes, manteniendo una relación de 200 semillas cada 20 mL de solución, durante 10 minutos con agitación (100 rpm) en un shaker orbital. Las soluciones decontaminantes utilizadas fueron: 5 g/L quitosano en ácido acético 1% m/v y 5 g/L quitosano en ácido láctico al 0.7% v/v. Los controles propuestos fueron: semillas sin tratar, solución de ácido láctico al 0.7% v/v y solución de ácido acético 1% m/v). Finalizado el lavado, 50 semillas de cada tratamiento fueron secadas en papel tissue y colocadas en bandejas plásticas de 150 mm x 10 mm, con

papel absorbente embebido en agua destilada (15 mL) y cubiertas con film plástico que evite la deshidratación.

La germinación de las semillas se determinó de acuerdo a la prueba de germinación estándar para la lechuga, al contar las semillas germinadas a los siete días de germinación en una cámara a 20°C y con 8 horas de fotoperíodo (ISTA, 1999; Contreras et al., 2008). A los 2 y a los 7 días de germinación, para determinar la biomasa, se pesaron 50 plántulas de cada tratamiento en una balanza analítica con una resolución de 0.001 g. Al día 7 de germinación, también fue medida la longitud de 50 plántulas con un calibre.

Se prepararon tubos con 6 mL de caldo cerebro corazón (CCC) en buffer 6 (Na₂HPO₄ – NaH₂PO₄) estéril, en los que se agregaron, según corresponda, 3 ml de ácido láctico 0.7% v/v, 3ml de solución de quitosano (5 g/L en ácido láctico al 0.7% v/v) o 3 ml de agua. La acidez del medio fue ajustada a pH=5.6 con una solución de NaOH 0.7M. En cada caso se agregó 1 ml de inóculo de microflora nativa de lechuga manteca. Este inóculo fue preparado macerando 10 g de lechuga manteca en 90 ml solución estéril de agua peptonada al 0.1%, homogeneizando e incubando 24 h a 35 ± 1°C. La evolución de la microflora en presencia del biopreservante se determinó midiendo la densidad óptica del medio a 610 nm de longitud de onda a las 0, 24 y 48 h, en un espectrofotómetro UV-visible.

Para las determinaciones microbiológicas, 50 semillas tratadas fueron maceradas en 10 mL de solución estéril de agua peptonada al 0.1% y homogeneizados por vigorosa agitación durante 1 minuto. A partir de dicho homogenato se prepararon diluciones seriadas. La enumeración y diferenciación de las poblaciones microbianas presentes se realizó según las siguientes técnicas: recuentos de bacterias mesófilas totales en *agar plate count* (PCA) incubadas a 35 ± 1°C por 48 ± 3 h; *Enterobacteriaceae* y coliformes totales en agar Mc Conkey incubando a 35-37°C por 24-48 h y hongos y levaduras en el medio Yeast-glucose-chloranphenicol (YGC) a 25°C por 5 días. Los resultados se expresaron como log UFC/ 50 semillas.

El análisis de la varianza (ANOVA) se realizó mediante el procedimiento PROC GLM (*General Lineal Model*) y los supuestos de normalidad fueron verificados con el PROC UNIVARIATE del programa SAS 9.0. Los valores informados en este trabajo corresponden a los estimadores de la media por el método de los mínimos cuadrados y su desviación estándar. Cuando se encontraron diferencias significativas se usó el test de Tukey-Kramer para las comparaciones múltiples entre las medias, considerando significativas las diferencias cuando $p < 0.05$ (Kuehl, 2001).

4. Resultados y discusión

A pesar de la importancia que la producción de alta calidad de semilla tiene para la agricultura en general, y para la horticultura en particular, los mecanismos mediante los cuales se controla la germinación de las semillas es aún poco conocido (Contreras et al., 2008). La germinación se define como la aparición y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales que son indicativas de la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (ISTA, 1999). Se expresa como el porcentaje de semillas puras que produce plántulas normales.

La estructura de la molécula de quitosano requiere un medio protonado para su solubilización y en los diferentes estudios realizados con quitosano es común el uso de soluciones de ácido acético como disolvente (No et al., 2007). En el presente estudio se encontró que el porcentaje de germinación de las semillas de lechuga disminuye significativamente (35%) al utilizar ácido acético al 1% (Tabla 1) respecto de las semillas sin tratar. En cambio, el uso de ácido láctico 0.7% v/v no produjo reducciones significativas en el porcentaje de germinación de las semillas tratadas respecto de las control (Tabla 1). La fuerza ácida de ambos ácidos es similar (Figura 1) y es suficiente

para crear el medio ácido que requiere el quitosano para solubilizarse. Sin embargo, la geometría molecular más compleja del ácido láctico respecto del ácido acético (Figura 1) podría resultar en menor permeabilidad del compuesto a través de las membranas de la semilla, disminuyendo así el efecto adverso sobre la germinación que sí fue observado en el ácido acético.

Esta disminución en la germinación de las semillas de lechuga manteca inhabilitaría al ácido acético como disolvente del quitosano en las soluciones decontaminantes pensando en la posible aplicación comercial del mismo. Las semillas de hortalizas son caras por lo que el productor espera un porcentaje de *stand* elevado (superior al 90%).

El uso de ácido láctico como disolvente no produjo cambios en la biomasa de las plántulas durante la germinación. El peso medio de 50 semillas tratadas con las soluciones decontaminantes (0.313 g y 1.121 g, después de 2 y 7 días de germinación, respectivamente) no presentó diferencias significativas respecto de las semillas sin tratar (Tabla 2). Para la longitud media de las plántulas sí se observaron diferencias significativas siendo las plántulas tratadas con ácido láctico 0.7 % v/v las de menor longitud (Tabla 2) con una disminución del 3.7%.

La medición de la biomasa, intenta una estimación del rendimiento de las plantas al momento de cosecha, factor determinante desde el punto de vista del productor al momento de adoptar nueva tecnologías o prácticas de manejo. Es conocido que para obtener plantas de buen tamaño y con vigor es necesario que las semillas, las plántulas y los plantines estén desarrollados correctamente y libres de enfermedades (Contreras *et al.*, 2008). Más estudios son necesarios, pero en una primera aproximación se puede considerar al ácido láctico como una alternativa válida al uso de ácido acético, como disolvente del quitosano.

La actividad antimicrobiana *in vitro* del quitosano, ahora disuelto en ácido láctico 0.7% v/v, se presenta en la Tabla 3. Se observó una inhibición casi completa del crecimiento de la microflora nativa de lechuga manteca, tanto a las 24 h como a las 48 h (Tabla 3) siempre respecto del valor inicial de absorbancia. Los resultados presentados corresponden al valor medio de tres replicas independientes. A partir de estos resultados se puede inferir que el quitosano conserva su actividad antimicrobiana cuando se disuelve en ácido láctico 0.7 % v/v. El ácido láctico solo también presentó actividad antimicrobiana con una inhibición completa del crecimiento microbiano, lo que era de esperarse por tratarse de un ácido orgánico frecuentemente utilizado como biopreservante (Lin *et al.*, 2002, Parish *et al.*, 2003). Sin embargo, la actividad *in vivo* de ambas soluciones podría presentar resultados diferentes.

En los estudios *in vivo* sobre semillas tratadas se demostró que la solución decontaminante de quitosano disuelto en ácido láctico 0.7% v/v resultó efectiva sobre todas las poblaciones microbianas en estudio (Figura 2). Las poblaciones microbianas más afectadas por el lavado con la solución de quitosano fueron las bacterias mesófilas totales (RMT) y los hongos y levaduras (HYL) con reducciones cercanas a los 2 log en ambos casos. Para estas poblaciones, las reducciones observadas en los recuentos de las semillas lavadas con el ácido láctico no fueron significativas respecto de las semillas sin tratar. En los recuentos de coliformes totales (RCT) la reducción observada fue significativa, tanto para láctico como para quitosano. Sin embargo, la reducción en los RCT fue superior para las semillas tratadas con quitosano en láctico, indicando un efecto adicional debido a la presencia de grupos funcionales con propiedades antimicrobianas en el polímero.

TABLA 1: Efecto del lavado con biopreservantes (200 semillas, 20 mL solución, 10 min, 100 rpm) sobre el porcentaje de germinación de semillas de lechuga manteca (7 días, 20 – 22 °C, 8 h de fotoperíodo). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el método de Kramer-Tuckey.

Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)
<i>sin tratar</i>	98.00 ^a ± 1.41
<i>ácido acético 1% m/v</i>	58.25 ^b ± 1.26
<i>quitosano en acético</i>	68.50 ^c ± 1.57
<i>ácido láctico 0.7% v/v</i>	97.75 ^a ± 1.26
<i>quitosano en láctico</i>	95.75 ^a ± 1.71

FIGURA 1: Molécula de ácido láctico y de ácido acético y sus constantes ácidas (como pK) y masas moleculares relativas (Mr).

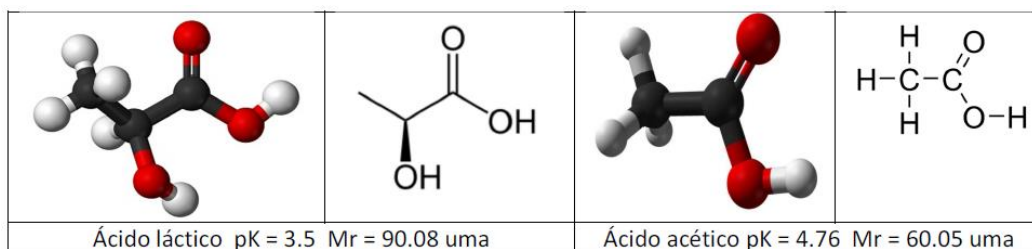


TABLA 2: Parámetros de biomasa de semillas de lechuga manteca durante la germinación, 2 días y 7 días (20 °C, 8 h de fotoperíodo).

Tratamiento	Peso medio de 50 plántulas (g)		Longitud media por plántula (mm)
	DÍA 2	DÍA 7	DÍA 7
<i>sin tratar</i>	0.308 ^a ± 0.023	1.102 ^a ± 0.429	518 ^a ± 3
<i>ac.láctico 0.7% v/v</i>	0.313 ^a ± 0.016	1.142 ^a ± 0.371	500 ^b ± 6
<i>quitosano en ac.láctico 0.7% v/v</i>	0.317 ^a ± 0.028	1.118 ^a ± 0.358	519 ^a ± 4
	p=0.6076	p=0.9512	p=0.0077

TABLA 3: Efecto in vitro de las soluciones decontaminantes sobre la evolución de la microflora nativa de lechuga manteca, evaluado mediante la variación de la densidad óptica (medida a 610 nm de longitud). Tratamientos: control (agua destilada estéril), ácido láctico 0.7% v/v y 5 g/L quitosano disuelto en ácido láctico 0.7 %v/v. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05) según el método de Kramer-Tuckey.

Tratamiento	Tiempo de incubación	
	24 h	48 h
<i>microflora nativa lechuga + agua</i>	1.199 ^a	1.325 ^a
<i>microflora nativa lechuga +ac. láctico</i>	0.029 ^b	-0.003 ^b
<i>microflora nativa lechuga + quitosano</i>	0.002 ^b	-0.005 ^b

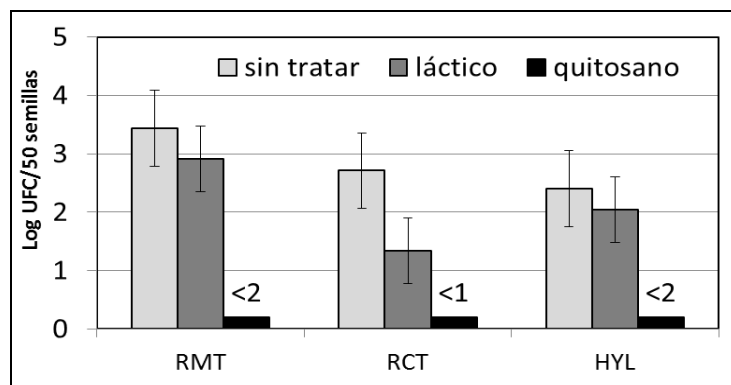


FIGURA 2: Recuentos microbiológicos (Log UFC/ 50 semillas) en semillas de lechuga manteca después del lavado con las soluciones biopreservantes (200 semillas, 20 mL solución, 10 min, 100 rpm). RMT: recuentos bacterias mesófilas totales, RCT: recuentos de bacterias coliformes totales; HYL: recuentos de hongos y levaduras. Los valores presentados corresponde a la media y su desviación estándar. El límite de detección para RMT y HYL fue 2 log y para RCT fue 1 log.

5. Conclusiones

El lavado con una solución de quitosano 5g/L (en ácido láctico 0.7% v/v) redujo sustancialmente la cantidad de microorganismos presentes en las semillas, sin efectos significativos en el porcentaje de germinación o en la biomasa de las plántulas luego de 2 y 7 días de germinación en condiciones óptimas. Esto representa una característica deseable dado que puede utilizarse como alternativa a las soluciones decontaminantes comerciales, cuyo origen suele no ser natural.

6. Referencias

- Allende, A., Selma, M.V., López-Gálvez, F., Villaescusa, R., Gil, M.I. (2008). Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 49:155–163.
- Ansorena, R., Marcovich, N., Roura S.I. (2011). Impact of edible coatings and heat mild shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea L*) during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 59:53–63.
- Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., Corbo., M.R. (2008). Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberry. *Food Microbiology*, 25:992-1000.
- Contreras, S., Bennett, M.A., Metzger, J.D., Tay, D. (2008). Maternal light environment during seed development affects lettuce seed weight, germinability and storability. *HortScience*, 43:845-852.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21:703–714.
- Elmer, W. (2001). Seed as vehicles for pathogen importation. *Biological Invasions*. 3:263-271.
- Fernandes, J.C., Tavaría, F.K., Soares, J.C., Ramos, O.S., Monteiro, M.J. (2008). Antimicrobial effects of chitosans and chitoooligosaccharides, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food Microbiology*, 25:922-928.
- ISTA; International Seed Testing Association. (1999). International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 27 (Suppl.), 333 pp.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de Experimentos* 2da ed. Thompson Learning Intl. 666 p.

- Lin, C-M; Moon, S.S.; Doyle, M.P.; McWatters, K.H. (2002). Inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella enterica Serotype Enteritidis, and Listeria monocytogenes on Lettuce by Hydrogen Peroxide and Lactic Acid and by Hydrogen Peroxide with Mild Heat. Journal of Food Protection, 65:1215-1220.
- Liu, N., Chen, X., Park, H., Liu, C.G., Liu, C.S., Meng, X., Yu, L. (2006). Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of Escherichia coli. Carbohydrate Polymers, 64:60-65.
- Moreira, M.R., Roura, S.I., Ponce, A. (2011). Effectiveness of Chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. LWT - Food Science and Technology, 44: 2335-2341.
- No, H.K.; Meyers, S.P.; Prinyawiwatkul, W.; Xu, Z. (2007). Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review. Journal of Food Science, 72:R87-R100.
- Parish, M.E.; Beuchat, L.R.; Suslow, T.V.; Harris, L.J.; Garrett, E.H.; Farber, J.N.; Busta, F.F. (2003). Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2: 161-173.
- Tuttle McGrath, M. (2005). Treatment for managing bacterial pathogens in vegetable seed. Vegetable MD Online, Cornell University.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica/FONCyT, la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP).

34TCA. LA MACERACIÓN PREFERMENTATIVA EN FRÍO. UNA ALTERNATIVA PARA OBTENER VINOS CON MAYOR COLOR EN LA VARIEDAD BONARDA

HIDALGO A.¹, MERCADO L.¹, LÓPEZ M.¹, ANTONIOLLI. A.¹, CORTI E.², NAVARRO A.¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500 - Chacras de Coria. C.P.5505 .² Escuela Vitivinícola “Don Bosco” – Ruta Prov. 50 s/n - Rodeo del Medio – Mendoza. ahidalgo@fca.uncu.edu.ar

Resumen: Los compuestos polifenólicos de las uvas tintas, en particular antocianos y taninos, son importantes por su impacto sobre el color de los vinos y sus características. El conocimiento de la riqueza polifenólica de la uva permite controlar mejor la vinificación, empleando diferentes tecnologías y definiendo las condiciones de la maceración. La maceración prefermentativa en frío (MPF) consiste en alargar la fase prefermentativa de la maceración, mediante la aplicación de frío para obtener vinos con mayor color y cuerpo y dotados de aromas más intensos. La variedad Bonarda, segunda variedad tinta en superficie implantada en Mendoza, presenta características diferenciales respecto a otros varietales tintos, su ciclo largo conduce a la obtención de uvas con baja concentración de azúcares, de modo que no alcanza la madurez óptima, pudiendo la MPF aportar una alternativa viable y útil que optimice la extracción de antocianos y permita valorizar estos vinos. El presente trabajo tuvo como objetivo comparar la extractabilidad de los compuestos fenólicos de las uvas al vino durante un proceso de maceración en frío (MPF) y un proceso de maceración tradicional (MC) y evaluar las características organolépticas de los vinos obtenidos. Se muestrearon viñedos de las zonas de Luján de Cuyo y Tupungato y se establecieron tres condiciones de madurez correspondientes a 20, 21 y 22 °Brix. Se realizaron microvinificaciones con dos alternativas de maceración, MC y MPF. Se analizaron los compuestos polifenólicos durante la fermentación y en los vinos obtenidos. De las dos zonas de estudio, los valores más altos en la concentración de antocianos se apreciaron en la zona de Tupungato. En Luján la MC permitió obtener vinos con altos contenidos de antocianos para los tres momentos de cosecha. La MPF dio mejores resultados en vinos cuando la uva estuvo sobremadura. La maceración prefermentativa en frío se plantea como una estrategia en la bodega para incrementar la extracción de antocianos en uvas, conduciendo a la producción de vinos con mayor contenido polifenólico.

1. Introducción

Los compuestos polifenólicos de las uvas tintas, en particular antocianos y taninos, son importantes por su impacto sobre el color de los vinos, sus características gustativas y su comportamiento durante crianza (Sacchi et al. 2005). El conocimiento de la riqueza polifenólica de la uva y de la extractabilidad de estos compuestos permite controlar mejor la vinificación, empleando diferentes tecnologías y definiendo las condiciones de la maceración (González-Neves et al., 2010). En función de esta influencia de los compuestos polifenólicos sobre la calidad del vino tinto, muchas técnicas de vinificación han sido desarrolladas para influir en la extracción de los mismos.

Una de las metodologías propuestas es la MPF que consiste en una maceración previa a la fermentación alcohólica conducida a baja temperatura y en ausencia de alcohol, durante un tiempo tal que permita la difusión selectiva de compuestos hidrosolubles, pigmentos, aromas, polisacáridos, taninos, etc. (Casassa, 2008). Aún cuando la MPF incrementa la

extracción de antocianos, este efecto puede no impactar sobre el color del vino en un tiempo posterior, debido a que aparentemente no se incrementa con esta metodología la formación de pigmentos poliméricos, necesarios para un impacto del color a largo plazo (Sacchi et al. 2005). Por otro lado, las condiciones en las cuales se realice la MPF determinará la posibilidad de alteraciones a nivel microbiológico (Llaundy et al. 2005), dado que el mosto es dejado a baja temperatura sin iniciarse la fermentación alcohólica, pero estas temperaturas no son en extremo restrictivas y se puede favorecer el desarrollo de levaduras y otros microorganismos diferentes a los deseados.

La variedad Bonarda, segunda variedad tinta en superficie implantada en Mendoza, presenta características diferenciales respecto a otros varietales tintos (Gonzalez et al. 2009), su ciclo largo conduce a la obtención de uvas con baja concentración de azúcares, en términos comparativos, de modo que puede considerarse que la uva no alcanza madurez óptima, pudiendo la MPF aportar una alternativa viable y útil que optimice la extracción de antocianos y permita valorizar estos vinos.

El presente estudio se realizó para contribuir al conocimiento científico relativa a la composición química de uvas, mostos y vinos, aportando información útil al productor vitícola y enológico de Mendoza, que le permita conocer su producto y lograr la valoración cualitativa y económica del mismo.

2. Objetivos

- ✓ Evaluar el contenido de los compuestos fenólicos durante la maduración de la variedad Bonarda.
- ✓ Determinar la extractabilidad de los compuestos fenólicos de las uvas al vino en función del momento de cosecha.
- ✓ Comparar la extractabilidad de los compuestos fenólicos de la uva al vino durante un proceso de maceración en frío y un proceso de maceración tradicional o clásica.
- ✓ Evaluar las características organolépticas en los vinos obtenidos a partir de las diferentes estrategias de maceración.

3. Materiales y métodos

Se evaluaron uvas (*Vitis vinífera*) de la variedad Bonarda. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado semanal de bayas, desde principios de febrero hasta fines de abril en viñedos ubicados en la zona de Luján de Cuyo y Tupungato (Mendoza).

De cada muestra se seleccionó al azar 400 bayas que se molieron con una procesadora manual de 400 W. Sobre el mosto resultante se determinó polifenoles totales, antocianos totales y extraíbles (Método de Glorie-Austín 1993) y análisis fisicoquímicos (sólidos solubles, acidez total, pH). Las restantes bayas se emplearon para establecer relaciones de masa entre hollejo, semilla y pulpa.

Se establecieron tres momentos de cosecha con diferentes condiciones de madurez (20°, 22° y 24° Brix) y se realizaron microvinificaciones. La molienda se realizó en moledora Della Tóffola-NDC8. Finalizada la misma se procedió a la dosificación de SO₂ (5g/qq) y corrección de acidez total a 5,5 g/L.

Se llevaron a cabo dos tratamientos de maceración. El primero con MPF en el cual el mosto sulfitado se depositó en cámara de frío a 5°C durante 7 días. Transcurrido dicho tiempo se realizó la inoculación con Levaduras Secas Activas (LSA) en dosis de 20g/hL y se continuó con la fermentación a temperatura controlada de 25°C.

El segundo tratamiento fue con MC, en el cual al mosto sulfitado se inoculó la LSA en la misma dosis que el primer tratamiento y se llevó el proceso fermentativo a temperatura controlada de 25°C ($\pm 3^\circ\text{C}$).

Durante toda la etapa fermentativa se realizaron dos remontajes abiertos a diario y se llevó a cabo un seguimiento desde el momento de la molienda, una vez por día, hasta finalizar la fermentación, de antocianos, taninos, polifenoles totales y color.

Los vinos obtenidos se analizaron en el momento de descube y luego de la etapa de estabilización en el momento de fraccionamiento, incluyéndose determinación del contenido de antocianos, taninos, IPT y evaluación sensorial.

4. Resultados

4.1- Contenido de antocianos en uvas

De las dos zonas de estudio, los valores más altos en la concentración de antocianos se apreciaron en la zona de Tupungato.

En la Fig.1 se observa que el valor máximo alcanzado para esta zona fue de 1447,6 mg/L, coincidiendo con la 1° fecha de cosecha (19,6°Brix), posteriormente, los antocianos disminuyeron gradualmente.

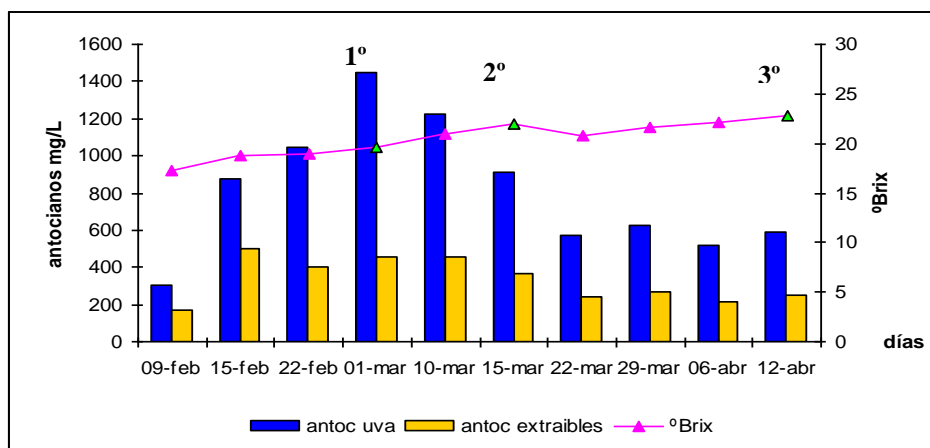


FIG. 1: Evolución del contenido de antocianos en uvas y °Brix en la zona de Tupungato. 1° 2° y 3°: corresponden a momentos de cosecha.

En la zona de Luján, el contenido máximo de antocianos fue de 1017,71 mg/L y se observó (Fig. 2) una semana después de la 1° fecha de cosecha (21,8°Brix).

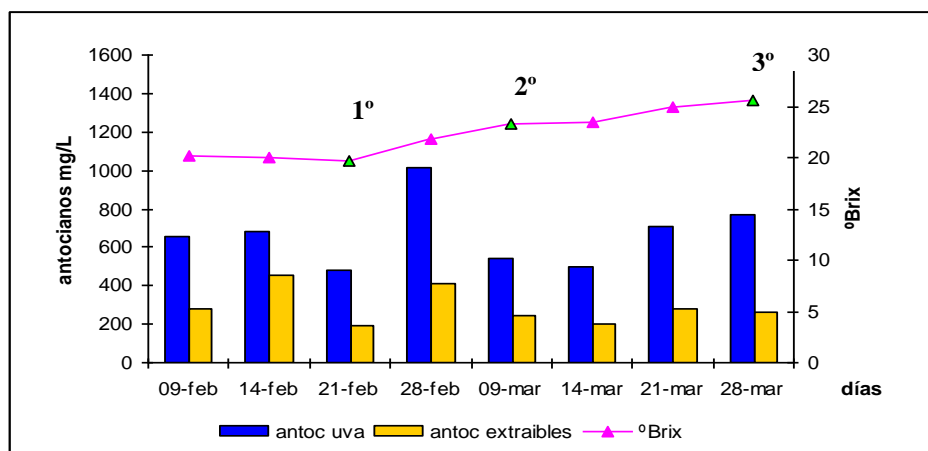


FIG. 2: Evolución del contenido de antocianos en uvas y °Brix en la zona de Luján de Cuyo. 1° 2° y 3°: corresponden a momentos de cosecha.

4.2- Evolución de antocianos en los tratamientos con MPF y MC

En las Fig. 3 y 4 se puede observar que la evolución en el contenido de antocianos durante la fermentación tuvo un aumento paulatino desde el comienzo de la MPF hasta que se realizó el descube en las dos zonas de estudio. En la fermentación con MC, este aumento fue muy marcado en los primeros 4 días y luego tiende a mantenerse, y en algunos casos disminuir como en Luján para los tres momentos de cosecha y en el caso de Tupungato en la 2° y 3° cosecha.

En la zona de Luján (Fig. 3), los valores máximos de antocianos con la fermentación con MPF se dan en la 1° y 2° cosecha, pero estos valores no se corresponden posteriormente con los datos de antocianos obtenidos en los vinos (Fig.6).

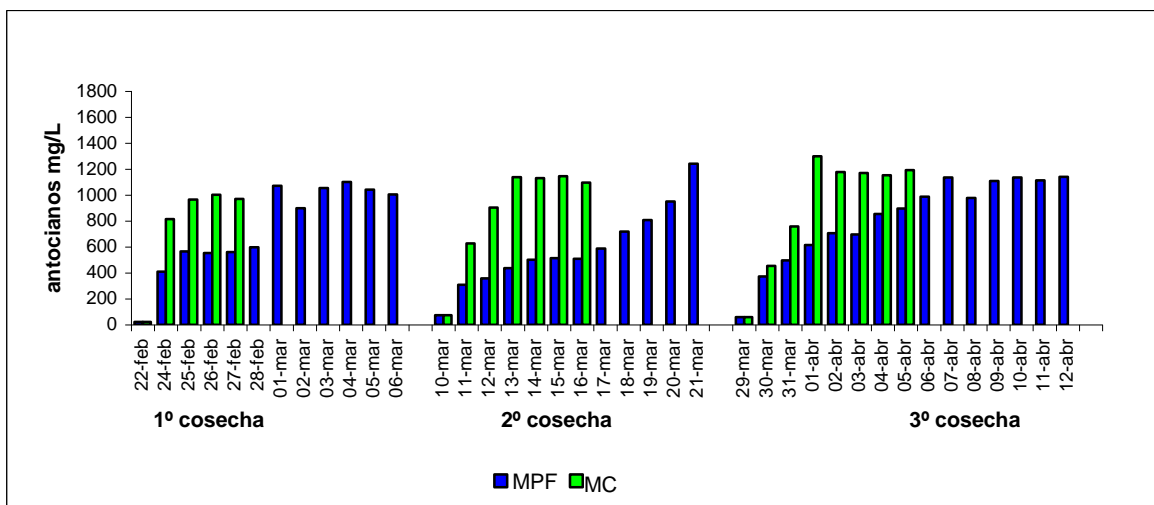


FIG. 3: Evolución del contenido de antocianos durante la fermentación para la zona de Luján de Cuyo y en los tres momentos de cosecha.

Comparando los dos tratamientos de vinificación, con la fermentación llevada a cabo con MPF se pudo observar que Tupungato presentó el valor máximo de antocianos cuando la uva estaba en su máximo de madurez, es decir, en la tercera cosecha (Fig. 4). Posteriormente esta tendencia se observó en los antocianos de los vinos obtenidos (Fig5).

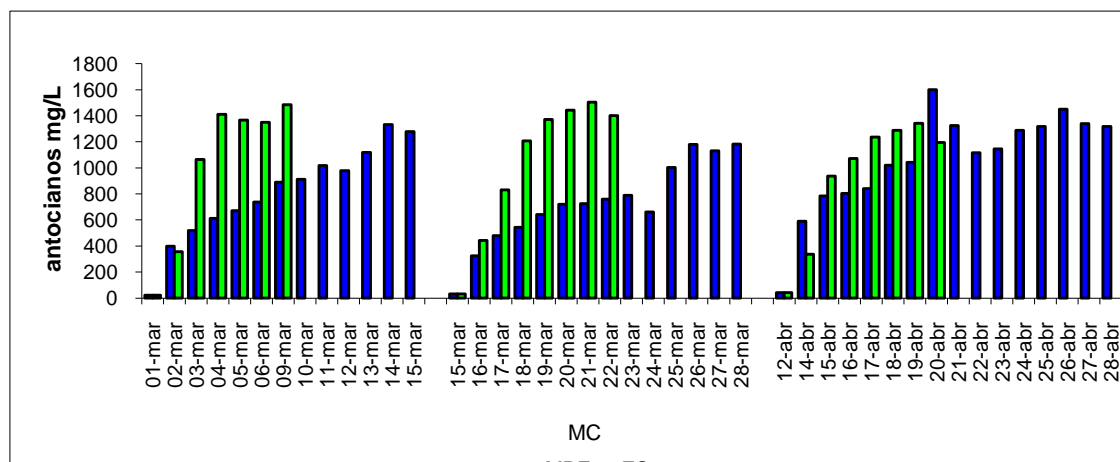


FIG. 4: Evolución del contenido de antocianos durante la fermentación para la zona de Tupungato y en los tres momentos de cosecha.

4.3- Comparación antocianos en uva y vino obtenido

En la zona de Tupungato la fermentación con MPF favoreció la extracción cuando la uva estaba en su máximo de madurez, conservando estos antocianos en los vinos obtenidos, no así con la MC, ya que se registraron valores inferiores en el contenido de antocianos para el mismo estadio de maduración (Fig. 5).

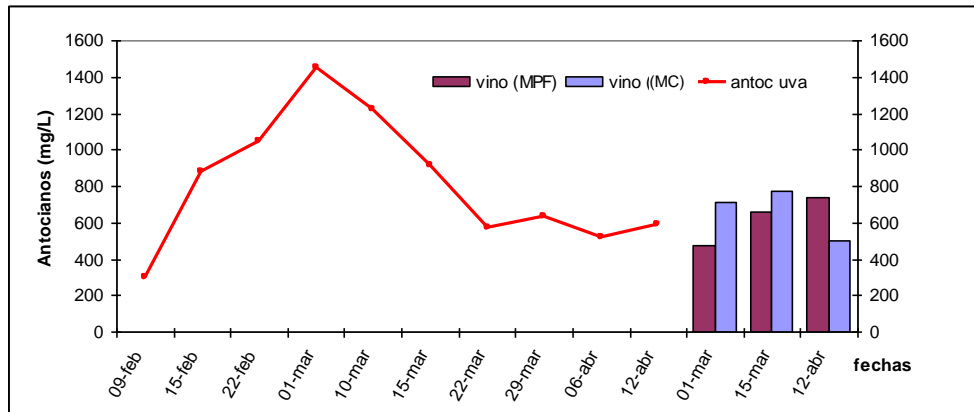


FIG. 5: Comparación entre el contenido de antocianos en uva y en los vinos obtenidos en los tres momentos de cosecha en la zona de Tupungato

En Luján la MC permitió obtener vinos con mayores contenidos de antocianos para los tres momentos de cosecha (Fig.6).

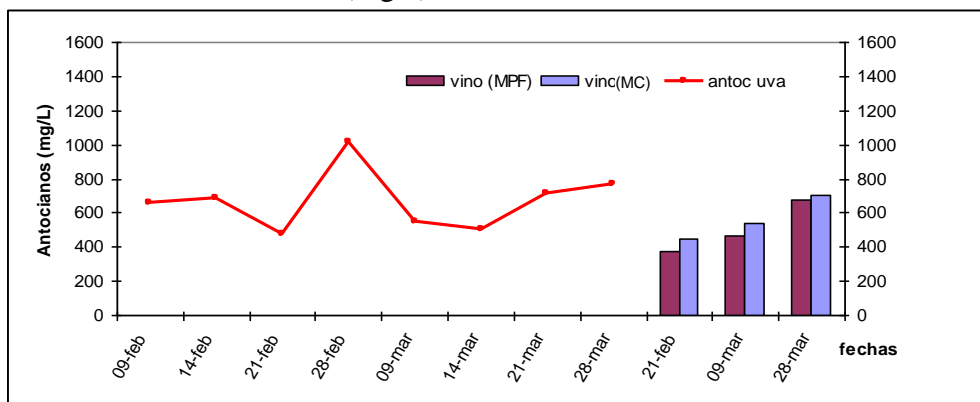


FIG. 6: Comparación entre el contenido de antocianos en uva y en los vinos obtenidos en los tres momentos de cosecha en la zona de Luján de Cuyo

4.4- Análisis de vinos.

En la tabla N° 1 se puede apreciar que según el contenido de polifenoles totales, la MPF se debería realizar cuando la materia prima no se encuentra muy madura, en la zona de Luján de Cuyo. En todos los momentos de cosecha, y tanto para el vino en el momento del descube como en su fraccionamiento, se obtuvieron los mayores índices de color cuando se trabajó con MPF. Los taninos fueron menores en el vino fraccionado que los presentes en el momento del descube, posiblemente debido a que parte de ellos se han polimerizado para estabilizar la materia colorante

Tabla N° 1: Análisis de compuestos polifenólicos y color en vinos de la zona de Luján de Cuyo para los tres momentos de cosecha.

Zona	Fecha	cosecha	tratamiento	DO 420	DO 520	DO 620	I.C.	Tinte	IPT	antocianos (mg/L)	taninos g/L
LUJÁN	vino (descube)	1°	MPF	0,45	1,24	0,14	1,82	0,36	47,80	1004,50	1,91
		FC	0,45	1,13	0,16	1,73	0,40	46,40	982,62		
		2°	MPF	0,49	1,23	0,19	1,92	0,40	52,20	1242,50	2,96
		FC	0,48	1,11	0,17	1,76	0,43	51,40	1095,50	1,53	
		3°	MPF	0,37	0,85	0,14	1,36	0,44	52,90	1140,12	1,97
		FC	0,53	1,01	0,20	1,74	0,53	57,00		2,3	
	vino (fraccionado)	1°	MPF	0,54	0,94	0,36	1,84	0,57	45,10	372,75	1,7
		FC	0,36	0,66	0,14	1,16	0,54	39,10	449,75	1,95	
		2°	MPF	0,45	0,84	0,19	1,48	0,54	39,30	467,25	1,39
		FC	0,45	0,81	0,19	1,46	0,56	44,90	537,25	1,78	
		3°	MPF	0,38	0,68	0,14	1,20	0,55	45,70	676,37	1,78
		FC	0,36	0,59	0,12	1,07	0,62	51,20	700,87	1,8	

En la zona de Tupungato (tabla N° 2), se presentaron valores más altos para IC en los vinos (descube) que se obtuvieron a partir de una vinificación con MC y en los tres momentos de cosecha. En los vinos fraccionados, el IC fue mayor cuando éstos se obtuvieron de uva sobremadura y con MPF. En cuanto al IPT se presentaron los valores más altos en todos los vinos que se obtuvieron a partir de una vinificación con MC y en los tres momentos de cosecha.

Tabla N° 2: Análisis de compuestos polifenólicos y color en vinos de la zona de Tupungato para los tres momentos de cosecha.

Zona	Fecha	cosecha	tratamiento	DO 420	DO 520	DO 620	I.C.	Tinte	IPT	antocianos (mg/L)	taninos g/L
TUPUNGATO	vino (descube)	1°	MPF	0,52	1,34	0,19	2,05	0,39	48,00	1278,37	1,66
		FC	0,74	1,73	0,29	2,76	0,43	64,90	1484,87	2,38	
		2°	MPF	0,47	1,25	0,16	1,88	0,37	49,70	1181,25	1,62
		FC	0,69	1,68	0,28	2,65	0,41	59,70	1400,87	2,11	
		3°	MPF	0,64	1,57	0,26	2,47	0,40	62,30	1316,87	2,18
		FC	0,70	1,61	0,28	2,59	0,43	62,00	1194,37	1,97	
	vino (fraccionado)	1°	MPF	0,49	0,91	0,20	1,59	0,54	38,30	471,62	1,3
		FC	0,54	0,93	0,24	1,71	0,58	51,60	708,75	2,01	
		2°	MPF	0,35	0,57	0,13	1,05	0,61	41,90	659,75	1,33
		FC	0,41	0,73	0,16	1,30	0,56	52,50	776,12	1,66	
		3°	MPF	0,74	1,47	0,47	2,67	0,50	56,70	736,75	2
		FC	0,45	0,82	0,17	1,44	0,54	71,00	503,12	1,89	

5. Conclusiones

De las dos zonas de estudio fue en Tupungato donde se presentaron los valores máximos de antocianos en uvas entre la 1° y 2° fecha de cosecha, correspondiente a la primera quincena de marzo y uvas con 19-20°Brix. Estos valores se vieron reflejados durante la evolución de la fermentación y posteriormente en los vinos obtenidos en estas dos cosechas, empleando la vinificación con MC.

De los dos tratamientos aplicados en vinificación, el llevado a cabo con MPF se propone cuando la materia prima está sobremadura, porque si bien no hay grandes cantidades de antocianos en la uva, con MPF se puede lograr que los vinos tengan más antocianos en

comparación con una MC. Por esto mismo, este tipo de tratamiento se podría recomendar en el caso en que la cosecha se prolongue mas de lo deseado, ya sea por dificultad en conseguir mano de obra o por causas climáticas.

Con la fermentación llevada a cabo con MPF, se apreció en los vinos en el momento de la degustación el predominio de sabores frutales.

6. Bibliografía

-Casassa, Sari, Avagnina, Díaz Sambueza, Galat, Catania (2008) Efecto de dos variantes de maceración prefermentativa en frío (MPF) sobre la evolución cromática y organoléptica de vinos Malbec. Revista Enología N° 1 Año V Marzo-Abril.

-G. González-Neves², M. Ferrer, G. Gi, D. Charamelo; J. Balado; R. Boichichio; G. Gatto; A. Tessore (2010) Potencial polifenólico de uvas Tannat producidas en el sur de Uruguay. Revista Enología año VII.

-Llady M., Canals R., Cabanillas P., Canals J., Zamora F. (2005) La maceración prefermentativa en frío Efectos en la extracción del color y los compuestos fenólicos, e influencia del nivel de maduración de la uva ACE Revista de enología. Con acceso 29 de setiembre de 2010: http://www.acenologia.com/ciencia72_2.htm

-Sacchi K., Bisson L., Adams D. (2005) A Review of the Effect of Winemaking Techniques on phenolic Extraction in Red Wines. Am. J. Enol. Vitic. 56:3.

35TCA. USO DE MEMBRANAS DE CERÁMICA PARA LA OBTENCIÓN DE UNA FRACCIÓN RICA EN POLIFENOLES A PARTIR DE JUGO DE UVA

CANCINO MADARIAGA, B. ; RAMÍREZ SALVO, A. ; NAVARRO LISBOA, R.

INPROMEM (Investigación en Procesos con Membranas), Escuela de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Valparaíso-Chile. Email: beatriz.cancino@ucv.cl

Resumen: Los jugos de uva son un aporte nutricional por su contenido de polifenoles. Sin embargo su alto contenido de azúcar los ha marginado de ser recomendados como parte de una dieta clásica en los tiempos modernos. Adicionalmente la curiosidad humana crea un espacio cada vez más creciente para la formulación de alimentos, en especial aquellos que permitan ingerir sustancias antioxidantes. Por ello la búsqueda de alternativas para separar fracciones que tengan un contenido rico en polifenoles preparadas a partir de jugo de uva sin la adición de compuestos químicos y con un procesamiento que no sea extremo, resulta cada vez más interesante. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue la separación empleando procesos de membranas, de una fracción rica en polifenoles a partir de jugo de uva. Para ello, se usaron membranas de cerámica tubulares, tanto para la etapa de Microfiltración (MF) que corresponde a la clarificación del jugo, como para la separación de la fracción que contiene los polifenoles y no tiene ya turbidez, que corresponde a la Ultrafiltración (UF) del permeado producido en la MF. La membrana de MF fue de 0,2 μm y se realizaron pruebas a nivel laboratorio escalando luego a nivel de prototipo, escalamiento que corresponde a un área 6,8 veces mayor. La membrana de UF fue de 1 kDa y solo se realizaron experiencias a nivel laboratorio con un área de 0.013 m^2 . Los resultados permitieron concluir que las pruebas para MF a nivel piloto presentan aun mejores resultados de porcentaje de permeabilidad de polifenoles que las de nivel laboratorio, siendo el porcentaje de retención de la turbidez de un 100%. Los resultados de UF permiten concluir que presiones altas, del orden de 8 bar, son mejores en cuanto a la retención de polifenoles, en comparación a valores cercanos a 4 o 2 bar.

1. Introducción

Durante los últimos años se ha producido un aumento en el consumo de alimentos naturales ricos en compuestos antioxidantes como frutas, vegetales y sus derivados como los jugos entre los que destaca el jugo de uvas (Lutz et al., 2011 ; Dani et al., 2007). Los jugos de uvas consisten en su mayoría en agua (81–86%), con una alta concentración de azúcares como glucosa y fructosa (Gurack et al, 2010). Sin embargo su mayor característica es ser una de las mayores fuentes de compuestos fenólicos.

Muchos de estos compuestos particularmente el grupo de flavonoides que se encuentran en el jugo de uva, son conocidos por sus propiedades anti inflamatorias y efectos inhibitorios (Tiwari.,et al 2009), además de poseer una amplia gama de efectos bioquímicos y farmacológicos (Lutz et al., 2011).

Por esta razón su consumo en la dieta es altamente recomendado. Sin embargo uno de los problemas que presenta el jugo de uva es su alto contenido de azúcares, lo que trae algunos problemas cuando se desea formular nuevos alimentos para un consumo bajo en azúcares. Sin embargo la obtención de fracciones ricas en polifenoles sin que presenten altos contenidos de azúcares y que además mantengan las características naturales, son posibles solo bajo procesos de separación.

Uno de los procesos factibles corresponde a los procesos por membranas. Cancino et al. (2009), presentaron una aplicación en jugos de uvas para su clarificación mediante

microfiltración con membranas de cerámica. El uso de membranas de cerámica permite dar una mayor durabilidad a las membranas y mejores características para ser usadas en la industria de alimentos dada su facilidad para ser esterilizada y fácil limpieza en comparación con membranas poliméricas.

2. Objetivo

Por ello el objetivo de este trabajo fue obtener una fracción rica en polifenoles producida a partir de jugo de uva, empleando procesos de microfiltración seguido de ultrafiltración. La microfiltración es usada como la etapa de clarificación donde el permeado de ésta será empleado para ser ultrafiltrado. En la Ultrafiltración se obtiene un producto concentrado que corresponde a la fracción rica en polifenoles siendo el permeado la fracción pobre.

3. Metodología

Las experiencias con membranas consistieron en dos etapas, una con MF y otra con UF. En la MF, se realizaron experiencias a nivel laboratorio y a nivel piloto. Las de nivel laboratorio se realizaron a diferentes Presiones Transmembrana (PTM) permitiendo encontrar las mejores condiciones de flux (flujo de permeado por unidad de área de membrana), y mejores condiciones de permeación de polifenoles. Luego de esto, se realizó el escalamiento en un módulo de mayor área de membrana, para producir el permeado que fue empleado en la etapa de Ultrafiltración. En la Ultrafiltración solo fue empleada la escala a nivel laboratorio.

Los experimentos fueron realizados tanto en estado estacionario como en estado no estacionario o transiente. La Figura 1 muestra las diferencias entre ambos. Esta consiste en el retorno del permeado en el estado estacionario, de forma de mantener un balance de masa constante. La operación en estado estacionario permite encontrar los valores de resistencia (R_M y R_{TF}) de acuerdo a las ecuaciones 1 y 2, en conjunto con la variación del flujo a través del tiempo producido por el ensuciamiento de la membrana. El uso en condición transiente permite reducir el volumen para concentrar o bien permite la clarificación del fluido de proceso, por lo que las pectinas o material que entrega la turbidez queda retenido en el concentrado.

Resistencias: Luego de limpiar la membrana se determinó la resistencia empleando agua pura, manteniendo la temperatura constante a diferentes presiones transmembrana, empleando la ecuación 1, y lo descrito por Cancino-Madariaga et al. (2011).

$$J = \frac{PTM}{\mu(R_M + R_{TF})} \quad (1)$$

Donde, J: Flux; PTM: Presión transmembrana; R_{TF} suma de resistencias por ensuciamiento; μ : viscosidad.

Cuando se emplea agua pura, R_{TF} es cero, solo R_M existe. En este caso, R_M puede ser obtenida directamente de la curva J vs. P_T , como se muestra en la ecuación 2.

$$R_M = \frac{m}{\mu} \quad (2)$$

Con m como la pendiente de la curva J vs. PTM, μ viscosidad del agua a temperatura constante (Pa · s).

3.1 Microfiltración

El objetivo de la MF fue la clarificación. Sin embargo es necesario estudiar que P_T es la adecuada para efectuar esta operación, ya que a medida que ésta aumenta, crece la fuerza impulsora pudiendo aumentar el flujo permeado pero también posiblemente el ensuciamiento. Por otro lado, en esta etapa se pretende que ojalá todo el contenido de polifenoles del jugo permee, permitiendo obtener la fracción clarificada y con alto contenido de polifenoles. Estos experimentos fueron desarrollados a escala laboratorio. Luego de conocer las condiciones de operación, se realizó el escalamiento con un módulo piloto. Con el módulo piloto se produjo suficiente permeado microfiltrado para la siguiente etapa la UF.

En la MF a nivel laboratorio, se empleó un módulo de cerámica tubular, de Tami-Francia, de $0,2 \mu\text{m}$ y 7 canales, con un área $0,013 \text{ m}^2$. Para el escalamiento se empleó un módulo de $0,2 \mu\text{m}$ con 19 canales Microdyn Nadir GmbH, Alemania, con un área de $0,0886 \text{ m}^2$, siendo 6.8 veces mayor.

El fluido fue impulsado con una bomba de desplazamiento positivo, con una potencia de 500 W. La temperatura se mantuvo constante con un sistema refrigerante automático.

3.2 Ultrafiltración

El objetivo de esta operación fue concentrar una fracción ya clarificada de jugo de uva, que fuese rica en polifenoles.

Para estas experiencias se empleó una membrana de cerámica multitubular Tami-Francia, de 1 kDa y con un área de $0,013 \text{ m}^2$. El fluido fue impulsado con una bomba de desplazamiento positivo con una potencia de 500 W.

3.3.- Análisis.

Los análisis realizados consistieron en:

- turbidez con turbidímetro HI 93703 Hanna, para determinar la eficiencia de clarificación. 100 % de eficiencia implica 0 turbidez en el permeado.
- polifenoles totales, con el método de folin cicalteau.
- Brix. Medidos como °Brix, con el uso de un refractómetro.

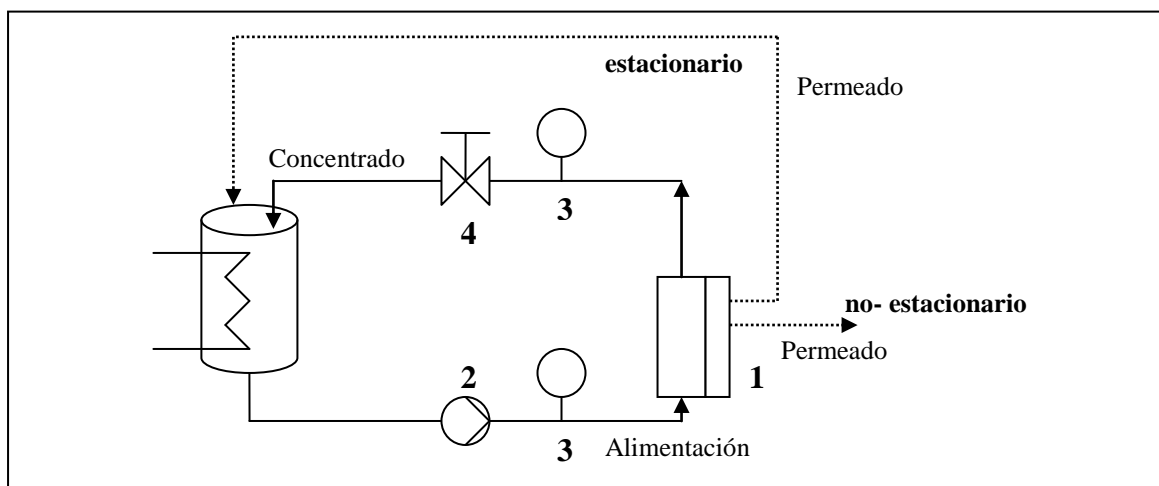


FIGURA 1. Esquema del proceso con membranas, mostrando estado estacionario y no estacionario (1) membrana, (2) bomba, (3) manómetros, (4) válvulas.

4. Resultados y Discusiones

La resistencia de la membrana de microfiltración medida a 20 °C fue de $5,025 \times 10^{+11} \text{ m}^{-1}$. La Figura 2 muestra el resultado para las experiencias de MF a escala laboratorio (área de $0,013 \text{ m}^2$), de la concentración de polifenoles en el permeado en función de la concentración inicial, expresado como porcentaje, para las diferentes PTM. En estas experiencias es deseable que los porcentajes sean altos, es decir los porcentajes de polifenoles en el permeado sean cercanos o lo más próximos a 100% para que no sean retenidos ojalá por la membrana. De aquí puede deducirse que prácticamente no hay diferencia entre las tres PTM seleccionadas y para efectos de la eficiencia en la permeación de los polifenoles, esta es indiferente de la PTM de trabajo.

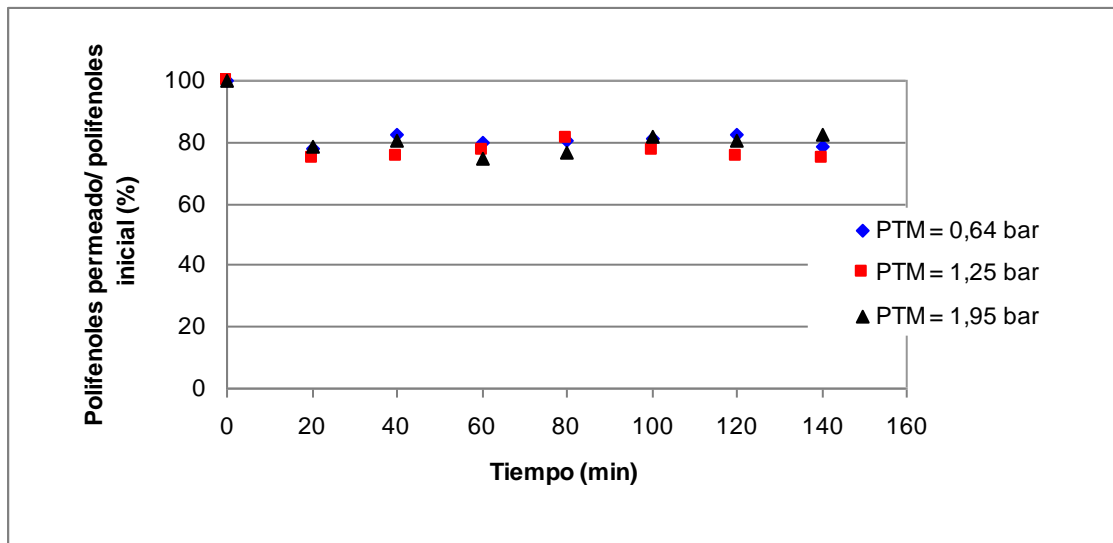


FIGURA 2. Retención de los polifenoles por la membrana de microfiltración a nivel laboratorio ($0,013 \text{ m}^2$), expresado como % de permeación, para diferentes presiones transmembrana.

La Figura 3 muestra el resultado para las experiencias de UF a escala laboratorio (área de $0,013 \text{ m}^2$), de la concentración de polifenoles en el permeado en función de la concentración inicial, expresado como porcentaje, para las diferentes PTM. Lo que interesa en el caso de la UF, es que ojalá la mayor parte de los polifenoles no permeen la membrana, sino que sean retenidos. Es decir los bajos porcentajes son los deseados. En la Figura 4, existe diferencias apreciables entre el comportamiento a 8,6 bar y las presiones menores, por lo que esta presión resulta ser la mas adecuada en esta membrana.

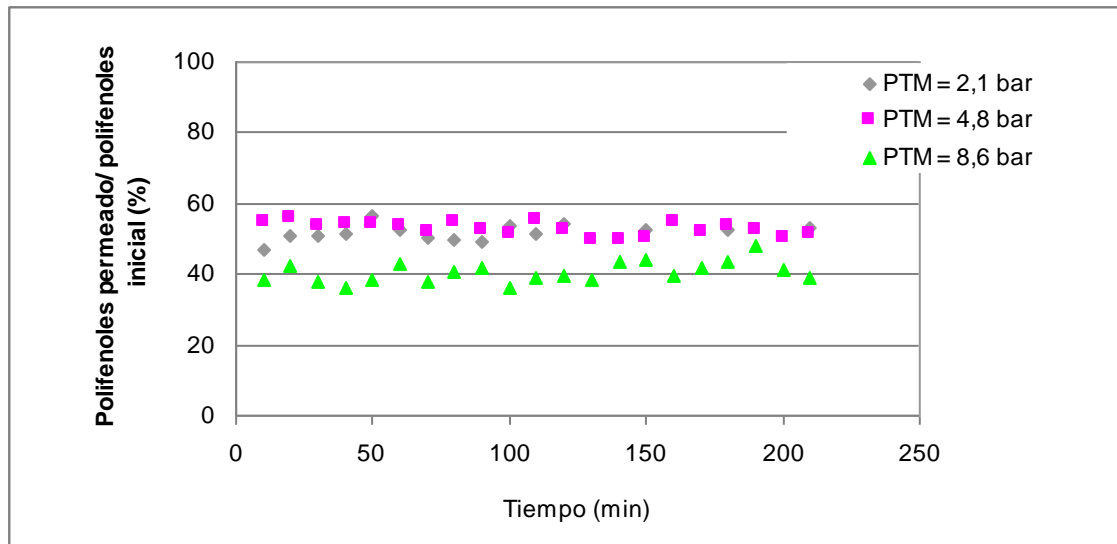


FIGURA 3. Retención de los polifenoles por la membrana de Ultrafiltración a nivel laboratorio ($0,013\text{m}^2$), expresado como % de permeación, para diferentes presiones transmembrana.

La Figura 4, muestra el resultado de la concentración de polifenoles en el permeado en función de los iniciales, expresados como porcentaje, para la experiencia de MF a escala piloto, área $0,0886\text{m}^2$. En esta experiencia los porcentajes de permeación son aún mayores que en la de escala laboratorio, obteniéndose valores del 90 % a diferencia de las pruebas a escala laboratorio donde estaba alrededor del 80%. Este comportamiento se diferencia para las tres presiones transmembrana probadas, siendo la más eficiente la de 0,64 bar. Dicho comportamiento no estaba tan claro para las experiencias a escala laboratorio. Por lo tanto las experiencias a nivel piloto para MF presentan mejores rendimientos en comparación con las escala laboratorio en función de la permeación de los polifenoles.

La Figura 5 muestra el comportamiento del flujo de permeado a través del tiempo para las experiencias de MF a nivel laboratorio. En ellas se puede apreciar que mientras aumenta la P_T el flujo también aumenta y el efecto del ensuciamiento de la membrana, producido por las sustancias que producen la turbidez, como las pectinas, no provoca un ensuciamiento tan diferenciado entre una u otra presión. Al final de la MF, a los 140 min todas la P_T prácticamente llegan al mismo valor de flux.

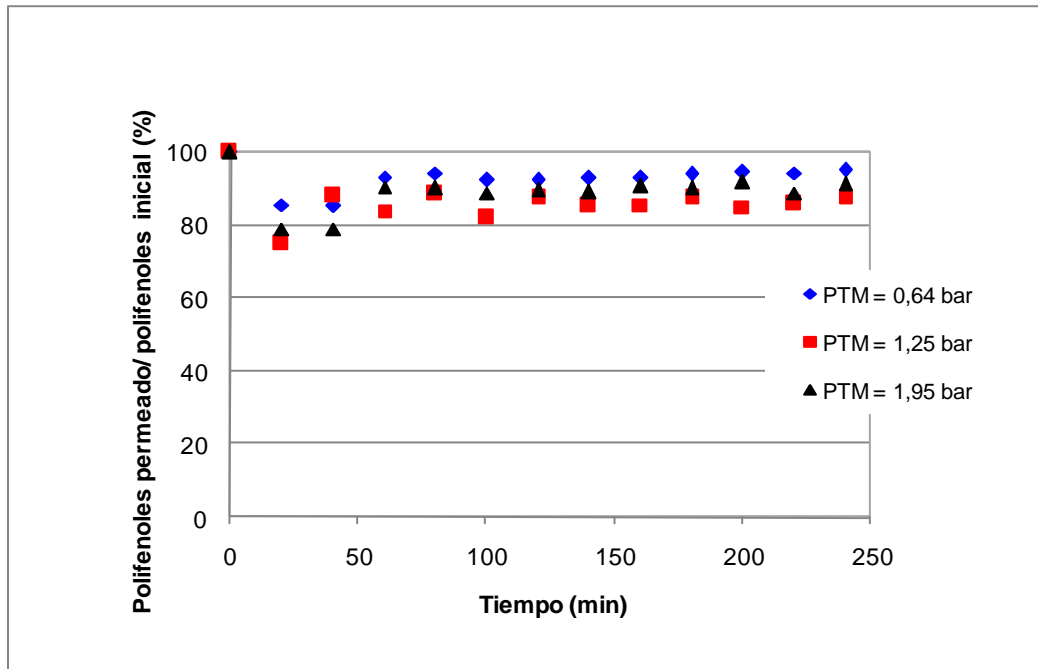


FIGURA 4. Retención de los polifenoles por la membrana de Microfiltración a nivel Piloto ($0,0886 \text{ m}^2$), expresado como % de permeación, para diferentes presiones transmembrana.

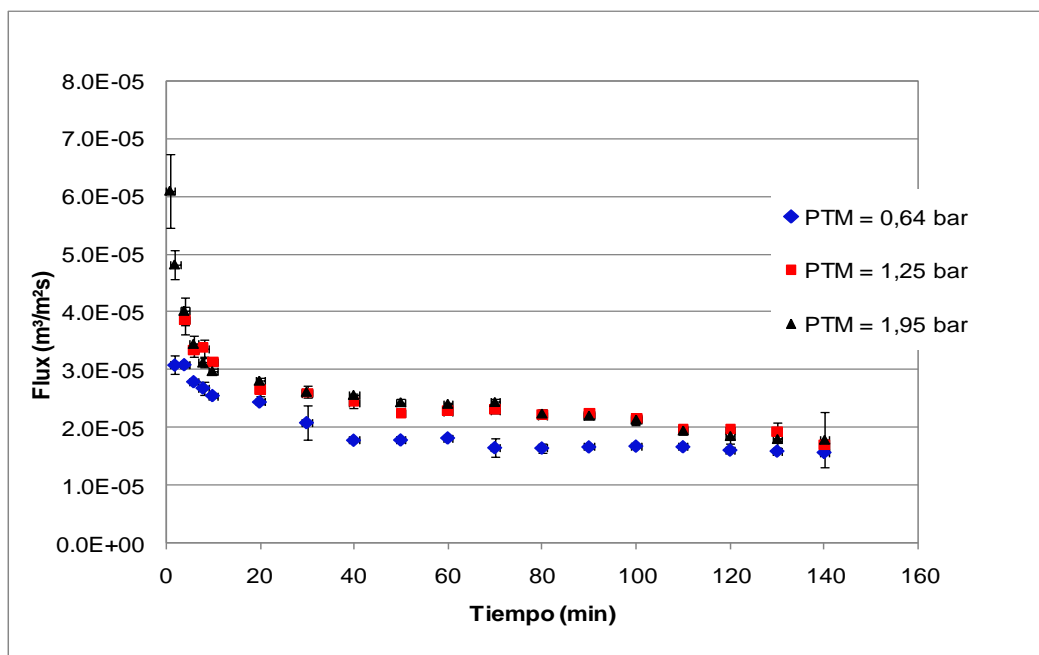


FIGURA 5. Flux de permeado para experiencias de MF a nivel laboratorio ($0,013 \text{ m}^2$) a diferentes Presiones Transmembrana (PTM).

5. Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que el proceso de clarificación por MF con membranas de cerámica de $0,2 \mu\text{m}$ resulta ser un 100% efectivo y muestra mayor eficiencia de permeación de polifenoles para membranas a nivel piloto que los resultados obtenidos a nivel laboratorio. Adicionalmente las presiones transmembrana no influyen en el porcentaje de permeación de los polifenoles. Sin embargo en la operación siguiente, que

corresponde a la Ultrafiltración con membrana de 1 kDa, las presiones transmembrana empleadas si influyen en el porcentaje de retención de polifenoles, siendo la presión transmembrana de 8,6 bar la que más polifenoles permite retener siendo cercano a un 60%. De esta forma se concluye que es factible lograr un fracción rica en polifenoles a partir de jugo de uva, a determinadas condiciones de operación empleando membranas de cerámica en etapas en serie de MF y UF.

6. Bibliografía

Cancino, B.; Ruby, R.; Astudillo, C. (2009) Clarificación de Jugo de uva por microfiltración. Presentado al Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP, 2009), 18 -20 de marzo del 2009, San Rafael – Argentina.

Cancino-Madariaga, Beatriz; Hurtado, Carlos Felipe; Ruby, René. (2011). Effect of pressure and pH in ammonium retention for nanofiltration and reverse osmosis membranes to be used in recirculation aquaculture systems (RAS). *Aquacultural Engineering*, 45: 103– 108.

Dani C., Oliboni L., Vanderline R., Bonatto D., Salvador M., Henriques, J. (2007). Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juice manufactured with organically-or conventionally produced grape. *Food and Chemical toxicology*, 45, 2574-2580.

Gurak D.P., Cabral M.L., Rocha-Leao M.M., Maha M.V. Freitas P.(2010). Quality evaluation of grape juice concentrated by reverse osmosis. *Journal of Food Engineering*. 99, 421-426.

Lutz, Mariane; Jorquera, Katterin; Cancino, Beatriz; Ruby, René; Henríquez Carolina. Phenolics and Antioxidant Capacity of Table Grape (*Vitis vinifera* L.) Cultivars Grown in Chile. *Journal of Food Science*, Vol. 76, Nr. 7, 2011: C1088- C1093.

Tiwari B.K., O'Donnell C.P., Patras A., Brunton N. and Cullen P.J. (2009). Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice. *Food Chemistry*, 113, 1119-1126.

36TCA. ESTUDIO DE VARIABLES TECNOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE YOGUR REDUCIDO EN LACTOSA

VÉNICA, C.I.; BERGAMINI, C.; WOLF, I.; ZALAZAR C.A.; PEROTTI, M.C.

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829 – 3000 Santa Fe – Argentina – clauvenica@fiq.unl.edu.ar

Resumen: La intolerancia a la lactosa es un problema que afecta a gran parte de la población mundial. Uno de los tratamientos recomendados para aliviar los molestos síntomas gastrointestinales que ocasiona esta patología, es el consumo de productos lácteos reducidos en su contenido de lactosa.

Con el objetivo de obtener un yogur reducido en lactosa (tipo bebible y batido) se realizaron experiencias a pequeña escala (5 L) en las que se estudiaron diferentes variables tecnológicas: adición de enzima β -galactosidasa en diferentes dosis, agregado de sacarosa e incorporación de sólidos de leche en varios niveles para el tipo batido. Asimismo, se incluyeron yogures control sin enzima. El agregado de la enzima se realizó junto al fermento ya que en estudios previos se comprobó que la hidrólisis de lactosa previamente al agregado del fermento resulta igualmente eficiente que si ambos procesos de hidrólisis y fermentación se realizan en simultáneo. Se concluyó que los dos niveles de enzima ensayados pueden ser utilizados para obtener yogures reducidos en lactosa, ya que los valores de hidrólisis fueron superiores al 70%. Además, estos productos tuvieron un índice de postacidificación bajo, lo que se considera satisfactorio ya que este es un parámetro que limita la aptitud del yogur. En cuanto a la sinéresis, los productos tipo bebible no presentaron diferencias con el control y en los yogures tipo batido no hubo separación de suero. Los perfiles de ácidos orgánicos fueron similares entre las distintas muestras, lo que sugiere que la hidrólisis de la lactosa con una enzima exógena no afectó substancialmente el proceso de fermentación de la lactosa por parte del starter.

El producto obtenido sería el primero en su tipo en el mercado argentino.

1. Introducción:

La intolerancia a la lactosa es un problema que afecta a gran parte de la población mundial (aprox. 70%) (Messia et al., 2007); en América Latina la incidencia es muy elevada. Esta patología es producida por la incapacidad del organismo para asimilar la lactosa correctamente, debido a la ausencia o deficiencia de la enzima β -galactosidasa (o lactasa) presente en el intestino delgado (Fox, 2009). Uno de los tratamientos recomendados para aliviar los molestos síntomas gastrointestinales que ocasiona, es el consumo de productos lácteos reducidos en su contenido de lactosa. En efecto, existen en el mercado leches deslactosadas y en algunas partes del mundo yogures reducidos en lactosa. Dentro de América Latina, Costa Rica y Colombia poseen líneas de yogures deslactosados; siendo este producto inexistente en el mercado argentino.

El yogur es un producto lácteo fermentado que resulta de la incorporación de cultivos protosimbóticos de dos bacterias homofermentativas: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, las cuales deben estar viables, activas y abundantes en el producto durante su período de validez (Tamime, 2002; Prajapati et al., 2008). Son reconocidas las importantes propiedades nutricionales y funcionales que este producto lácteo aporta.

En los últimos años se ha observado una creciente tendencia en el consumo de yogur en todo el mundo debido a sus características de sabor, consistencia y beneficios únicos comprobados para la salud (Ibeagha-Awemu et al., 2010). Particularmente en Argentina, la demanda de yogur ha experimentado el mayor incremento en comparación con el resto de los productos lácteos, el consumo registrado por persona y por año en el año 2000 fue de 6,6 kg, el cual se duplicó en 2009 (12,6 kg) (SAGPyA).

Teniendo en cuenta que el yogur conserva aproximadamente el 80% de la lactosa de la leche, su ingesta por personas con problemas severos de intolerancia resulta inadecuada.

2. Objetivo:

Estudiar variables tecnológicas para la elaboración de yogur reducido en lactosa empleando el proceso de hidrólisis enzimática con lactasa soluble.

3. Metodología:

Elaboración de yogur en pequeña escala

Se realizaron elaboraciones de yogur con y sin el agregado de polvos lácteos (tipo batido y bebible, respectivamente), naturales y con la presencia del edulcorante nutritivo sacarosa, utilizando el procedimiento convencional (Tamime, 2002) adaptado a escala laboratorio. Para ello, se utilizó un equipo que dispone de 5 tinas de 5 litros de capacidad que trabajan en paralelo. Yogures experimentales con adición de la enzima β -galactosidasa (GODO Shusei Company Limited, Japón) que se compararon con controles sin adición de la misma, fueron elaborados.

La leche cruda (pH $6,70 \pm 0,05$, acidez $18 \pm 1^{\circ}\text{D}$) fue suministrada por una industria láctea de la zona de Santa Fe. Se normalizó el contenido de grasa de la leche a 3% p/v y se adicionó sacarosa (Ingenio Ledesma S.A., Argentina) y polvos lácteos (leche en polvo descremada/WPC), según corresponda. La mezcla se calentó a $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 5 minutos, se enfrió a $42 \pm 2^{\circ}\text{C}$, se agregó la enzima en los yogures experimentales y se inoculó con el cultivo starter YF-L811 (Chr. Hansen, Argentina). La incubación se llevó a cabo hasta que el pH de la mezcla alcanzó un valor de $4,70 \pm 0,10$, lo que se consiguió en aproximadamente 3,5-4 horas. Los productos obtenidos se enfriaron en baño de agua helada hasta 25°C y luego se almacenaron a 5°C durante 28 días. Se tomaron muestras en diferentes momentos del proceso de fermentación y durante la vida útil para analizar pH, acidez, sinéresis, concentración de lactosa y ácidos orgánicos.

El agregado de la enzima se realizó junto al fermento ya que en estudios previos se comprobó que la hidrólisis de lactosa previamente al agregado del fermento resulta igualmente eficiente que si ambos procesos de hidrólisis y fermentación se realizan en simultáneo (Vénica et al., 2011).

Diseño experimental

Se estudiaron tres factores: la adición de la enzima, la adición de sacarosa y el agregado de polvos lácteos. El primero de los factores se estudió a tres niveles y los otros dos a dos niveles, lo que generó 12 tratamientos ($3^1 \times 2^2 = 12$), que se realizaron por duplicado obteniéndose un total de 24 unidades experimentales (yogures). En la **Tabla 1** se muestra el diseño experimental.

TABLA 1. Diseño experimental de las elaboraciones de yogur.

Tipo de yogur	Nivel de enzima (g/L leche)	Nivel de polvos lácteos (%)	Nivel de sacarosa (%)
CA	0	0	0
CAS	0	0	8
CB	0	4,4	0
CBS	0	4,4	8
A1	0,25	0	0
A1S	0,25	0	8
B1	0,25	4,4	0
B1S	0,25	4,4	8
A2	0,4	0	0
A2S	0,4	0	8
B2	0,4	4,4	0
B2S	0,4	4,4	8

C: yogur control; A: yogur experimental tipo bebible; B: yogur experimental tipo batido, S: presencia de sacarosa.

Determinaciones analíticas

Análisis de lactosa

Tratamiento de muestra: la muestra se sometió a un proceso de clarificación para eliminar componentes en suspensión (proteínas) y en emulsión (lípidos) que interfieren en la determinación, lográndose un extracto límpido donde se encuentran los azúcares en solución. Se pesó 10 g de muestra, se adicionó agua destilada (aprox. 30 ml), 2 ml de ZnSO₄ 12% y 2 ml de NaOH 1,25%, agitando suavemente luego de la adición de cada reactivo. Se dejó unos minutos en reposo, se diluyó a 100 ml con agua destilada y se filtró por papel.

Determinación enzimática-colorimétrica: la concentración de lactosa se evaluó indirectamente a través de la determinación de glucosa con la reacción de Trinder, previa hidrólisis de la lactosa a glucosa y galactosa con β -galactosidasa (Sánchez-Manzanares et al., 1992). Paralelamente se determinó el contenido de glucosa presente originalmente en la muestra y se calculó por diferencia la concentración de lactosa (glucosa total obtenida por hidrólisis – glucosa inicial). Se emplearon los reactivos provistos por un kit comercial (Wiener Lab., Rosario, Argentina). El fundamento de la reacción es el siguiente: la glucosa se oxida mediante la glucosa oxidasa a ácido glucónico y se libera peróxido de hidrógeno. En presencia de peroxidasa, el peróxido de hidrógeno oxida al compuesto 4 aminofenazona / fenol a una quinona coloreada, a pH 7,4 y 37 °C, condiciones óptimas para las actividades de las enzimas. La absorbancia se midió a 505 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Perkin Elmer Lambda 25, USA) siendo esta propiedad proporcional a la concentración de glucosa.

Medición de pH: se realizó con un pH metro digital Orion 3 star benchtop (Thermo Fisher Scientific Inc., USA).

Acidez: por titulación con solución valorada de NaOH N/9. Los mililitros gastados se expresaron en grados Dornic (1 °D = 1mg ácido láctico/10 ml leche).

Sinéresis: el procedimiento empleado se basó en el movimiento espontáneo del suero bajo la fuerza de la gravedad, de acuerdo a Dello Staffolo et al. (2004). La muestra de yogur se colocó en una probeta de 100 ml, se almacenó a 4°C durante 28 días y se midió el volumen de suero liberado en diferentes tiempos. El porcentaje de sinéresis se expresó como el volumen de suero liberado de 100 ml de yogur.

Determinación de ácidos orgánicos: se analizaron por HPLC de intercambio iónico, empleando una columna Aminex HPX-87H (300 mm x 7,8 mm) y un guardacolumna Aminex Cation-H (30 mm x 4,6 mm) (Aminex, Biorad Laboratories, California, USA). La

separación cromatográfica se realizó en forma isocrática a 0,6 mL/min con una fase móvil de H₂SO₄ 0,01 M, a 65°C y la detección se realizó a 210 nm (Zeppa y col., 2001). Previo al análisis cromatográfico la muestra se sometió al procedimiento de desproteínización efectuado para el análisis de lactosa.

4. Resultados y Discusión:

En la **Tabla 2** se presentan los resultados de porcentajes de reducción de lactosa (debido a la fermentación/hidrólisis) para los yogures experimentales y controles, durante la elaboración y vida útil.

Como era previsible, los porcentajes de hidrólisis se incrementaron durante el proceso de elaboración en los yogures experimentales, obteniéndose valores más elevados a medida que se incrementó el nivel de enzima. En todos los casos los máximos porcentajes se alcanzaron aprox. a las 3 horas de fermentación, los cuales se mantuvieron prácticamente constantes hasta el final del proceso. En los yogures con ausencia de sacarosa y de polvos lácteos (**A1** y **A2**) los porcentajes de hidrólisis variaron desde el 85% para los que tenían el menor nivel de enzima hasta el 92% para los del nivel más alto; al incorporar la sacarosa en la formulación (**A1S** y **A2S**) se observó una pequeña disminución en los porcentajes desde 79% hasta 85%, respectivamente. En los yogures con polvos lácteos (**B1**, **B1S**, **B2** y **B2S**) los porcentajes variaron desde el 78% para los que tenían el menor nivel de enzima hasta el 88% para los del nivel más alto; no se observaron diferencias significativas entre los productos con y sin sacarosa. En los yogures controles (**CA**, **CAS**, **CB** y **CBS**) la disminución observada en el contenido de lactosa durante el proceso de elaboración se debe exclusivamente a la acción de los microorganismos del fermento, obteniéndose al final del mismo una disminución entre el 8 y 18%.

Durante el almacenamiento por 28 días a 5°C se esperaba que la degradación de la lactosa en los yogures experimentales sea más pronunciada que en los controles, ya que en los primeros no solo intervendrían los microorganismos del fermento sino también la enzima lactasa. Sin embargo, los resultados obtenidos presentaron un comportamiento inverso; el contenido de lactosa en los yogures control experimentó un descenso pronunciado a diferencia de lo sucedido en los yogures con adición de enzima en los cuales la concentración de lactosa se mantuvo prácticamente constante. Este hecho puede ser atribuido a que en estos últimos la enzima está inactiva por el pH ácido del medio (pH óptimo = 6, según recomendaciones del fabricante), posible inhibición de los microorganismos del fermento por parte de compuestos generados por la presencia de actividad proteolítica en los preparados comerciales de β-galactosidasa (Shakeel-Ur-Rehman, 2009), y cambios en el metabolismo de los microorganismos debido a modificaciones en el tipo y cantidad de los azúcares presentes en la matriz láctea. En relación a este último aspecto, estudios llevados a cabo por Sobowale et al. (2011) demostraron que el grado de absorción de un azúcar en solución por parte de un microorganismo depende de la presencia o ausencia de otros azúcares en el medio.

TABLA 2. Porcentaje de reducción de lactosa

Tipo de yogur	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LACTOSA				
	Durante la elaboración			Durante la vida útil	
	45 minutos	150 minutos	Final elaboración	14 días	28 días
CA	0	9,9 ± 1,9	15,8 ± 3,6	32,8 ± 1,9	31,5 ± 3,1
CAS	0	4,2 ± 2,5	9,2 ± 2,5	25,5 ± 4,9	28,0 ± 4,2
CB	0	7,3 ± 2,9	17,7 ± 4,3	25,6 ± 1,2	19,3 ± 3,3
CBS	0	8,1 ± 2,3	8,6 ± 3,5	23,5 ± 4,7	14,7 ± 4,1
A1	58,4 ± 5,3	87,8 ± 3,2	85,8 ± 2,1	87,7 ± 4,6	84,6 ± 4,6

A1S	57,8 ± 4,3	81,3 ± 4,6	79,4 ± 4,1	83,7 ± 6,1	88,9 ± 5,5
B1	46,7 ± 1,3	77,3 ± 1,7	77,9 ± 2,3	79,1 ± 3,7	77,9 ± 2,6
B1S	42,1 ± 0,6	77,3 ± 2,2	79,9 ± 0,1	82,6 ± 0,5	81,2 ± 0,4
A2	77,2 ± 3,9	92,2 ± 1,1	92,1 ± 3,7	88,2 ± 0,6	89,8 ± 2,6
A2S	70,9 ± 1,6	88,8 ± 1,4	85,4 ± 2,7	88,8 ± 3,8	88,9 ± 4,2
B2	61,9 ± 1,2	84,9 ± 1,6	85,1 ± 3,8	84,6 ± 1,5	82,5 ± 4,3
B2S	56,9 ± 1,1	85,9 ± 1,3	88,1 ± 4,6	88,9 ± 1,4	83,7 ± 2,1

En cuanto al pH, los valores obtenidos para todas las muestras analizadas se consideraron normales de acuerdo a los reportados por otros autores para yogures comerciales (Biorollo et al., 2000).

En la **Figura 1** se muestran los cambios en el pH de los yogures tipo bebible almacenados 28 días a 5°C (postacidificación) expresado como la diferencia entre el valor de pH del producto recién elaborado y el obtenido a los 28 días. La postacidificación fue significativamente inferior en los yogures con enzima y sacarosa en comparación con el control. En ausencia de sacarosa, esta diferencia solamente es apreciable para el yogur con el mayor nivel de enzima, para el cual los valores son inferiores al control.

Los resultados obtenidos para los yogures tipo batido presentaron un comportamiento similar (resultados no mostrados).

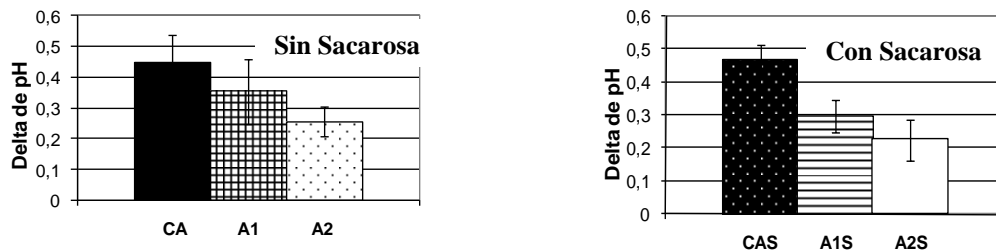


FIGURA 1. Postacidificación de los yogures tipo bebible durante la vida útil.

Los resultados de acidez para todos los productos se encontraron entre 64 y 95°D, los cuales se consideraron normales de acuerdo a los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA, 2011).

En la **Figura 2** se muestran los cambios en la acidez durante la vida útil de los yogures tipo bebible, expresado como la diferencia entre el valor de acidez del producto recién elaborado y el obtenido a los 28 días. Los yogures experimentales sin sacarosa (**A1** y **A2**) presentaron un delta de acidez similar a su respectivo control (**CA**), aunque significativamente superior a los productos con sacarosa (**CAS**, **A1S** y **A2S**); para estos últimos los valores disminuyeron significativamente en los yogures con enzima en comparación con el control. El comportamiento observado en los yogures tipo batido fue similar a los obtenidos para los tipo bebibles (resultados no mostrados).

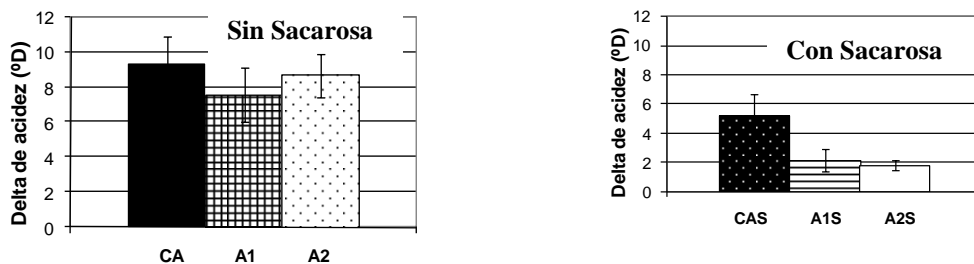


FIGURA 2. Delta de acidez de los yogures tipo bebibles durante la vida útil.

El porcentaje de sinéresis aumentó gradualmente durante la vida útil en los productos sin adición de sólidos lácteos (**A1**, **A2**, **A1S** y **A2S**); sin embargo, en los yogures tipo batido (**B1**, **B1S**, **B2** y **B2S**) no se observó liberación espontánea de suero durante el período de almacenamiento, lo cual es razonable debido al incremento en el contenido de sólidos de la matriz láctea.

En la **Figura 3** se presentan los resultados del porcentaje de sinéresis a los 28 días para los yogures tipo bebible. En todos los casos los valores obtenidos para los yogures experimentales fueron similares a los controles. Sin embargo, los yogures con sacarosa (**CAS**, **A1S** y **A2S**) presentaron menores porcentajes de sinéresis que los productos sin este edulcorante (**CA**, **A1** y **A2**), hecho que es atribuido a la capacidad de asociar agua por parte de los azúcares.

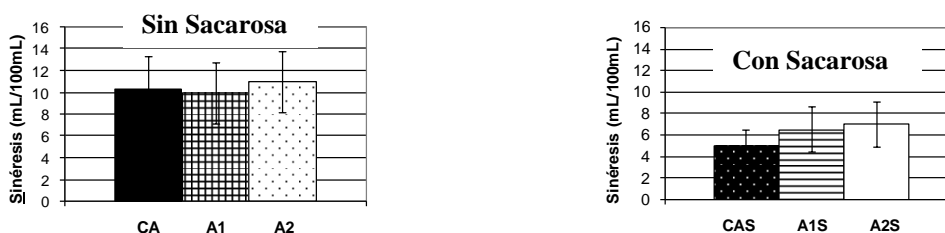


FIGURA 3. Sinéresis de los yogures tipo bebible al final de la vida útil.

La variabilidad observada en este parámetro puede atribuirse a que muchos factores interfieren en el desprendimiento de suero de la matriz proteica, entre los que se pueden mencionar: la concentración del cultivo starter, el contenido de extracto seco magro, tiempo y temperatura del tratamiento térmico y del proceso de fermentación, pH final, tratamiento mecánico del gel, condiciones de enfriamiento, entre otros (Tamime y Robinson, 1991; Chandan, 2006).

En los yogures analizados fue posible cuantificar los ácidos láctico, cítrico, pirúvico, butírico y acético. El ácido láctico fue el que mostró las mayores variaciones durante la elaboración y vida útil, y fue el ácido mayoritario en todas las muestras. El perfil de estos compuestos no presentó diferencias importantes entre yogures experimentales y controles.

Los ácidos orgánicos son los principales productos de la hidrólisis de los carbohidratos por parte de las bacterias lácticas. La cuantificación de los mismos resulta interesante para evaluar la influencia de las modificaciones del perfil de azúcares del yogur sobre la actividad de las bacterias del fermento.

5. Conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos, las condiciones ensayadas (tipo y dosis de enzima β -galactosidasa, adición de la enzima junto con el fermento, agregado de sacarosa y polvos lácteos) pueden emplearse para elaborar yogures reducidos en lactosa, ya que los porcentajes de hidrólisis fueron superiores al 70%. Los yogures hidrolizados serían adecuados para personas intolerantes ya que la concentración de lactosa remanente resultó muy baja, entre 0,7 y 1,5%, correspondiendo el menor valor para los tipo bebible y el mayor para los batido debido a que la mezcla de partida contiene mayor porcentaje de lactosa aportada por la adición de los polvos lácteos. Además, los productos hidrolizados presentaron características generales similares a los productos no hidrolizados.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a CONICET por la beca doctoral de C.I. Vénica.

Asimismo se agradece el aporte realizado por la empresa Milkaut S.A. quien suministró la materia prima y los insumos para las elaboraciones de yogur.

6. Bibliografía:

- Birollo, G.; Reinheimer J. and Vinderola C. (2000). Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt. *Food Research International*, 33: 799-805.
- CAA. Código Alimentario Argentino. Cap. XVII: Alimentos de régimen o dietéticos, Art. 1372. Cap VIII: Alimentos lácteos, Art.576. www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp.
- Chandan R. (2006). *Manufacturing yogurt and fermented milks*. Ed. Blackwell publishing, USA.
- Dello Staffolo, M.; Bertola N.; Martino M.; Bevilacqua A. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14: 263 - 268.
- Fox, P. Lactose: Chemistry and properties. In: McSweeney P, Fox P, Eds. *Advances dairy chemistry*. Volume 3. Lactose, water, salts and minor constituents. 3rd ed. United States: Springer 2009; pp. 1-13.
- Ibeagha-Awemu E.; Liu J.-R and Zhao X. Bioactive components in yogurt products. In: Park Y.W. Ed. *Bioactive components in milk and dairy products*. Singapore: Wiley-Blackwell 2010; pp.235-250.
- Messia, M.; Candigliota T. and Marconi E. (2007). Assessment of quality and technological characterization of lactose-hydrolysed milk. *Food Chemistry*, 104: 910-917.
- Prajapati, J. and Nair, B. (2008). The history of fermented foods. In: Farnwoth E, Ed. *Handbook of fermented functional foods*. 2nd ed. United States: CRC Press; pp. 1-24.
- SAGPyA
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/lacteos/docs/06_Consumo/Consumo_03.htm.
- Sánchez-Manzanares, J.A.; Fernández-Villacañas, M.R.; Martín-Iniesta, F.; Laencina J. (1992). Determination of lactose by an enzymatic method. *Food Chemistry*, 46: 425-427.
- Shakeel-Ur-Rehman. Reduced lactose and lactose-free dairy products. In: McSweeney, P.L.H. and P.F. Fox, Eds. *Advanced dairy chemistry*. Volume 3. Lactose, water, salts and minor constituents, 3rd ed. United States: Springer 2009; pp. 98-104.
- Sobowale, A.A.; Ejuntoye M.O. and Adesetan O.O. (2011). Energy sources of yogurt bacteria and enhancement of their galactose uptake. *African Journal of Biotechnology*, 10(21): 4457-4463.
- Tamime, A. (2002), Fermented milks: a historical food with modern applications – a review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(4): S2-S15.
- Tamime, A.Y. y Robinson R.K. (1991). *Yogur: Ciencia y Tecnología*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Vénica, C. I., Palma, S., Cuffia, F., Perotti, M. C., Zalazar, C. A. Desarrollo de un yogur de contenido reducido en lactosa. XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 19 al 21 de Octubre de 2011.
- Zeppa G., Conterno L., Gerbi V. (2001) Determination of organic acids, sugars, diacetyl, and acetoin in cheese by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 2722-2726.

37TCA. USO DEL FERMENTADOR “AIR-LIFT” A DIFERENTES PRESIONES EN LA PRODUCCIÓN DE GLUTATIÓN (GSH) POR *Saccharomyces Cerevisiae*

GONÇALVES, I. M.*, LEMOS JR., W. J. L.*, GUEDES, J. B.*, PRUDÊNCIO E. R.*, SANTOS, L. O.*

*Departamento de Tecnologia de Alimentos – Instituto de Tecnologia -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – (+55212682-1023) Seropédica - Brasil.
ingriddamata@ufrj.br

Resumen: el glutatión (GSH) es un tripéptido compuesto de ácido glutámico, L-cisteína y la glicina. Su principal función es actuar como un antioxidante contra los efectos dañinos del oxígeno y otros compuestos tóxicos. En los seres humanos, su deficiencia está directamente relacionada con el envejecimiento y las enfermedades que afectan a la población en general. Es ampliamente utilizado en las industrias de los aditivos, sobre todo en la cosmetología y en el segmento de deportes en forma de cápsulas como un suplemento dietético. Estudios recientes han demostrado la capacidad de algunas levaduras de acumular GSH dentro de sus células, *Saccharomyces cerevisiae* en particular con procesos de fermentación. Los fermentadores del tipo “Air-Lift” ofrecen ventajas, por ejemplo, el medio es agitado por el proceso de aireación, en lugar de agitación mecánica. Para estudiar la producción de GSH, se utilizó una cepa de *S. cerevisiae* ATCC 7754. El inóculo se obtuvo a 30°C, 150 rpm por 24 h en medio de cultivo que contenía (g/L): glucosa 54, extracto de levadura 50 y MgSO₄ · 7H₂O 12. Las presiones estudiadas fueron: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 Kg/cm². El aire se inyectó mediante un compresor y se conectó un baño al reactor para mantener la temperatura a 20°C. Se adicionó 2 mM de cisteína después de 6 h y 3,35 mM de cisteína, 10 mM de ácido glutámico y 18 mM de glicina después de 28 h. El tiempo total de fermentación fue de 96 h y las alícuotas fueron retiradas en momentos predeterminados para la evaluación de pH, concentración celular (g/L), GSH (mg/L) y glucosa (g/L). El mejor resultado de la concentración celular fue en la presión de 1,50 Kg/cm², con 17,25 g/L en 72 h de proceso. En esta misma presión, la concentración de GSH alcanzó 141,30 mg/L y el resultado fue satisfactorio. Sin embargo, la fermentación, que obtuvo la mayor producción de GSH fue de 0,50 Kg/cm² con 178,72 mg/L, donde la concentración celular máxima fue de 13,51 g/L a 96 h de proceso. La producción de GSH en el fermentador “Air-lift” en fermentación sumergida por *S. cerevisiae* ATCC 7754 se presenta como una tecnología muy prometedora y eficaz.

1. Introducción

El glutatión (GSH) es un tripéptido compuesto de ácido glutámico, L-cisteína y la glicina (Li et al, 2004). Su función principal es actuar como un antioxidante contra los efectos tóxicos de oxígeno y otros compuestos nocivos (Rollini y Manzoni, 2006). En los seres humanos, su deficiencia está directamente relacionada con el envejecimiento y las enfermedades que afectan a la población en general (Rover Jr. et al, 2001). Es ampliamente utilizado en la industria de los aditivos, sobre todo en la cosmetología y en el segmento de deportes, en forma de cápsulas como un suplemento dietético (Wei et al., 2003 a, b). La producción de GSH puede llevarse a cabo por agentes químicos, por reacciones enzimáticas y por fermentación con microorganismos (Wen et al., 2004). Algunos métodos químicos y enzimáticos han sido estudiados, sin embargo, el método enzimático no tiene aplicación práctica, debido a que las enzimas que intervienen requieren de ATP para llevar a cabo sus reacciones y un sistema de regeneración es necesario para un buen desempeño.

La síntesis química implica la participación de un grupo sulfhidrilo altamente susceptibles a la oxidación, y la adición de γ -glutamil péptidos lo que también dificulta la síntesis (Gotoh et al., 2004). Estudios recientes han demostrado la capacidad de algunos hongos para acumular GSH dentro de sus células, mediante procesos de fermentación, en particular, una cepa de *Saccharomyces cerevisiae* (Alfajara et al., 1992 a, b). En la levadura, el GSH está dentro de la célula, por lo que un aumento de la producción puede ocurrir de dos maneras: por aumento de la concentración de células obtenidas en gran parte o por promoción del aumento del contenido intracelular (Wen et al., 2004; Wen et al., 2006). La primera opción es más fácil aumentando la concentración de células a través de tecnologías de fermentación desarrolladas para aumentar el contenido de GSH intracelular. Sin embargo, la segunda opción es más atractiva, ya que además de aumentar la concentración de GSH puede ocurrir la facilitación de los pasos de "downstream" (Wen et al., 2004). El fermentador utilizado en este trabajo fue el "Air-Lift", con circulación de aire interna. Sus características son la turbulencia del fluido, baja tensión de corte, lo que permite un bajo consumo de energía y altos niveles de transferencia de calor y masa, proporcionando procesos de producción de microorganismos a gran escala, sin limitación de oxígeno local (Vial et al., 2002).

2. Objetivos

Evaluar la producción de glutatión vía fermentación sumergida con una cepa de levadura *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 7754, empleando un fermentador aeróbico "Air-Lift" ensayando diferentes presiones (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 kgf/cm²).

3. Método

Microorganismo

El microorganismo utilizado para la producción de glutatión (GSH) es la levadura *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 7754, obtenida de la recolección de cultivos tropicales Fundação André Tosello (Campinas-SP, Brasil). Para mantener la cepa se utilizó agar inclinado con medio YM (extracto levadura - extracto de malta) y los tubos se mantuvieron en refrigeración (4°C). La composición del medio (g/L): glucosa 10, peptona 5, extracto de levadura 3, extracto de malta 3 y agar 20.

Preparación del inóculo

El inóculo se preparó en un Erlenmeyer de 250 mL acoplado a un "shaker" y conteniendo 100 mL de medio YM líquido esterilizado a 121°C durante 15 min. Las condiciones de crecimiento para la preparación del inóculo fueron 30°C y 150 rpm durante 24 h.

Producción de GSH

La Tabla 1 muestra la composición del medio que se utilizó para la producción de GSH, de acuerdo con Santos (2008). La glucosa se esterilizó aparte a 121°C durante 15 min, para evitar la reacción de Maillard (que reduce la disponibilidad de nutrientes para el microorganismo, efecto no deseado) y antes de la inoculación se mezcló con los otros componentes del medio.

Tabla 1: Composición de los medios de producción de la GSH

Compuesto	Concentración
Glucosa	54 g/L
Extracto de Levadura	50 g/L
MgSO ₄ .7 H ₂ O	12 g/L

Para la producción de GSH, se utilizó un fermentador "Air-lift" (Fig. 1). Las presiones estudiadas fueron: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 kgf/cm². El pH se ajustó a 5,0 antes y después de la esterilización con 2 N HCl o NaOH, según fuera necesario. El aire se inyectó mediante un compresor y el reactor se mantuvo a 20°C utilizando un baño. Se adicionó 2 mM de cisteína después de 6 h de cultivo y a las 28 h se añadieron 3,35 mM de cisteína, ácido glutámico 10 mM y 18 mM de glicina. El tiempo de fermentación fue de 96 h, y se retiraron alícuotas en momentos predeterminados para evaluar el pH, la concentración celular (g/L), GSH (mg/L) y glucosa (g/L).



Figura 1: Fermentador "Air-Lift"

4. Resultados y discusión

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto del crecimiento celular en las células de las levaduras en diferentes presiones del trabajo y en la producción celular para analizar cuál es el efecto de las presiones de aire en las células y sus respuestas en tal condición.

La Tabla 2 muestra los resultados de la concentración celular en los tiempos: 0, 24, 48, 72 y 96 h del proceso, para las diferentes presiones evaluadas.

Tabla 2: Resultados de la concentración celular (g/L) a las presiones del estudio.

Presiones (Kgf/cm ²)	Concentración Celular (g/L)				
	Tiempo (horas)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
0,00	0,21	0,32	1,08	4,05	2,41
0,25	0,13	4,57	4,98	5,76	6,09
0,50	0,07	4,88	7,21	8,68	13,51
0,75	0,20	4,50	4,89	5,80	11,13
1,00	0,12	3,91	4,52	6,85	6,91
1,25	0,13	5,26	7,88	7,73	7,96
1,50	0,03	6,28	11,94	17,25	16,25

La Tabla 3 presentan los resultados referentes a la producción del GSH (mg/L), en los tiempos: 0, 24, 48, 72 y 96 h de proceso, para las diferentes presiones.

Tabla 3: Resultados de la concentración del glutatión (mg/L) a las presiones del estudio.

Presiones (Kgf/cm ²)	Glutatión (mg/L)				
	Tiempo (horas)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
0,00	1,29	5,87	43,30	74,05	48,00
0,25	0,76	34,56	67,65	122,60	58,61
0,50	1,58	43,59	81,67	131,25	178,72
0,75	1,70	27,87	56,74	102,30	56,15
1,00	1,99	21,12	35,38	99,33	49,69
1,25	2,17	33,04	96,04	97,11	78,57
1,50	1,11	89,48	115,60	141,30	86,89

De acuerdo con la Tabla 2, la presión en la que se obtuvo más biomasa (17,25 g/L) fue la de 1,50 Kgf/cm² a las 72 h de cultivo. Es de destacar que al mismo tiempo se obtuvo una concentración de 141,30 mg/L de GSH que es satisfactoria. En términos industriales, se considera un buen resultado a un proceso más corto, lo que significa un menor costo en comparación con el resultado de la mejor producción de GSH (presión 0,50 Kgf/cm²). Sin embargo, la fermentación con 0,50 Kgf/cm² fue la que obtuvo mayor estabilidad durante todo el proceso y la producción alcanzó la máxima concentración celular en 96 h con 13,51 g/L, que también presentó la mayor producción del GSH (178,72 mg/L). Según los datos dados en las Tablas 2 y 3, podemos ver que a lo largo de la fermentación, algunas presiones afectan positiva o negativamente. También podemos decir que la transferencia de masa y calor debe hacerse de forma uniforme y eficiente sin que afecte el desarrollo y la estructura celular de los microorganismos. La aplicación de diferentes presiones en el cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* promueve una cierta tensión de corte, aumentando el consumo de energía por la levaduras, lo que induce cambios en el metabolismo y la acumulación de moléculas responsables de la protección celular. El GSH es un ejemplo de estas moléculas y se produce intracelularmente y condiciones extremas de oxígeno, temperatura y presión pueden influir de modo significativo en su síntesis.

En la Tabla 4 se presentan los valores de productividad celular (g/L.h) y productividad en GSH (mg/L.h), a las presiones evaluadas (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 Kgf/cm²), a 72 y 96 h de proceso.

Tabla 4: Productividad celular (g/L.h) y productividad en GSH (mg/L.h).

Presiones (Kgf/cm ²)	Productividad Celular (g/L.h)		Productividad en GSH (mg/L.h)	
	72 h	96 h	72 h	96 h
0,00	0,05	0,02	1,01	0,49
0,25	0,08	0,06	1,69	0,60
0,50	0,13	0,11	1,80	1,84
0,75	0,08	0,11	1,40	1,09
1,00	0,09	0,07	1,35	0,50
1,25	0,11	0,08	1,32	0,80
1,50	0,08	0,06	1,69	0,60

Los mejores resultados obtenidos para la productividad celular fueron en casi todos los ensayos a 72 h, con la excepción de la presión de 0,75 Kgf/cm², que presentó menos productividad que a las 96 h. Las mejores productividades celulares se obtuvieron en la presión de 0,50 Kgf/cm² (0,13 g/L.h) y de 1,25 Kgf/cm² (0,11 g/L.h). Los mejores resultados de las 96 h de cultivo fueron 0,50 y 0,75 Kgf/cm², ambos con 0,11 g/L.h. En relación a la productividad en GSH, los mejores resultados fueron a las 72 h, excepto en la presión de 0,50 Kgf/cm². Podemos decir que la producción del GSH no está directamente relacionada con el crecimiento de la levadura, pues los mayores valores fueron después de 72 h, en la fase estacionaria de las levaduras.

Tabla 5: Porcentaje de GSH y de sus factores de conversión.

Presiones (Kgf/cm ²)	Glutación (%)				Factores de Conversión		
	24 h	48 h	72 h	96 h	Y _{P/S} (mg _{GSH} /g _{glic})	Y _{X/S} (g.cél/g.glic)	Y _{P/X} (mg _{GSH} /g _{cél})
0,00	2,50	4,44	1,87	2,03	0,87	0,04	19,77
0,25	0,76	1,36	2,13	0,96	1,05	0,11	9,49
0,50	1,10	1,52	1,41	1,65	3,26	0,20	16,52
0,75	0,62	1,16	1,76	0,50	1,01	0,20	4,98
1,00	0,54	0,78	1,45	0,72	0,89	0,13	7,02
1,25	0,63	1,22	1,26	0,99	1,34	0,14	9,74
1,50	0,76	1,36	2,13	0,96	1,05	0,11	9,49

Los mejores resultados para los factores de conversión en producto por substrato fueron de 3,26 mg_{GSH}/g_{glic} en 0,50 Kgf/cm². Se obtuvo 0,20 g.cél/g.glic en las presiones 0,50 y 0,75 Kgf/cm² frente la conversión de célula en sustrato. En la conversión del producto en célula, los mejores resultados fueron en las presiones 0,00 Kgf/cm² con 19,77 mg_{GSH}/g_{cél} y después 0,50 Kgf/cm² con 16,52 mg_{GSH}/g_{cél}

5. Conclusiones

La obtención de mayor cantidad de producto a partir de biomasa (17,25 g/L) fue a la presión de 1,50 kg/cm² en un periodo de 72 h. Es de señalar que al mismo tiempo, se obtuvo una concentración de GSH de 141,30 mg/L, el cual es satisfactorio. Sin embargo, la mejor presión del estudio fue a 0,50 Kgf/cm², donde se alcanzó una concentración celular de 13,51 g/L en 96 h y produjo la mayor cantidad de GSH (178,72 mg/L). A esta presión, el pH del caldo mostró tener estabilidad, el cual se mantuvo constante mientras se daba la fermentación, fluctuando entre 5,20 y 4,44. La producción de GSH en un fermentador "Air-Lift" vía fermentación sumergida por *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 7754 se presenta como una tecnología de alta eficiencia y con aplicación prometedora en un proceso de fabricación.

6. Bibliografía

- Alfafara, C. G.; Kanda, A.; Shioi, T.; Shimizu, H.; Shioka, S.; (1992 a). Effect of amino acids on glutathione production by *Saccharomyces cerevisiae*. Applied Microbiology and Biotechnology, 36 (4): 538-540.
- Alfafara, C.; Miura, K.; Shimizu, H.; Shioka, S.; Suga K. (1992 b). Cysteine addition strategy for maximum glutathione production in fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae*. Applied Microbiology and Biotechnology, 37 (2): 141-146.

- Gotoh, T.; Iguchi, H.; Kikuchi, K. (2004). Separation of glutathione and its related amino acids by nanofiltration. *Biochemical Engineering Journal*, 19 (2): 165-170.
- Li, Y.; Wei, G.; Chen, J. Glutathione (2004). A review on biotechnological production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 66 (3): 233-242.
- Rollini, M.; Manzoni, M. (2006). Influence of different fermentation parameters on glutathione volumetric productivity by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*, 41 (7): 1501-1505.
- Santos, L. O. (2008). Estudo da Produção de Glutathione a partir de *Saccharomyces cerevisiae* e Avaliação da Aplicação de Campos Magnéticos. Tese de doutorado em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Brasil.
- Rover Jr., L.; Hoehr, N. F.; Vellasco, A. P.; Kubota, L. T. (2001). Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutathione associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. *Química Nova*, 24 (1): 112-119.
- Yugo, Z., Zhao, W., Xiaolong, C. (2000). α -Amilase production by *Bacillus subtilis* with dregs in an external-loop airlift bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 5: 115-121.
- Wei, G.; Li, Y.; Du, G.; Chen, J. (2003a). Application of two-stage temperature control strategy for enhanced glutathione production in the batch fermentation by *Candida utilis*. *Biotechnology Letters*, 25 (11): 887-890.
- Wei, G.; Li, Y.; Du, G.; Chen, J. (2003 b). Effect of surfactants on extracellular accumulation of glutathione by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*, 38 (8): 1133-1138.
- Wen, S.; Zhang, T.; Tan, T. (2004). Utilization of amino acids to enhance glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, 35 (6/7): 501-507.
- Wen, S.; Zhang, T.; Tan, T. (2006). Maximizing production of glutathione by amino acid modulation and high-cell-density fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*, 41 (12): 2424-2428.
- Vial, C.; Poncin, S.; Wild, G.; Midoux, N. (2002). Experimental and theoretical analysis of the hydrodynamics in the riser of an external loop air-lift reactor. *Chemical Engineering Science*, 57: 4745-4762.

38TCA. DISTRIBUCIÓN DE FITOQUÍMICOS EN PLANTAS DE LECHUGA MANTECA

VIACAVA, G.E.^{1,2}; KOTLAR, C.E.^{1,2}; ROURA, S.I.^{1,2}

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, UNMDP. Juan B. Justo 4302 – (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Email: gviacava@fi.mdp.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se analizó el efecto conjunto de la edad y posición de las hojas y del estrés producido por la cosecha de la planta con ó sin raíz sobre el contenido de compuestos fitoquímicos (ácido ascórbico, clorofila, carotenos totales, polifenoles totales y potencial de browning) de lechuga manteca. Para cada planta con y sin raíz, se separaron las hojas por anillos y se midieron en cada uno de ellos todos los índices. El único fitonutriente significativamente sensible a la cosecha con ó sin raíz fue el ácido ascórbico, siendo el contenido en las plantas sin raíz un 12% mayor. Se encontraron diferencias en todos los índices analizados en función del grado de desarrollo de la hoja. Los anillos medios presentaron un 10,2% y un 26,4% más de ácido ascórbico que los anillos externos e internos respectivamente. El contenido de pigmentos clorofílicos y carotenoides en anillos externos fue 69.0% y 66.5% mayor, respectivamente, respecto a anillos internos y el contenido de polifenoles y el potencial de browning de los anillos externos fue 2.2 y 1.9 veces mayor, respectivamente, que el de los anillos internos.

1. Introducción:

Los fitoquímicos son sustancias que se encuentran naturalmente en las plantas e incluyen una gran variedad de compuestos, entre ellos polifenoles, terpenoides, alcaloides y vitaminas (Grusak, 2002). Varios estudios han demostrado que éstos poseen diversas funciones biológicas, como por ejemplo intervienen en mecanismos adaptativos de plantas frente a estreses bióticos y abióticos y se acumulan como respuesta a la perturbación (variaciones de temperatura y presión, daños en el tejido, presencia de microorganismos, incidencia de luz) (Oh *et al.*, 2009). Muchos de los fitonutrientes poseen actividad antioxidante y contrarrestan el daño oxidativo causado por las especies reactivas al oxígeno (ROS) (Monk *et al.*, 1989). Consumidos por el ser humano a través de frutas y hortalizas tienen un efecto benéfico sobre la salud ya que previenen enfermedades crónicas y degenerativas, incluyendo enfermedades cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (Szeto *et al.*, 2004). Estos conocimientos han hecho que en las últimas décadas se incremente el interés por estos compuestos, por su importancia en la dieta humana y se desarrollen tecnologías que permitan aumentar la concentración de fitoquímicos en las plantas.

La lechuga es un vegetal de hoja muy popular consumido usualmente en forma fresca y en ensaladas. A pesar de que el valor nutritivo por planta es relativamente bajo, el consumo per cápita en Argentina es alto, alrededor de 20 Kg/año (Agüero, 2011), razón por la cual la lechuga contribuye de manera apreciable con fibra, vitaminas y minerales y es una fuente importante de fitoquímicos (Nicolle *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista morfológico, la cabeza de lechuga es un ensamblaje de hojas muy cercanas entre sí que se desarrollan alrededor del punto de crecimiento de la planta (Wien, 1997). De esta manera, las hojas se forman en el ápice de la planta, y a medida que van creciendo se alejan del mismo dejando espacio suficiente para la formación de nuevas

hojas. A través de este patrón de crecimiento las hojas internas son más jóvenes que las externas y cada hoja de lechuga tiene diferente nivel de exposición a las condiciones ambientales durante su crecimiento (tales como luz, humedad, absorción de nutrientes y temperatura). De esta forma, la lechuga manteca constituye un sistema biológico modelo que permite evaluar en forma conjunta el efecto del grado de desarrollo de las hojas y del nivel de exposición a factores ambientales sobre el contenido de fitonutrientes. Por tal motivo, los índices de calidad de lechuga se expresan por zonas (como externa, media e interna) (Agüero *et al.*, 2008) o por anillos constituidos por hojas localizadas en el mismo punto de crecimiento de la planta (Goñi *et al.*, 2010). Estos estudios permiten además determinar qué zonas de la planta de lechuga poseen mayor contenido nutricional y tecnológicamente evaluar la aptitud de cada zona para el procesado mínimo.

2. Objetivos:

- 1) Caracterizar el contenido de compuestos fitoquímicos en lechuga manteca recién cosechada y evaluar la distribución de los mismos según una disposición de anillos, y
- 2) Evaluar si el modo de cosecha de la planta con o sin raíz tiene efecto sobre el contenido de fitoquímicos.

3. Metodología

Las plantas de lechuga mantecosa (*Lactuca sativa* var. Lores) fueron cultivadas en un invernadero con tecnología mulching (cobertor plástico que separa las plantas del suelo) de la zona de Sierra de los Padres, Mar del Plata, Argentina. Las lechugas fueron cosechadas al alcanzar un tamaño comercial óptimo y fueron transportadas inmediatamente al laboratorio en bolsas refrigeradas.

En cada planta se agruparon las hojas por anillos y se midieron en cada uno de ellos todos los índices. Cada anillo contenía entre 2 y 4 hojas, obteniendo un total de 6 anillos por planta. Para identificar los anillos se utilizaron números, comenzando con el anillo 1 que corresponde a las hojas más externas y terminando con el anillo 6 que corresponde a las hojas más internas. Para las determinaciones de polifenoles totales, clorofila y carotenos cada anillo fue congelado en N₂ líquido y almacenado a -20 °C hasta su determinación. Las determinaciones de ácido ascórbico y potencial de browning fueron realizadas dentro de los 90 min posteriores a la cosecha. Se realizaron tres corridas experimentales y en cada una se analizaron tres plantas de lechuga.

El contenido de ácido ascórbico reducido fue determinado por el ensayo titrimético descrito por Roura *et al.* (2001) con modificaciones. Muestras de 20 g de cada anillo fueron extraídas y procesadas con 40 mL de ácido oxálico 2 %P/V durante 3 min utilizando un homogenizador y manteniendo la temperatura en el rango de 0 a 5 °C. Luego de filtrar con lana de vidrio, 2 alícuotas de 10 mL del filtrado fueron tituladas independientemente con 2,6-dicloroindofenol hasta el viraje de color. El contenido de ácido ascórbico fue informado en base húmeda (mg AA/100 g de tejido fresco).

El contenido de pigmentos clorofílicos y carotenoides de cada anillo fue determinado de acuerdo a Roura *et al.* (2001). Las muestras congeladas de cada anillo fueron procesadas individualmente en un molino refrigerado. 1 g de cada muestra molida fue homogenizada con 20 mL de acetona fría. Las muestras se dejaron 3 hs a 0 °C y se extrajeron luego los pigmentos con 20 mL de éter dietílico, realizando tres lavados sucesivos con una solución de NaCl 10%. Las muestras fueron filtradas con un filtro de lana de vidrio y el agua fue

removida del filtrado agregando sulfato de sodio anhidro. Se midió la absorbancia en las longitudes de onda 660.0 y 642.5 nm para la determinación de clorofila y a 450 nm para la determinación de carotenos con un espectrofotómetro. El contenido de clorofila y carotenos fue informado en base húmeda como mg de Clo / 100 g de tejido fresco y mg de Ca / 100 g de tejido fresco, respectivamente.

El contenido de polifenoles totales se determinó mediante técnica espectrofotométrica usando el reactivo de Folin Ciocalteu (RFC) descrita por Singleton y Rossi (1965) con modificaciones. Las muestras congeladas de cada anillo fueron procesadas individualmente en un molino refrigerado y 2 g del polvo resultante se homogenizaron con 6 mL de etanol. Se dejaron extrayendo las muestras durante 3 hs a 0 °C. La mezcla fue centrifugada a 10000 rpm por 15 min. 200 uL del sobrenadante se mezclaron con 1000 uL del RFC (1/10). Luego de 3 min, se agregaron 800 uL de Na₂CO₃ 7,5 %P/V. Se dejaron reaccionar las muestras por 2 hs a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 765 nm. Se utilizó ácido gálico (AG) como estándar. Los resultados se expresan como mg de AG / 100 g de tejido fresco.

El potencial de browning fue determinado mediante la medición de absorbancia de un extracto acuoso de hojas a 320 nm (Pereyra *et al.*, 2005). Las hojas de cada anillo se homogenizaron con agua destilada en una relación masa:volumen de 1:20 usando un procesador manual. El homogenato se filtró con un filtro de lana de vidrio y el sobrenadante se centrifugó a 1400g por 15 min. La absorbancia de una alícuota del sobrenadante fue medida con un espectrofotómetro a 320 nm.

Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico R versión 2.12 (R Development Core Team, 2011). El nivel de probabilidad fue fijado en $p < 0.05$. Los factores empleados como fuente de variación fueron: MODO DE COSECHA (con y sin raíz) y ANILLO (1 a 6).

4. Resultados

La **Figura 1 (A)** muestra el perfil obtenido de contenido de ácido ascórbico (AA) en lechugas cosechadas con y sin raíz en función del número de anillo. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) tanto en la práctica de cosecha (MODO DE COSECHA) como entre hojas desarrolladas y no desarrolladas (ANILLO). Las lechugas que fueron cosechadas sin raíz presentaron 12% más AA que aquellas cosechadas con raíz. Durante el momento de la cosecha, el corte de la planta y su consecuente separación de la raíz produce un estrés por el cese en el suministro de nutrientes, desencadenando diversas respuestas fisiológicas, probablemente un proceso oxidativo con generación de radicales libres. Dado que el ácido ascórbico posee propiedades antioxidantes, es probable que la planta genere una mayor síntesis de este compuesto en un intento por reducir los daños causados por la oxidación.

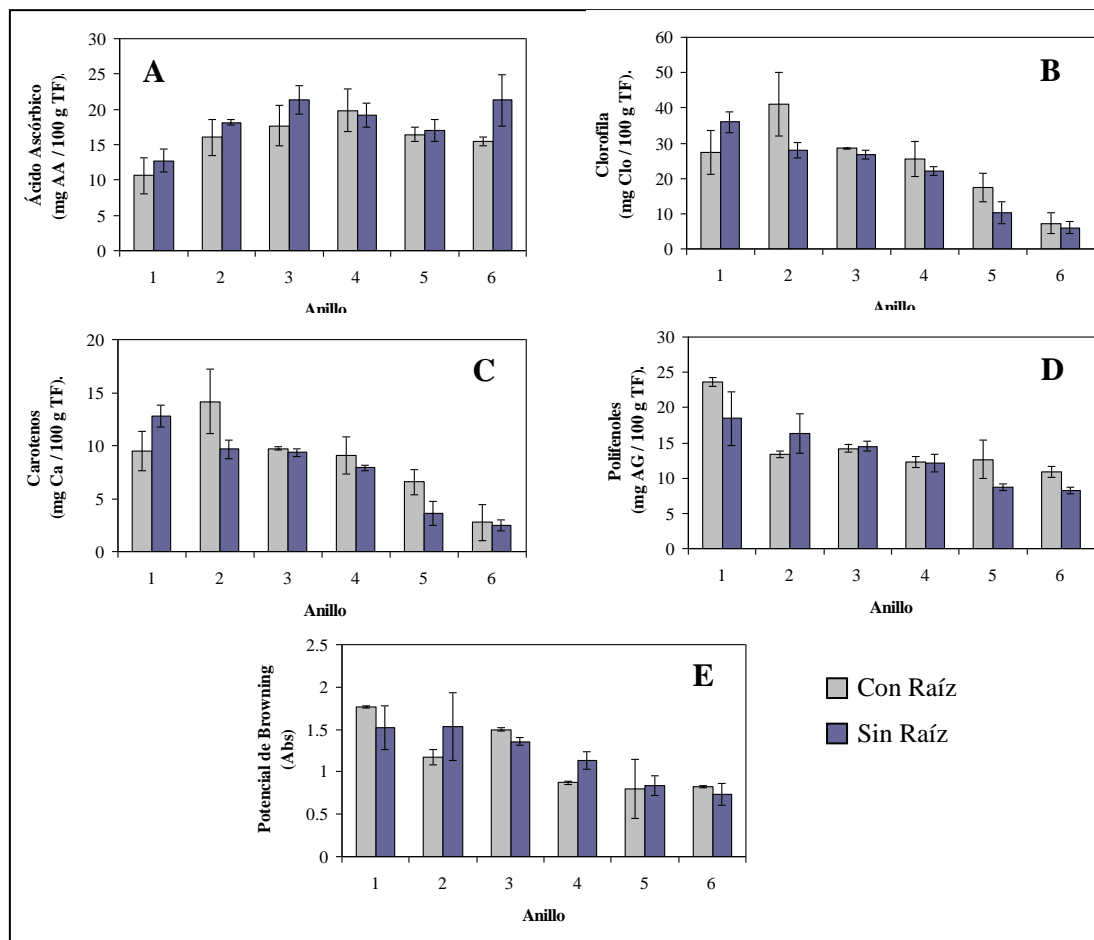


Figura 1: Valores promedio de los índices: (A) Contenido de ácido ascórbico, (B) Contenido de clorofila, (C) Contenido de carotenos, (D) Contenido de polifenoles totales, (E) Potencial de Browning.

La distribución de AA en la planta indicó un incremento en el contenido desde el anillo 1 al 3 y luego una gradual reducción para los anillos 4, 5 y 6. Goñi *et al.* (2010) trabajando con lechuga manteca de invernadero con tecnología mulch obtuvo un perfil similar así como valores comparables en el contenido de AA. El hecho de que el anillo externo tenga menos AA que el resto puede deberse a la mayor exposición de las hojas externas a las condiciones ambientales. Asimismo, estas hojas están más cerca del suelo, por lo que están más expuestas a la acción de microorganismos, al agua de riego y a metabolitos residuales de agroquímicos. Estos factores, solos o en combinación, podrían acelerar la degradación de AA de estas hojas (Hancock y Viola, 2005). Por su parte, los anillos internos (5 y 6) presentaron un menor contenido de AA que los anillos centrales debido posiblemente al menor grado de desarrollo de estas hojas y a su actividad metabólica. Es conocido que el ácido ascórbico está presente en los tejidos fotosintéticos con el objetivo de ejercer un efecto fotoprotector, neutralizando la acción de los compuestos tóxicos generados por la interacción entre el oxígeno producido en la fotosíntesis, la luz y la cadena de transporte de electrones (Lee y Kader, 2000). Las hojas externas y medias son las que necesitan una mayor fotoprotección por estar más expuestas a la luz y por ser las hojas que llevan a cabo la fotosíntesis en mayor medida. Las hojas internas en cambio son aún inefficientes en este proceso y obtienen el carbono para su crecimiento de las hojas más desarrolladas de la planta. Esto podría justificar la menor concentración de AA en los anillos internos de la planta. Agüero *et al.* (2008) y Goñi *et al.* (2010) también encontraron valores más bajos de

ácido ascórbico en hojas internas de lechuga mantecosa. Sin embargo, para apio Guerra *et al.* (2010) informaron lo contrario.

El factor MODO DE COSECHA no fue significativo sobre el contenido de clorofila (Clo), pero sí ($p < 0.001$) lo fue el factor ANILLO (**Figura 1 (B)**), evidenciándose un impacto significativo de la edad del tejido en el contenido de este pigmento. Los valores de Clo de los anillos externos fueron significativamente mayores a los registrados en los anillos medios y a su vez éstos fueron significativamente mayores a los registrados en los anillos internos de la planta. Durante el desarrollo de la planta, a medida que la hoja se expande se observa un incremento en la tasa fotosintética por unidad de área debido a que existe un incremento en el número y tamaño de los cloroplastos y en la concentración de clorofila (Di Benedetto, 2005). En la planta de lechuga, los anillos externos están constituidos por hojas maduras, desarrolladas, caracterizadas por un color verde intenso que se relaciona con su alto contenido de Clo. Por otra parte, los anillos internos están constituidos por hojas jóvenes en pleno crecimiento caracterizadas por tener un color más pálido y amarillento relacionado con un bajo contenido de Clo. Agüero *et al.* (2008) estudió el contenido del pigmento clorofila en tres zonas diferentes de la planta de lechuga mantecosa (externa, media e interna) y encontró que el contenido de Clo de la zona externa fue 10 veces mayor al de la zona interna.

De manera similar al contenido de clorofila, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de carotenos totales (Ca) entre las plantas con y sin raíz, pero sí ($p < 0.001$) entre los distintos anillos. La **Figura 1 (C)** permite observar que hay una fuerte tendencia decreciente de este índice con valores de Ca para el anillo 1, 6 veces menor que para el anillo 6. El impacto de la edad del tejido sobre la concentración de los pigmentos carotenoides fue estudiado también en otros vegetales, encontrándose comportamientos similares a los informados en el presente trabajo. Lefsrud *et al.* (2007), estudiando la evolución de los pigmentos carotenoides y clorofílicos en kale, encontró incrementos en el valor de los mismos desde que la hoja se encuentra en los primeros estadios de desarrollo hasta que alcanza la madurez.

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales respecto de la variable MODO DE COSECHA pero sí respecto del factor ANILLO. La **Figura 1 (D)** permite observar una tendencia decreciente de este índice, donde los anillos externos presentan los mayores valores. Ha sido demostrado que los polifenoles son parte de un complejo mecanismo de defensa contra un amplio rango de estreses y se acumulan como respuesta a la perturbación (Blokhina *et al.*, 2003). Como se mencionó anteriormente, las hojas externas de la planta de lechuga están más expuestas a las condiciones ambientales, generándose un estrés en esas hojas y activándose los mecanismos de defensa con el consecuente aumento de la concentración de polifenoles. Existe poca información sobre la evolución del contenido de compuestos fenólicos en vegetales de hoja durante el crecimiento de la planta. Bergquist *et al.* (2005) demostró que la concentración de flavonoides disminuye con la edad en hojas de espinaca, mientras que Pandjaitan *et al.* (2005) encontró que las hojas medias de espinaca presentan los mayores valores de polifenoles y flavonoides totales.

La lechuga es un vegetal de hoja cuya vida de anaquel se encuentra acotada, entre otros factores, por el pardeamiento que tiene lugar tanto en la zona del tallo, como en las nervaduras y el borde de las hojas. El desarrollo de browning es una consecuencia de la acumulación de compuestos fenólicos en el tejido debido a la actividad de la enzima fenilalanina amonía liasa (PAL) y su subsecuente oxidación a o-quinonas. Las quinonas

luego se polimerizan dando lugar a compuestos pardos (Peiser *et al.*, 1998). La **Figura 1 (E)** demuestra que la capacidad del tejido de pardear está íntimamente relacionada con el contenido de polifenoles del mismo dado que se observa un comportamiento similar en ambos índices. Otros autores también han indicado que un aumento en la actividad de la PAL y por lo tanto en la síntesis de compuestos fenólicos se encuentra correlacionada con la susceptibilidad de los tejidos de pardear (Couture *et al.*, 1993).

5. Conclusiones

La caracterización del contenido de fitoquímicos en lechuga mantecosa recién cosechada presentó una clara distribución a lo largo de la planta. Los anillos medios presentaron los mayores valores de AA, mientras que los anillos externos fueron los que exhibieron un mayor contenido de pigmentos. Asimismo, los anillos externos también presentaron un mayor contenido de compuestos fenólicos y un mayor potencial de pardeamiento, indicando que estos índices se encuentran fuertemente correlacionados.

Sólo se detectaron diferencias significativas respecto de la cosecha con y sin raíz en el contenido de AA, siendo mayor este índice para las plantas sin raíz. Es posible que la síntesis de AA sea una respuesta más rápida al estrés producido por el corte de la raíz que la síntesis de compuestos fenólicos, para los cuales no se detectó un aumento durante los 90 min posteriores a la cosecha (tiempo en que se trataron las muestras).

Dado que las hojas pertenecientes a los anillos internos poseen la menor capacidad de pardeamiento, son las más aptas para ser utilizadas en alimentos vegetales mínimamente procesados. De esta manera se obtendría un producto con una vida útil más extendida desde el punto de vista sensorial. Sin embargo, la utilización de estas hojas va en detrimento de la calidad nutricional dado que las mismas son las que presentaron los valores más bajos de fitonutrientes. Las hojas medias se encontrarían en una situación de compromiso entre la calidad nutricional y sensorial de lechuga.

6. Bibliografía

- Agüero, M.V. (2011). Tesis doctoral: Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor. Facultad de Ingeniería, Universidad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Agüero, M.V.; Barg, M.V.; Yommi, A.; Camelo, A.; Roura, S.I. (2008). Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. *Journal of Food Science*, 73(1):S47-S55.
- Bergquist, S.A.M.; Gertsson, U.E.; Knuthsen, P.; Olsson, M.E. (2005). Flavonoids in baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): changes during plant growth and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3:9459-64.
- Blokhina, O.; Virolainen, E.; Fagerstedt, K.V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*, 9: 179-194.
- Couture, R.; Cantwell, M.I.; Ke, D.; Saltveit, M.E. (1993). Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. *HortScience*, 58:609-610.

- Di Benedetto, A. (2005). Manejo de cultivos hortícolas: bases ecofisiológicas y tecnológicas. Primera edición. Buenos Aires, Orientadora Gráfica Editora, 384 p.
- Guerra, N; Carrozzi, L.; Goñi, M.G.; Roura, S.I.; Yommi, A. (2010). Quality characterization of celery (*Apium graveolens* L.) by plant zones and two harvest dates. Journal of Food Science, 75(6): S327-S332.
- Goñi, M.G.; Agüero, M.V.; Moreira, M.R.; Ponce, A.G.; Roura, S.I. (2010) Ring characterization of quality indices in Butterhead lettuce cultivated under mulch and bare soil. Journal of Food Quality, 33:439-460.
- Grusak, M.A.(2002).Phytochemicals in plants: genomics-assisted plant improvement for nutritional and health benefits. Current Opinion in Biotechnology, 13:508-511.
- Hancock, R.D.; Viola, R. (2005). Improving the nutritional value of crops through enhancement of L-ascorbic acid (vitamin C) content: rationale and biotechnological opportunities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(13):5248-57.
- Lee,S.K.; Kader,A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20:207-220.
- Lefsrud, M.; Kropsell, D.; Wenzel, A.; Sheehan, J. (2007). Changes in kale (*Brassica oleracea* L. var *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. Scientia Horticulturae, 112:136-141.
- Monk,L.S.; Fagersted,K.V.; Crawford,R.M. (1989). Oxygen toxicity and superoxide dismutase as an antioxidant in physiological stress. Plant Physiology, 76:456-459.
- Nicolle,C.; Cardinault,N.; Gueux,E.; Jaffrelo,L.; Rock,E.; Mazur, A.; Amouroux, P.; Remesy, C. (2004). Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in rat. Clinical Nutrition, 23(4):605-614.
- Oh, M.; Carey, E.E.; Rajashekar, C.B. (2009). Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce. Plant Physiology and Biochemistry 47:578–583.
- Pandjaitan, N.; Howard, L.R; Morelock, T.; Gil, M.I. (2005). Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:8618-23.
- Peiser, G.; López-Galvez, G.; Cantwell, M.I.; Saltveit, M.E. (1998). Phenylalanine ammonia-lyase inhibitors browning of cut lettuce. Postharvest Biology and Technology, 14:171–177.
- Pereyra,L.; Roura,S.I.; del Valle, C.E. (2005). Phenylalanine ammonia lyase activity in minimally processed Romaine lettuce. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 38:67-72.
- R Development Core Team. (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Roura, S.I.; Moreira, M.R.; Crapiste, G.H.; Del Valle, C.E. (2001). Biochemical Characterization of Two Pepper Varieties in the Green and Red Ripening Stages. *Italian Journal of Food Science*, 4(13): 391-397.
- Singleton, V.L.; Rossi, J.A.Jr. (1965). Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16:144–158.
- Szeto, Y.T.; Kwok, T.C.Y.; Benzie, I.F. (2004). Effect of a long term vegetarian diet on biomarkers of antioxidant status and cardiovascular disease risk. *Nutrition*, 20(10): 866.
- Wien, H.C. (1997). *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB INTERNATIONAL, New York. 672 p.

38TCA. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MINERAL DE DOIS TIPOS DE AZEDINHAS NATIVAS DA REGIÃO DE SETE LAGOAS/MG - BRASIL

ARÁUJO, A.P.*; SILVA, E.C.*; CARLOS, L.A.*; FERRAZ, L. C. L.*; PEDROSA, M. W.**; SABRINE, L.*

*Universidade Federal de São João del Rei -Campus Sete Lagoas. Caixa Postal 56 CEP 35701-970, Sete Lagoas-MG, Brasil ** EPAMIG Prudente de Moraes-MG, Brasil. E-mail: lanamar@ufsj.edu.br

Resumo: A azedinha (*Rumex acetosa* L.) é uma espécie olerícola consumida *in natura* em saladas e integram o grupo de hortaliças não convencionais. São plantas rústicas sendo muitas vezes consideradas “matos” e plantas daninhas. Existem dois tipos de (*Rumex acetosa* L.) nativas na região de Sete Lagoas que são cultivadas normalmente em hortas familiares e aqui denominadas Tipo I e Tipo II. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfologia e a composição química de dois tipos de Azedinha nativos da região de Sete Lagoas. O trabalho foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições em área do Banco de Hortaliças Não Convencionais da EPAMIG – Prudente de Moraes-MG, Brasil. As plantas foram conduzidas até ao ponto de colheita, 60 dias após o transplântio das mudas, quando foram colhidas para as análises. Foram avaliadas as seguintes características: peso, largura, comprimento, número de nervuras do lado esquerdo e direito das folhas, razão largura/comprimento da folha, diâmetro transversal e longitudinal da base do pecíolo e razão diâmetro longitudinal e transversal da base do pecíolo das folhas, teores de macro e micronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade. Observou-se que há diferenças significativas quanto as características avaliadas entre os tipos I e II de *Rumex acetosa* L. Concluiu-se que as Tipos I e II de *Rumex acetosa* são diferentes podendo ser estabelecidos como duas variedades distintas.

Palavras chaves: *Rumex acetosa* L., azedinha, hortaliças não convencionais

1. Introdução

A Azedinha (*Rumex acetosa* L.) é uma espécie olerícola consumida *in natura* em saladas e integram o grupo de hortaliças não-convencionais no Brasil (Manual de Hortaliças Não-Convencionais, 2010). São plantas cultivadas em regiões de clima ameno do Rio Grande do Sul a Minas Gerais. Suas folhas são consumidas *in natura* em saladas ou cozidas em sopas (Leone, 2009). Possui teor de oxalato de cálcio relativamente alto, o que limita o consumo por quem sofre de problemas renais. Não se sabe ao certo sua origem, mas é encontrada em estado silvestre em regiões de clima ameno da Europa e da Ásia.

A planta pertencente a família Polygonaceae, é uma herbácea perene, atingindo cerca de 20 cm de altura e formando touceiras com dezenas de propágulos (Manual de Hortaliças Não-Convencionais, 2010). Existe alguma variabilidade, bastante semelhantes entre si, ocorrendo na prática à seleção e manutenção de variedades locais. Na região de Sete Lagoas – Minas Gerais – Brasil ocorre espontaneamente dois tipos de Azedinha (*Rumex acetosa* L.) com características fenotípicas contrastantes denominadas aqui Tipo I e Tipo II. As plantas do Tipo I apresentam porte robusto e maior que as plantas do Tipo I Figura 1. As folhas são maiores e mais largas embora as demais características sejam bastante semelhantes.

Os estudos sobre morfologia de plântulas têm merecido atenção há algum tempo, quer seja como parte de estudos morfo-anatômicos, objetivando ampliar o conhecimento sobre

determinada espécie ou grupamento sistemático vegetal, quer visando o reconhecimento e identificação de plântulas de certa região dentro de um enfoque ecológico (Oliveira, 1993). As características morfológicas manifestam-se por componentes estruturais das plantas e o seu valor aprecia-se pela sua constância, podendo ser empregadas com confiança na identificação de espécies (Lawrence, 1973). A caracterização de cultivares é uma etapa essencial em programas de certificação, melhoramento e conservação de germoplasma, pois permite o monitoramento da qualidade genética (IBPGr, 1988) e pode ser realizada com base em diferenças na morfologia das plantas, nas moléculas de proteínas e de DNA (Ferreira e Grattapaglia, 1998). A escolha do método a ser empregado dependerá das condições técnicas existentes e da genética das espécies.

Caracteres morfológicos têm sido utilizados, tradicionalmente, como assinaturas da identidade, pureza varietal e genética (Ambiel et al., 2008), bem como os descritores morfológicos têm sido usados por diversos pesquisadores para a caracterização de germoplasma.

Para diversas frutíferas, a distinção entre variedades pode ser realizada com base em aspectos morfológicos das folhas, o que permite a diferenciação mesmo quando estas não apresentam flores e/ou frutos (Galán Saúco e Menini, 1989).

2. Objetivos

1) Caracterizar a morfologia e a composição mineral de dois tipos de Azedinha (*Rumex acetosa* L.).

3. Material e Método

O projeto foi desenvolvido em áreas Banco de Hortaliças Não Convencionais da EPAMIG no município de Prudente de Moraes, situado na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais com coordenadas geográficas 190, 28' 33'' latitude sul e 440, 11' 53'' longitude oeste. A uma altitude de 769 m acima do nível do mar, possui clima do tipo AW (Tropical estacional de savana), inverno seco com temperatura média anual de 22,10C e precipitação pluviométrica média anual de 1340 mm.

Foram estudados dois tipos de plantas de Azedinha (*Rumex acetosa* L.) nativas na região de Sete Lagoas e mantidas no Banco de hortaliças não convencionais da EPAMIG. Estes dois tipos convencionados (Tipo I e Tipo II) apresentam diferenças fenotípicas em termos de porte, coloração e forma das folhas sugerindo ser tipos distintos de (*Rumex acetosa* L.).

O trabalho foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As plantas foram conduzidas até ao ponto de colheita, 60 dias após o transplântio das mudas, quando foram colhidas para as análises morfológicas. As mudas de cada tipo de Azedinha foram transplantadas em espaçamento 0,30 m x 0,30 m em canteiros com 1,20 m de largura e quatro fileiras num total de 16 plantas por parcela. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com o recomendado para a espécie (Manual de Hortaliças Não-Convencionais, 2010).

Para a as análises foram consideradas quatro plantas centrais como parcela útil fixando-se em uma planta de cada uma das quatro repetições. De cada planta foram retiradas aleatoriamente cinco folhas onde se avaliaram: peso, largura, comprimento, número de nervuras do lado esquerdo e direito do limbo foliar, razão largura e comprimento do limbo foliar, diâmetro transversal e longitudinal da base do pecíolo e razão diâmetro longitudinal e transversal da base do pecíolo. Para a análise de nutrientes, foram coletadas 10 folhas por parcela, sendo que estas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 45°C, durante 72 horas. O material foi então triturado em moinho tipo Wiley com peneira de 30 mesh e armazenado em frascos

hermeticamente fechados. Os macro e micronutrientes analisados em amostras de folhas foram: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e boro (B). O N foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965); o P, por colorimetria; o K, por fotometria de chama; Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica; o S, por turbidimetria com cloreto de bário (Jones Jr. et al., 1991; Malavolta et al., 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

4. Resultados e Discussão

Observou-se que as características: peso, comprimento, largura e diâmetro longitudinal do limbo foliar do Tipo I de *Rumex acetosa* foram significativamente maiores que as folhas do Tipo II de *Rumex acetosa* (Tabela 1). Estes valores demonstram porte maior das plantas do Tipo I o que pode ser visualizado nitidamente em campo (Figura 1). Por outro lado, embora exista diferença entre o porte das plantas, não houve diferenças significativas quanto ao número de nervuras e razão largura comprimento do limbo foliar.

TABELA 1 – Peso da folha (PF), largura do limbo foliar (LF), comprimento do limbo foliar (CF), relação largura comprimento do limbo foliar (RLCF), número de nervuras do lado esquerdo do limbo foliar (NNLE), número de nervuras do lado direito do limbo foliar (NNLD), diâmetro transversal da base do pecíolo (DTBP), diâmetro longitudinal da base do pecíolo (DLBP) e relação diâmetro longitudinal e diâmetro transversal da base do pecíolo relativos aos tipos I e II de Azedinha (*Rumex acetosa* L)

TIPO	PF (g)	LF (cm)	CF (cm)	RLCF	NNLE	NNLD	DTBP (mm)	DLBP (mm)	RDLT T
I	4,09a	8,94a	18,63a	0,47a	6,09a	7,20a	5,06a	3,18a	0,66b
II	2,04b	6,43b	12,47b	0,51a	7,05a	6,90a	3,11b	3,14a	1,11a
CV(%)	16,05	5,24	6,57	5,08	11,21	12,42	17,87	19,68	20,08

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Mesmo a largura e o comprimento do limbo foliar das plantas do tipo I sendo significativamente maiores do que o limbo foliar das plantas do tipo II a razão largura comprimento indicaram folhas com o limbo estreito e mesmo formato para ambos os tipos de plantas. O diâmetro transversal da base do pecíolo das folhas das plantas do Tipo I foi significativamente superior ao das folhas do Tipo II não havendo diferenças significativas em relação ao diâmetro longitudinal da base do pecíolo. Por outro lado, observou-se diferenças significativas quanto a razão entre os diâmetros demonstrando formato de pecíolo maior e achatado para as plantas do Tipo I e base de pecíolo menor e arredondado para as plantas do tipo II.

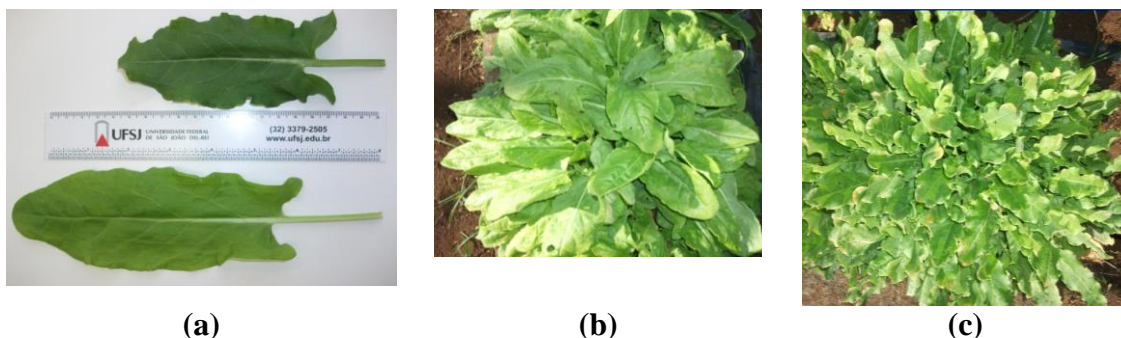


Figura 1. Folhas de Azedinha (*Rumex acetosa*) Tipos I e II (a), Tipo I (b) e Tipo II (b)

Em termos de macronutrientes, com exceção do cálcio (Ca) as plantas do tipo I apresentaram significativamente maiores teores nas folhas (Tabela 2). Isso indica uma dinâmica diferenciada de absorção dos macronutrientes e também melhor nutrição das plantas. Por outro lado, o porte maior nas plantas do tipo II mostrado pela análise dos dados morfológicos induz supor necessidade de maior absorção de nutrientes pelas plantas. Para os micronutrientes (Tabela 3), os dados mostram absorção e nutrição diferenciada. Observou-se que os teores de manganês (Mn) e cobre (Cu) foram significativamente maiores para as plantas do tipo I enquanto os teores de ferro (Fe) e zinco (Zn) foram significativamente maiores para as plantas do tipo II, não havendo diferenças significativas quanto ao teor de enxofre (S). Estes dados indicam que o porte da planta não interfere na absorção e nutrição de micronutrientes. Estes dados podem servir de referência quanto a nutrição da espécie (*Rumex acetosa* L)

TABELA 2 – Macronutrientes analisados em plantas dos tipos I e II de Azedinha (*Rumex acetosa* L).

TIPO	MACRONUTRIENTES (mg g ⁻¹)*					
	N	P	K	Ca	Mg	S
I	26,2a	5,1a	40,2a	5,9a	5,5a	2,0a
II	17,3b	3,4b	33,4b	6,1a	5,1a	1,2b
CV (%)	9,6	6,4	10,1	11,5	12,3	13,1

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 3 – Micronutrientes analisados em plantas dos tipos I e II de Azedinha (*Rumex acetosa* L).

TIPO	MICRONUTRIENTES (mg kg ⁻¹)*				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
I	205b	44,5a	4,3a	13,6b	37,0ab
II	258a	20,1b	1,4b	29,9a	38,5a
CV (%)	15,6	18,3	18,8	18,5	19,4

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

5. Conclusão

Os dados permitiram concluir que o Tipo I e o Tipo II de Azedinha (*Rumex acetosa* L) são morfológicamente diferentes quanto as características foliares, embora possuam o mesmo formato. Também são diferentes quanto a composição de micronutrientes e de macronutrientes, portanto, podem ser estabelecidas como duas variedades distintas.

6. Bibliografia

- Ambiel, A.C.; Guaberto, L.M.; Vanderlei, T.M.; Machado Neto, N.B. (2008). Agrupamento de acessos e cultivares de três espécies de *Brachiaria* por RAPD. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30 (4), 457-464.
- Ferreira. M.E.; Grattapaglia, D. (1998). Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3^o ed. Brasília: Embrapa-Cenargen.
- Galán Saúco, V.; Menini, U.G. (1989). Litchi cultivation. *FAO Plant Production and Protection*, 83, 143.
- IPGRI-International Plant Genetic Resources Institute (2003). Descriptors for Rambutan (*Nephelium lappaceum*). Rome.

- Jackson, M.L. (1965). Soil chemical analysis. New Jersey: Prentice Hall.
- Jones, J.B Jr.; Wolf, B.; Mills, H.A. (1991). Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens (USA): Micro-Macro Publishing.
- Lawrence, G.H.M. (1973). Taxonomia das plantas vasculares. Lisboa: Fundação Caluste
- Leone, R. S. (2009). Desenvolvimento de suco misto de frutas e hortaliça para a melhoria da qualidade nutricional e funcional. Dissertação de Mestrado. Programa de pós- graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFV.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. de. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS.
- Manual de hortaliças não-convencionais (2010). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS.
- Oliveira, E.C. (1993). Morfologia de plântulas. In Sementes florestais tropicais (I.B. Aguiar, F.C.M. Piña Rodrigues & M.B. Figliolia, eds.). ABRATES, Brasília, pp. 175-214.

40TCA. PRODUCCIÓN DE LIPASA DE *ASPERGILLUS NIGER* UTILIZANDO DIFERENTES SEDIMENTOS DERIVADOS DE LA REFINACIÓN DE ACEITES

SANTOS, R.R.S.¹, VIANA, L.A.N.², DAMASO, M.C.T.³, SILVA, J.P.L.⁴,
SANTOS, L.O.¹

1 Departamento de Tecnología de Alimentos – Instituto de Tecnología - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ribeirorsantos@gmail.com

2 Universidade Estadual da Zona Oeste.

3 Embrapa Agroenergia. Brasília, DF.

4 Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro, RJ

Resumen: Las lipasas (triacilglicerol hidrolasas, EC 3.1.1.3) son enzimas que, en solución acuosa, catalizan la hidrólisis del enlace éster de los triglicéridos y en medios no acuosos, catalizan reacciones inversas como de esterificación, transesterificación, interesterificación (alcoholólisis, acidólisis), y aminólisis. La producción de estas enzimas por hongos filamentosos vía fermentación en estado sólido (FES) ha demostrado ser una forma eficiente de producirlas, especialmente con hongos filamentosos, ya que esta técnica proporciona micro condiciones ambientales similares a su *hábitat* natural. Teniendo en cuenta este hecho, el presente estudio tuvo como objetivo, producir lipasa fúngica por FES utilizando un reactor en columnas y empleando sedimento alcalino (canola, maíz y girasol) proveniente de la refinación de aceites. El agente de fermentación fue el mutante *Aspergillus niger* 11T53A14, el cual se seleccionó en estudios previos como prometedora para la producción de enzimas. La lipasa fue producida en un medio conteniendo subproductos agroindustriales de salvado de trigo. Para el estudio del proceso de optimización, se aplicó un diseño factorial fraccionado 2^{4-1} , siendo las variables analizadas: porcentaje de nitrógeno, volumen de solución de sulfato de amonio, concentración inicial de conidios y concentración de inductor. La determinación de la actividad de lipasa, actividad de proteasa y el análisis de proteína extracelular total se llevaron a cabo en el extracto enzimático. Los resultados mostraron que la mayor actividad de lipasa (201 U/g_{masa seca}), se produce con sedimento de girasol en condiciones de 0,5% de nitrógeno, 80 mL de volumen de sulfato de amonio, 10^8 esporas y 3% de sedimento, y sólo la variable volumen de sulfato de amonio influyó significativamente en la actividad de lipasa. Los niveles de actividad enzimática obtenidos mostraron que tanto la cepa de hongos como el lodo alcalino tienen un gran potencial para la producción de lipasa en comparación con los datos de la literatura científica.

1. Introducción:

En la actualidad, el tema de las enzimas es uno de los albos principales de la investigación en biotecnología, no sólo por su papel fundamental en los mecanismos celulares, sino también por su potencial aplicación en la sustitución de procesos químicos convencionales (SENA et al., 2006).

Las lipasas (triacilglicerol acil-hidrolasas, EC 3.1.1.3) son enzimas lipolíticas, que pertenecen al grupo de las hidrolasas, cuya función biológica es catalizar la hidrólisis y síntesis de acilgliceroles, tomando como sustrato a los triacilgliceroles. Actúan tanto en medios acuosos como en medios orgánicos con cantidades limitadas de agua (JAEGER y et al., 1999) y se definen como carboxilesterasas las cuales actúan sobre sustratos emulsionados (CASTRO, 2004). Sin embargo, en entornos acorestrictos en presencia de solventes orgánicos, esta enzima cataliza reacciones inversas como de esterificación,

transesterificación, interesterificación (alcoholisis, acidólisis), aminólisis (síntesis de amidas) y lactonización (REETZ, 2002).

Las lipasas son enzimas empleadas comúnmente en síntesis orgánica, y más del 20% de las biotransformaciones se llevan a cabo utilizándolas (JAYAPRAKASH y EBENEZER, 2010). Tienen aplicaciones en varias industrias tales como: alimentos, productos químicos, detergentes, tratamiento de aguas residuales, farmacéutica, cosmética, industria del cuero y del papel (KO et al., 2005).

El uso de hongos filamentosos como *Aspergillus niger* se viene utilizando en la industria de la fermentación, y son los microorganismos más importantes utilizados en la producción de enzimas y antibióticos. Naturalmente, liberan grandes cantidades de enzimas y productos metabólicos. Como beneficio adicional, la excreción de productos asegura una recuperación de forma simplificada (AGUIAR y MENEZES, 2000).

La fermentación en estado sólido, utilizada para la producción de lipasa, implica el crecimiento de microorganismos en sólidos humidificados, en ausencia de agua. Esta técnica tiene muchas ventajas para la producción de enzimas tales como la economía de espacio requerido para la fermentación, la simplicidad de los medios de fermentación, de equipos y sistemas de control, los mayores ingresos dependiendo del metabolito, bajo consumo de energía y la de reducir los costos operativos y de capital (MAHADIK et al., 2002). Por otra parte, este proceso requiere una menor preocupación con respecto al daño medioambiental, por lo que, encuentra muchas aplicaciones en la gestión de residuos sólidos (VANDENBERGHE et al., 2000).

2. Objetivo:

Mejorar la producción de lipasa por el hongo filamentosos *Aspergillus niger* mutante 11T53A14 vía fermentación en estado sólido en un reactor de columna utilizando residuos agroindustriales y subproductos de la refinación de aceites.

3. Método:

El microorganismo utilizado como agente de fermentación fue el hongo filamentosos *Aspergillus niger* mutante 11T53A14 perteneciente a la Colección de Cultivos de interés de la Embrapa Agroindústria de Alimentos y Agroenergía. Las cepas de hongos fueron mantenidas y activadas en medio básico conteniendo aceite de oliva como fuente de carbono.

Los conidios cultivados en agar inclinado fueron resuspendidos en una solución 0,1% de tween 80. Esta suspensión fue inoculada en matraces Erlenmeyer conteniendo como medio, mazorcas de maíz. Después de un crecimiento de alrededor de 5 días en la cámara de incubación, los conidios se suspendieron en una solución de tween filtrada a través de una gasa. La concentración de esporas en suspensión se determinó usando una cámara de Neubauer.

El medio de FES se obtuvo con residuos sólidos agroindustriales (salvado de trigo), mezclado con una fuente de nitrógeno (solución de sulfato de amonio) y el inductor (sedimento alcalino). Después de la preparación del medio, se esterilizó en autoclave. La solución de sulfato de amonio añadida al medio varió en función del contenido de humedad deseado en 100 g de caldo de fermentación. Los experimentos para mejorar la producción de la enzima se realizaron en columnas con gas, las cuales se incubaron en un baño de agua a 32°C con entrada controlada de aire 1 vvm (volumen de aire por volumen de medio por minuto), todos en estado estacionario. Las variables de proceso estudiadas para la producción de lipasa fueron: porcentaje de nitrógeno, volumen de solución de sulfato de amonio, concentración inicial de conidios y concentración de inductor.

Los experimentos se llevaron a cabo siguiendo un método de diseño factorial fraccionado 2^{4-1} , con 3 bloques, que difieren en tipo de inductor (lodos de canola, maíz y girasol), los valores reales y codificados se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Valores reales y codificados para el experimento fraccionado

Prueba	Nitrógeno %	Volumen de la solución de (NH ₄) ₂ SO ₄ (ml)	Concentración de esporas (%)	Concentración de inductor (%)
1	-1 (0,1)	-1 (40)	-1 (10 ⁶)	-1 (1)
2	1 (0,5)	-1 (40)	-1(10 ⁶)	1 (3)
3	-1 (0,1)	1 (80)	-1 (10 ⁶)	1 (3)
4	1 (0,5)	1 (80)	-1 (10 ⁶)	-1 (1)
5	-1 (0,1)	-1 (40)	1 (10 ⁸)	1 (3)
6	1 (0,5)	-1 (40)	1 (10 ⁸)	-1 (1)
7	-1 (0,1)	1 (80)	1 (10 ⁸)	-1 (1)
8	1 (0,5)	1 (80)	1 (10 ⁸)	1 (3)
9	0 (0,3)	0 (60)	0 (10 ⁷)	0 (2)
10	0 (0,3)	0 (60)	0 (10 ⁷)	0 (2)
11	0 (0,3)	0 (60)	0 (10 ⁷)	0 (2)

Después de la fermentación, la enzima se extrajo por 1 h con fosfato de sodio pH 7,0 en una coctelera, agitando a una temperatura de incubación de 32°C, seguido de filtración con papel de filtro, y posterior filtración por membranas de microfiltración. El extracto enzimático se analizó de la siguiente manera: proteína extracelular (LOWRY y et al., 1951), determinación de la actividad de lipasa (PEREIRA et al., 2001) y la actividad de proteasa (CHARNEY y TOMARELLI, 1947).

Las actividades de las enzimas se expresaron como unidad de actividad (U), definidas por la Unidad Internacional, Unión Internacional de Bioquímica de la Unidad (IU) como la cantidad de enzima que cataliza la conversión de un micromol de sustrato por minuto.

4. Resultados y discusión:

Los resultados para inducir la producción de lipasa en FES en el reactor de columnas, utilizando sedimentos diferentes de refinación de aceite de girasol, se puede observar en la **Figura 1**.

El sedimento de girasol mostró una mayor actividad en todos los ensayos experimentales, a excepción de las pruebas 2 y 3, cuyas actividades, aunque poseen valores altos, están muy cerca de los obtenidos con sedimento de canola.

También se observa que la prueba 8 (0,5% de nitrógeno, 80 mL de volumen de sulfato de amonio, 10⁸ esporas y 3% de lodos) tiene la mayor actividad con 202,1 U/g_{masa seca}.

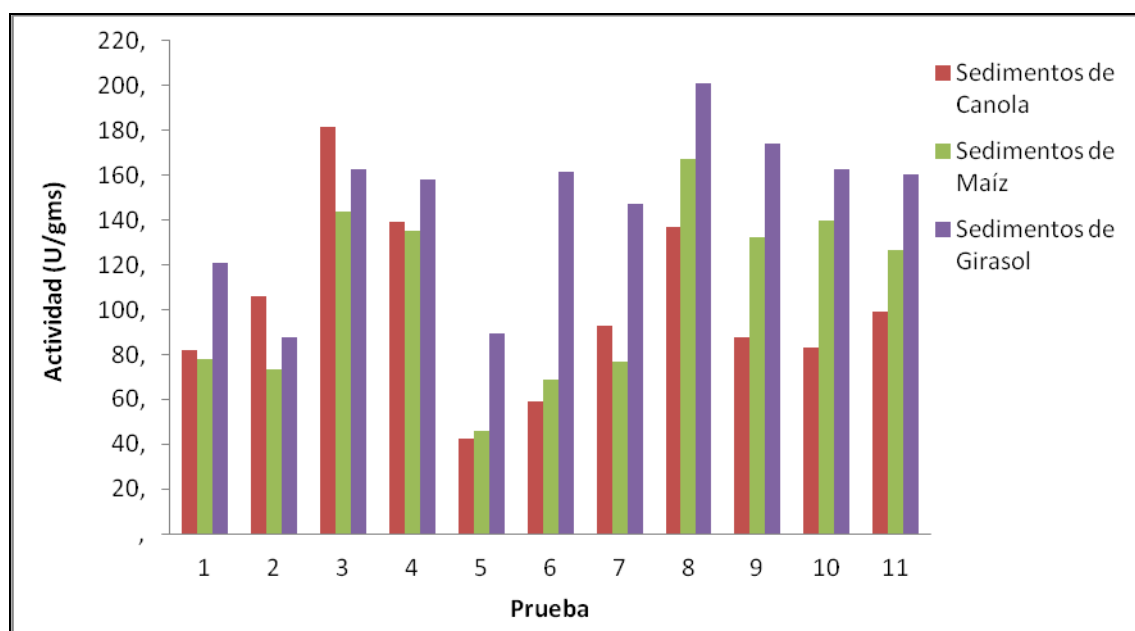


Figura 1: Actividad lipásica (U/g_{ms}) determinado en 11 ensayos empleando sedimentos de canola, maíz y girasol.

Una vez encontrada la mayor actividad empleando sedimentos, se realizó el análisis de efecto de las variables en los resultados, para ello, se utilizó el programa Statistica 6.0, y el resultado se observa en la Tabla 2, el cual reveló para un nivel de 90% de significancia ($p < 0,1$) que las concentraciones de nitrógeno, conidios y de inductor no afectaron significativamente los resultados, sin embargo, la variable volumen de sulfato de amonio tiene una influencia positiva, es decir, un mayor contenido de volumen de solución de sulfato de amonio, se traduciría en una mayor actividad de lipasa.

Tabla 2 Resultado de los efectos de las variables en la determinación de la actividad de la lipasa con sedimento de girasol.

Media/Interacción	Efecto	Error estándar	t(6)	P
	295,72	17,02	17,37	<0,0001
(1)Nitrógeno	44,29	39,91	1,11	0,3096
(2)Volumen de $(NH_4)_2SO_4$	105,05	39,91	2,63	0,0390
(3)Conidios	35,19	39,91	0,88	0,4119
(4)Inductor	-23,28	39,91	-0,58	0,5809

Rigo (2009) estudió la producción de lipasa por *Penicillium* 58 F por FES y encontró una máxima actividad lipásica en medio ácido, obteniendo 200 U/g de harina de soja seca después de 120 h de fermentación y en medio alcalino obtuvo una actividad de 191 U/g de harina de soja seca, esta última a 96 h de fermentación.

Gutarra (2009) también produjo lipasa, pero empleando una cepa salvaje de *Penicillium simplicissimum* por FES utilizando torta de babasú y encontró una actividad de 90 U/g en 72 h de fermentación.

No obstante, estos autores citados líneas arriba, utilizaron medios de fermentación y microorganismos diferentes a lo presentado en este estudio.

5. Conclusión:

Los niveles de actividad enzimática obtenidos mostraron que tanto el hongo y los sedimentos poseen un gran potencial para la producción de lipasa, al comparar con los datos de la literatura científica, se logró buenos resultados y se consiguió un máximo de actividad de 201 U/g_{ms} utilizando sedimento de girasol en condiciones de 0,5% de nitrógeno, 80 mL de volumen de sulfato de amonio, 10⁸ esporas y 3% de sedimento. En la mayoría de las pruebas se obtuvo mejores condiciones con el uso de sedimento de girasol, en comparación con los otros sedimentos estudiados, canola y maíz.

6. Bibliografía:

- AGUIAR, C. L., MENEZES, T. J. B. (2000) Produção de celulases e xilanase por *Aspergillus niger* IZ-9 usando fermentação submersa sobre bagaço de cana-de-açúcar. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (B.CEPPA), v. 18, n. 1.
- CASTRO, H. F. MENDES, A. A., SANTOS, J. C. (2004). Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. Química Nova, 1:146-156.
- CHARNEY, J.; TOMARELLI, R. M. (1947). A colorimetric method for the determination of the proteolytic activity of duodenal juice. The Journal of Biological Chemistry, 171: 501-505.
- JAEGER, K. E., DIJKSTRA, B. W., REETZ, M. T. (1999). Bacterial biocatalysts: molecular biology, three-dimensional structures, and biotechnological applications of lipases. Annual Reviews microbiology, 53: 315-351.
- JAYAPRAKASH, A., EBENEZER, P. (2010). Investigation on extracellular lipase production by *Aspergillus japonicus* isolated from the paper nest of *Ropalidia marginata*. Indian Journal of Science and Technology, 2:113-117.
- KO, W. H.; WANG, I. T.; ANN, P. J. (2005) A simple method for detection of lipolytic microorganisms in soils. Soil Biology & Biochemistry, 37: 597–599.
- LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L., RANDALL, R. L. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry, 193: 265–275.
- MAHADIK, N. D., PUNTAMBEKAR, U. S., BASTAWDE, K. B., KHIRE, J. M., GOKHALE, D. V.(2002). Production of acidic lipase by *Aspergillus niger* in solid state fermentation, Process Biochemistry, 38: 715- 721.
- GUTARRA, M. L. E., GODOY, M. G., MAUGERIB, F., RODRIGUES, M. I., FREIRE, D. M. G., CASTILHO, L. R. (2009). Production of an acidic and thermostable lipase of the mesophilic fungus *Penicillium simplicissimum* by solid-state fermentation. Bioresource Technology, 100: 5249–5254.
- PEREIRA, C. I., CRESPO, M. T. B., ROMÃO, M. V. S. (2010). Evidence for proteolytic activity and biogenic amines production in *Lactobacillus curvatus* and *L. homohiochii*. International Journal of Food Microbiology, 3: 211-216.
- REETZ, M.T. (2002). Lipases as practical biocatalysts. Current Opinion in Chemical Biology, 6:145–150.
- RIGO, E. Produção e caracterização parcial de lipases com atividade de hidrólise e de síntese por fermentação em estado sólido de farelo de soja. (2009). 188f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SENA, A. R., KOBLITZ, M. G. B., NETO, A. G. UETANABARO, A. P. T. (2006). Seleção de fungos do semiárido baiano secretores de hidrolases de interesse em alimentos. Sítientibus, Feira de Santana, 35: 91-98.

VANDENBERGHE, L. P. S., SOCCOL, C.R., PANDEY, A., LEBEAULT, J.M. (2000). Solid-state fermentation for the synthesis of citric acid by *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* , 74: 175- 178.

41TCA. CINÉTICA DE LA ACIDÓLISIS ENZIMÁTICA EN SISTEMAS BATCH AGITADOS CON BIOCATALIZADORES NO COMERCIALES

PALLA, C.; CARRÍN, M.E.*

PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur-CONICET), Camino La Carrindanga Km7, Bahía Blanca, Argentina (8000). TE: 291-4861700, FAX: 291-4861600

*e-mail: mcarrin@plapiqui.edu.ar

Resumen. El objetivo general en el que se enmarca este trabajo es la obtención de sustitutos de aceites parcialmente hidrogenados con mínima formación de isómeros *trans*. Biocatalizadores, obtenidos inmovilizando lipasas de *Rhizomucor miehei* en microesferas de quitosano modificadas superficialmente, se utilizaron en el presente trabajo para estudiar la reacción de acidólisis de aceite de girasol (SO) con ácidos grasos saturados (ácidos palmítico y esteárico, SPFA). La reacción se llevó a cabo en presencia de solvente (hexano), en condiciones de relación de sustratos (SPFA:SO), dilución (solvente:sustratos) y carga enzimática (biocatalizador:sustratos) preestablecidas en un estudio previo. Se evaluó el efecto del tiempo y de la temperatura de reacción en la incorporación de ácidos grasos saturados a la estructura de los glicéridos (F_M) y en la formación de subproductos (monoglicéridos, diglicéridos y glicerol). La F_M máxima obtenida fue 33.0 y 49.4 % molar a 50 y 60°C, respectivamente, a 70 h de reacción. Si bien F_M crece hasta pasadas las 48 h de reacción, la concentración de subproductos glicéridos se estabiliza en 24 h, en 10.4 y 19.3 %molar a 50 y 60°C, respectivamente. En ningún caso se observó formación de glicerol. Los resultados experimentales se utilizaron para obtener los parámetros cinéticos de 3 expresiones de la velocidad de reacción propuestas en la literatura: uno de ellos posee 2 parámetros y depende directamente del tiempo de reacción, otro posee 4 parámetros y depende de la incorporación instantánea lograda, y el último posee 4 parámetros y depende de las concentraciones instantáneas de productos, reactivos y compuestos intermedios (derivado de un mecanismo Ping-Pong Bi-Bi). Con todos los modelos se logró un ajuste significativo de los resultados experimentales. La contribución de este trabajo permitirá a futuro diseñar y simular reactores a mayor escala.

Palabras claves: acidólisis enzimática; lípidos estructurados; aceite de girasol; lipasas; cinética.

1. Introducción

Debido a la necesidad de la industria alimentaria de utilizar grasas plásticas o sólidas con bajo contenido de colesterol y de isómeros *trans*, la interesterificación se presenta como una alternativa válida para la obtención de dichos productos. Especialmente, la modificación de aceites catalizada por lipasas presenta selectividad y especificidad, además de poseer elevada actividad en condiciones de reacción suaves (Jensen y Hamosh, 1995). A través de la acidólisis enzimática, es posible incorporar un grupo acilo deseado en una posición específica del triglicérido para producir lípidos estructurados. En trabajos previos se estudió la acidólisis enzimática de SO con SPFA con tres lipasas inmovilizadas comerciales (Carrín y Crapiste, 2008), obteniéndose que la mayor incorporación de SPFA se logra cuando se trabaja con Lipozyme RMIM (lipasas de *Rhizomucor miehei* inmovilizadas) como catalizador, en presencia de solvente y sin agua agregada, con una relación molar de sustratos 6:1 (SPFA:SO) y una carga de enzima de 8%p (basada en el total de reactivos). También se ha determinado que tiempos de reacción entre 24 y 48 h, trabajando a temperaturas entre 50 y 60°C, permiten maximizar la incorporación de ácidos

grasos saturados en los triglicéridos del SO. En la literatura se encuentra gran cantidad de trabajos referidos a condiciones de reacción enzimática óptimas durante la acidólisis de triglicéridos (TAG), en varios de los cuales se utiliza el modelado por Superficie de Respuesta, pero en pocos de ellos se plantea el análisis de la cinética enzimática. Conocer la magnitud de las constantes de velocidad de un modelo cinético es muy importante, no solo para entender el efecto que las variables de reacción tienen sobre su velocidad, sino también para realizar el diseño, optimización, escalado y control de los reactores donde se llevan a cabo estas reacciones (Camacho et al., 2007). Xu et al. (1998) propuso un modelo cinético simplificado para reacciones de acidólisis en sistemas libres de solvente. Camacho et al. (2007) postuló un modelo cinético para la acidólisis de TAG con ácidos grasos libres (FFA) catalizada por una enzima específica sn-1,3 inmovilizada, para sistemas con solvente. Reyes y Hill (1994) obtuvieron una forma simplificada de una expresión cinética basada en un mecanismo Ping Pong Bi Bi para modelar el comportamiento dinámico de la acidólisis entre TAG y FFA en ausencia de solvente. Los 3 modelos previamente mencionados han sido utilizados por Pacheco et al. (2010), representando satisfactoriamente el comportamiento cinético de la reacción de acidólisis de aceite de girasol con ácidos grasos saturados, utilizando una lipasa inmovilizada comercial.

2. Objetivos

En el presente trabajo se estudia la cinética de incorporación de los grupos acilo de interés (ácidos grasos saturados) y el efecto de la temperatura de reacción, en la modificación de SO con SPFA, utilizando un biocatalizador sólido obtenido en el laboratorio y fijando el resto de las variables en los niveles optimizados en un trabajo previo (Palla et al. (2011b)).

3. Metodología

3.1 Materiales. El SO se adquirió en un comercio local. Lipasa de *Rhizomucor miehei*, la mezcla de ácidos grasos esteárico y palmítico (SPFA), y los estándares de mono, di y triglicéridos fueron provistos por Sigma-Aldrich (USA). Patrones de metilésteres de ácidos grasos (FAMES) fueron provistos por Supelco (USA). Los otros reactivos y solventes utilizados fueron de grado analítico o cromatográfico, según correspondió.

3.2 Obtención del biocatalizador sólido. La preparación de las microesferas de quitosano modificadas superficialmente y la inmovilización de la lipasa sobre las mismas, se realizó como se describe en un trabajo previo (Palla et al., 2011a).

3.3 Acidólisis enzimática. Los sustratos (110 mg SO + 105 mg SPFA, 1:3 molar) y el hexano (15 mL/g sustrato) se mezclaron y calentaron hasta la temperatura de trabajo, y la reacción se inició cuando se agregó la enzima inmovilizada (1.6 g/g sustrato). Las reacciones se llevaron a cabo en tubos cerrados, con agitación magnética (150 rpm) manteniendo la temperatura con un baño termostatzado. Para detener cada reacción, la enzima se removió filtrando con papel de filtro tipo Whatman 1.

3.4 Análisis de productos. Las muestras de reacción se dividieron en 2 para realizar los distintos análisis de productos. Los glicéridos se aislaron de una fracción de la mezcla de reacción por deacidificación alcalina como se describe en un trabajo previo (Carrín y Crapiste, 2008).

3.4.1 Determinación de ácidos grasos incorporados a los glicéridos. FAMES se prepararon a partir de las muestras deacidificadas a través de transesterificación en frío con KOH metanólico de acuerdo al Método Oficial Ce 2-66 (AOCS, 2009), y se analizaron por cromatografía gas-líquido (GLC) en un cromatógrafo gaseoso Agilent serie 4890D (Hewlett-Packard) equipado con una columna capilar (SP-2380, 30 m x 0.25 mm x 0.2 µm espesor de film; Supelco Inc.). Hidrógeno se utilizó como gas transportador con una

velocidad de 17 cm/min. Se inyectó en modo split con una relación 1:100. La temperatura del horno se programó a 170°C por 15 min, incrementándose hasta 210°C a una velocidad de 4°C/min, y se mantuvo a dicha temperatura por 10 min. Las temperaturas del inyector y del detector se fijaron en 220°C. FAMEs se identificaron por comparación de los tiempos de retención con estándares auténticos.

3.4.2 Determinación de la composición de glicéridos. Las muestras sin deacidificar se silanizaron y se analizaron por GLC, de acuerdo a Pacheco et al. (2009), para cuantificar los productos (triglicéridos, TAG) y subproductos (diglicéridos, DAG, monoglicéridos, MAG, y glicerol, G) de la reacción. Se utilizó un cromatógrafo gaseoso Agilent serie 4890D equipado con columna capilar (MXT-65TG, 30 m x 0.25 mm x 0.10 µm; Restek) en las siguientes condiciones: gas carrier, H₂; inyección: modo split (1:30, 320°C); programación del horno: 40°C (4 min), hasta 350°C (25°C/min), hasta 355°C (0.2°C/min); detector: FID (370°C). Se utilizó el método del estándar interno con curvas de calibración para cuantificar cada grupo de subproductos (G, MAG and DAG). Para MAG se utilizó monopalmitina y para DAG, dipalmitina.

3.5 Modelos cinéticos

El modelo cinético más simple encontrado en la literatura para representar el comportamiento de lipasas en función del tiempo de reacción es el modelo simplificado propuesto por Xu et al. (1998). Este modelo representa la variación de la incorporación de FFA (F_M) con el tiempo de reacción (t), a través de la expresión siguiente:

$$F_M = F_{Me} t / (K_I + t) \quad (1)$$

donde F_{Me} representa la incorporación en el estado de equilibrio y K_I es una constante experimental.

Por otro lado, Camacho et al. (2007) han propuesto un modelo cinético agrupado para la acidólisis de TAG con FFA en medio no acuoso y catalizada por una lipasa específica sn-1,3 inmovilizada. Este modelo representa la variación de F_M con la intensidad del tratamiento θ (=m_et/(V[TAG]₀), m_e: masa de biocatalizador, V: volumen de reacción, [TAG]₀: concentración inicial de TAG) como una función de parámetros cinéticos, del equilibrio y también de F_M, como sigue:

$$\frac{dF_M}{d\theta} = \frac{(k_{-L} e_T / 3K_M) [(2 - 3F_M)(m_0 - 3F_M) - (1/K_e)(3F_M)^2]}{[(K_L / K_M)(3F_M) + (m_0 - 3F_M)] [(k_L K_L / k_M K_M)(3F_M) + (m_0 - 3F_M)]} \quad (2)$$

La constante de equilibrio (K_e) se relaciona con el valor de F_M en la condición de estado estacionario (F_{Me}) y la relación molar inicial entre sustratos (m₀).

Agrupando parámetros se obtiene un modelo reducido para la expresión de la velocidad de reacción:

$$\frac{dF_M}{d\theta} = \frac{A [(2 - 3F_M)(m_0 - 3F_M) - (1/K_e)(3F_M)^2]}{[B(3F_M) + (m_0 - 3F_M)] [(BC)(3F_M) + (m_0 - 3F_M)]} \quad (3)$$

donde A, B y C son los parámetros cinéticos condensados, definiéndose: A = k_{-L} e_T / (3K_M) (relación entre la constante cinética de formación del complejo acilo-enzima a partir del TAG original, la concentración de enzima activa y la constante de equilibrio de la formación del complejo acilo-enzima a partir de los FFA reactantes), B = K_L/K_M (relación entre las constantes de equilibrio de los complejos de formación acilo-enzima a partir de

los FFA liberados/reactantes) y $C = k_I/k_M$ (relación entre las constantes cinéticas de esterificación de DG hacia la formación de TAG original/nuevo).

Por otra parte, Reyes y Hill (1994) postularon 3 mecanismos diferentes para describir la reacción de acidólisis entre TAG y FFA reactivos (B), planteándose en cada uno de ellos un paso de reacción intermediario distinto donde las moléculas de agua entran al ciclo catalítico. Estos modelos consideran que los ácidos grasos liberados constituyen un único grupo de producto (P), que los compuesto glicéridos intermedios (G, MAG and DAG) forman un único grupo (IG), y que el paso controlante de la reacción es el que involucra la ruptura del enlace ester. Los autores encontraron que con una versión reducida de la expresión de velocidad, se ajusta adecuadamente los datos cinéticos experimentales obtenidos en ausencia de solvente. Dicha expresión corresponde al ingreso del agua al ciclo catalítico durante el paso de acilación/deacilación, obteniéndose la siguiente:

$$-r_B = \frac{(V_{R1}[B][IG] - V_{M2}[W][Q])E_T}{(1 + K_{II}[IG])([B] + [P])} \quad (4)$$

donde $-r_B$ es la velocidad de desaparición de B del medio de reacción y V_{R1} , V_{M2} y K_{II} son parámetros cinéticos que, junto con la concentración de agua efectiva inicial (W_0), son obtenidos experimentalmente.

3.6. Análisis de Resultados

Las reacciones se realizaron por duplicado. Los datos experimentales fueron ajustados con los modelos propuestos utilizando algoritmos lineales y no lineales contenidos en el programa Origin Pro8 (OriginLab, 2007).

4. Resultados y Discusión

Los ácidos grasos (FAs) predominantes en SO son ácido oleico y linoleico, representando cada uno el 31.0 ± 0.5 y 56.6 ± 0.7 % molar del total de FAs, respectivamente. La mezcla reactiva de SPFA tiene 40.1 ± 1.6 % molar de ácido esteárico (SA) y 52.1 ± 2.1 % molar de ácido palmítico (PA).

En lo que respecta a los productos de reacción, no se observó formación de glicerol en ninguno de ellos. El contenido de MAG se mantuvo debajo de 2.0 % molar, mientras que la formación de DAG mostró un incremento abrupto en las primeras 8 h de reacción y luego tendió al equilibrio a las 2 temperaturas estudiadas (logrado a partir de las 24 h, estableciéndose en 10.4 y 19.3 % molar a 50 y 60°C, respectivamente). Los niveles máximos de incorporación de ácidos grasos saturados en los glicéridos alcanzados fueron del orden de 33.0 y 49.4 % molar, a 50 y 60°C, respectivamente.

Representación cinética con los Modelos I y II

Para el modelo cinético I, los datos experimentales se ajustaron con la Ec. 1 (Tabla 1). Ambos parámetros del modelo mostraron tener dependencia con la temperatura. La incorporación máxima F_{Me} se incrementa notablemente, mientras que K_I disminuye, con el aumento de la temperatura. Los valores de F_{Me} resultaron superiores y con mayor dependencia con la temperatura que los reportados por Pacheco et al. (2010) para los mismos sustratos, pero con distinto catalizador y trabajando en otras relaciones molares y de dilución.

TABLA 1. Parámetros cinéticos del modelo I (Ec. 1).

T [°C]	F_{Me} [% molar]	K_I [h]	R^2
50	38,55	13,65	0,957
60	54,74	10,32	0,981

Para el modelo cinético II, los datos experimentales se ajustaron con la Ec. 3, obteniéndose los parámetros agrupados A, B y C (Tabla 2).

TABLA 2. Parámetros cinéticos del modelo II (Ec. 3).

T [°C]	A [mol/g h]	B [mol/g h]	C [mol/g h]	K_e [-]	R^2
50	1,56E-05	2,71	1,00	0,49	0,931
60	2,93E-05	1,79	1,00	2,40	0,998

Los parámetros obtenidos A, B y K_e se compararon con los reportados por Camacho et al. (2007) para la acidólisis de trioleína con ácido cáprico a 30°C (0.00782 mol/g h, 2.17 mol/g h y 1.26, respectivamente), y con los reportados por Pacheco et al. (2010) para la acidólisis de SO con SPFA utilizando una lipasa inmovilizada comercial RMIM, entre 40 y 60°C (0.0038-0.0089 mol/g h, 0.53-3.68 mol/g h y 0.64-1.42, respectivamente). Los valores encontrados en el sistema actual para el parámetro A resultaron muy inferiores a los reportados en los otros trabajos, mientras que los valores de los parámetros B y K_e se encuentran en el rango de variación de los reportados previamente. El parámetro C (k_I/k_M) se mantuvo muy cercano a 1, lo cual indica que la reacción entre DG y el complejo acil-enzima fue muy rápida y que la temperatura no afectó la probabilidad de contacto entre ellos (resultado similar al reportado por Camacho et al. (2007) y Pacheco et al. (2010)). Por lo tanto, podemos concluir que en el modelo II el parámetro A (que involucra la concentración de enzima activa) sería el más afectado por las condiciones de reacción. Integrando numérica la Ec. 3 se obtuvo el perfil de F_M en función del tiempo (Fig. 1). Se observa que el modelo de parámetros agrupados (modelo II) representa satisfactoriamente el sistema de reacción analizado.

Representación cinética a través del Modelo III

Los datos de la concentración molar de ácidos grasos reactivos (B) en la mezcla de reacción en función del tiempo son mostrados en la Fig. 2, junto con la predicción lograda con el modelo III (Ec. 4).

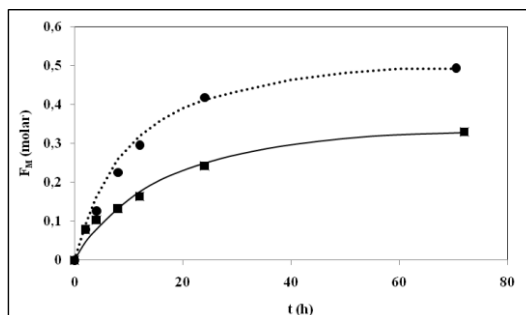


FIGURA 1. Incorporación de ácidos grasos saturados en SO en función del tiempo de reacción y de la temperatura (datos experimentales: ■: 50°C, ●: 60°C, ajuste con modelo II: —: 50°C,....: 60°C).

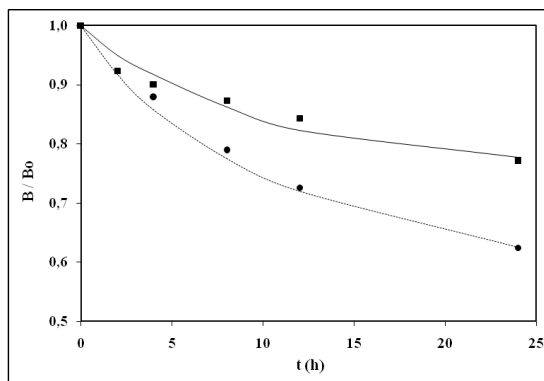


FIGURA 2. Representación de la concentración de ácidos grasos saturados reactivos respecto a la concentración inicial (B/B_0) en el medio de reacción en función del tiempo y la temperatura de reacción (datos experimentales: ■: 50°C, ●: 60°C, ajuste con modelo III: —: 50°C,....: 60°C).

La relación entre los valores de los parámetros V_{R1} and V_{M2} (V_{R1}/V_{M2}) tiende a aumentar con la temperatura (de 1.45 a 50°C a 1.85 a 60°C), similar a lo reportado por Pacheco et al. (2010). Este hecho implica que el incremento de temperatura favorece a la velocidad de la reacción de esterificación respecto a la de hidrólisis. Por otro lado, K_{II} también aumenta con la temperatura (300 y 1850, a 50 y 60°C, respectivamente), reflejando que la formación del complejo IG-enzima se ve favorecida con su incremento. Los valores de K_{II} resultaron muy superiores a los reportados por Pacheco et al. (2010). Esta diferencia probablemente se debe a que las condiciones de reacción y las características del biocatalizador empleado en ambos trabajos son distintos.

Cabe mencionar, que la aplicación de cada uno de los modelos presentados en este trabajo no será necesariamente la misma. La disponibilidad de modelos que tienen en cuenta variables independientes distintas puede ser útiles para describir situaciones diferentes, desde una representación simple de datos de incorporación en función del tiempo hasta análisis más complejos de simulación o control de procesos, en los que se requiere conocer o controlar la concentración de los compuestos intermediarios.

5. Conclusiones

Se investigó el comportamiento cinético de la acidólisis de aceite de girasol con ácidos grasos saturados, utilizando un nuevo biocatalizador de lipasas de RM inmovilizadas sobre microesferas de quitosano modificado. Se cuantificó la formación de productos y subproductos con el transcurso del tiempo de reacción y a distintas temperaturas, encontrándose que la hidrólisis no fue completa (no se detectó formación de G). La formación de DAG prevaleció sobre la de MAG. Se evaluaron 3 modelos cinéticos de diferente complejidad. Los parámetros de cada uno de ellos fueron obtenidos para hacer posible su implementación en futuras aplicaciones de diseño, optimización y/o control de procesos.

Agradecimientos. Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), y la Universidad Nacional del Sur (UNS) de Argentina.

6. Bibliografía

- AOCS. (2009). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 6th ed., AOCS Press, Champaign, IL.
- Camacho, F.; Robles, A.; Camacho, B.; González, P.A.; Esteban L.; Molina, E. (2007). Modeling of the kinetic for the acidolysis of different triacylglycerols and caprylic acid catalyzed by Lipozyme IM immobilized in packed bed reactor. *Chemical Engineering Science*, 62: 3127-3141.
- Carrín, M.E.; Crapiste, G. (2008). Enzymatic Acidolysis of Sunflower Oil with a Palmitic-Stearic Acid Mixture, *Journal of Food Engineering*, 84: 243-249.
- Jensen, R.; Hamosh, M. (1995). Selectivity of lipases: types and determination, in *Engineering of/with Lipases*, edited by F.X. Malcata, Kluwer Academic Publishers, London, 17-29.
- Pacheco, C.; Crapiste, G.; Carrín, M.E. (2009). Interesterificación enzimática: punto de fusión y formación de subproductos, *Proceeding del XIII Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites, LA-AOCS (Rosario, Argentina)*: 85-86.
- Pacheco, C.; Crapiste, G.; Carrín, M.E. (2010). Lipase-catalyzed acidolysis of sunflower oil: Kinetic behavior, *Journal of Food Engineering*, 98: 492-497.
- Palla, C.; Pacheco, C.; Carrín, M.E. (2011a). Preparation and modification of chitosan particles for *Rhizomucor miehei* lipase immobilization, *Biochemical Engineering Journal*, 55: 199-207.
- Palla, C.; Pacheco, C.; Carrín, M.E. (2011b). Production of structured lipids by acidolysis with immobilized *Rhizomucor miehei* lipases: selection of suitable reaction conditions, *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, publicación aceptada.
- Reyes, H.R.; Hill Jr, C.G. (1994). Kinetic Modeling of Interesterification Reactions Catalyzed by Immobilized Lipase. *Biotechnology and Bioengineering*, 43: 171-182.
- Xu, X.; Balchen, S.; Høy, C.-E.; Adler-Nissen, J. (1998). Pilot Batch Production of Specific-Structured Lipids by Lipase-Catalyzed Interesterification: Preliminary Study on Incorporation and Acyl Migration, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75: 301-308.

42TCA. ESTUDO DA REDUÇÃO DOS TEORES DOS OLIGOSSACARÍDEOS RAFINOSE E ESTAQUIOSE E PRODUÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA.

RIBEIRO R.R*., ESTEVES T.C.F.* , COELHO M. A. Z.*

*Escola de Química – EQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ - Brasil_
robertadosreisribeiro@gmail.com

Resumo: A soja e seus derivados possuem excelente valor nutricional especialmente devido a alta concentração de proteínas. Entretanto, o consumo dessa leguminosa é limitado devido à presença de determinados oligossacarídeos, em particular rafinose e estaquiose, que podem causar desconforto abdominal devido a falta de atividade da enzima α -galactosidase. O objetivo do trabalho foi avaliar a redução destes oligossacarídeos na fermentação do extrato hidrossolúvel de soja (EHS) por simbiose das cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium*. Apenas a concentração de estaquiose se manteve constante no extrato hidrossolúvel de soja (EHS) e no extrato hidrossolúvel de soja (EHFS), também chamado de “iogurte” de soja, indicando que não houve o consumo deste oligossacarídeo pelas cepas utilizadas para a fermentação do EHS. Contudo houve consumo de outros açúcares sendo, 13% da rafinose, 50% da glicose e 49% da sacarose presentes no EHS. A concentração final de ácido lático foi de 0,83 g ácido lático/100g (EHFS), está dentro do valor indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a concentração final de ácido lático em iogurte a qual deve estar entre 0,6-1,5%. Portanto, o EHFS se enquadra nos padrões de acidez estabelecidos para iogurte e demais bebidas lácteas fermentadas.

1. Introdução:

A soja é uma fonte rica em proteínas. Os alimentos a base de soja podem fornecer muitos benefícios à saúde de consumidores como hipolipidêmico, anti-colesterolêmico, anti-aterogênicos e baixa alergenicidade (Trindade *et al.*, 2001).

A proteína de soja é considerada pela Organização Mundial de Saúde, como a única proteína vegetal de alto valor biológico, que contém todos os aminoácidos essenciais necessários para o crescimento e manutenção do organismo humano (Beskova e *et al.*, 1998).

Entretanto, o consumo dessa leguminosa é limitado devido à presença de determinados oligossacarídeos, em particular rafinose e estaquiose, que podem causar desconforto abdominal devido à falta de atividade da enzima α -galactosidase que é necessária para a hidrólise destes oligossacarídeos, conseqüentemente estes não são degradados e assim passam para o final do intestino onde sofrem fermentação anaeróbica produzindo CO₂, H₂ e CH₄ que são causadores de desconfortos gastrintestinais, flatulência e diarreia. (Price e *et al.*, 1998 e Suarez e *et al.*, 1999).

(SUMARNA, 2008) avliou sete cepas de bactérias lácticas que foram isoladas de alimentos fermentados *Lactobacillus plantarum pentosus* SMN, 01, *Lactobacillus casei* subsp. FNCC bulgaricus, 0045, *Lactobacillus plantarum* SMN, 25 e *Lactobacillus plantarum pentosus* FNCC, 235 para avaliar o consumo de rafinose e estaquiose durante a fermentação do leite de soja, as cepas de *L. plantarum* SMN, 25, *L. plantarum pentosus* SMN, 01 e *L. plantarum* 235 pentosus FNCC reduziram rafinose e estaquiose por 81,5; 73,0; 67,0% e 78,0; 72,5; 66,0% respectivamente.

(Mital e Steinkraus, 1975) estudaram a utilização de oligossacarídeos pelas bactérias lácticas produtoras de α -galactosidase e concluíram que, dentre os microorganismos por eles estudados, o *Lactobacillus fermenti* é o que possui maior capacidade para a utilização de açúcares por bactérias lácticas e concluíram que determinadas cepas de *Lactobacillus acidophilus* são eficazes no uso de estaquiase e de rafinose como fontes de carbono.

Para a fermentação do extrato hidrossolúvel de soja (EHS), são inoculadas culturas concentradas de bactérias. Tais bactérias são homofermentativas, ou seja, produzem um único produto principal final, no caso o ácido láctico, que constitui 95% dos produtos de fermentação (Soukoulis *et al.*, 2007). A concentração final do ácido láctico no iogurte é entre 0,7-1,2%, caracterizando o gosto ligeiramente azedo e refrescante.

2. Objetivo:

Avaliar a capacidade das cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium bifidum* no processo de fermentação do extrato de soja, reduzirem rafinose e estaquiase, quantificar esses oligossacarídeos e também a quantidade produzida de ácido láctico no processo fermentativo e observar se o teor desse ácido está dentro dos padrões aceitáveis para iogurte de soja segundo o Ministério da Agricultura.

3. Materiais e métodos:

Extrato hidrossolúvel de soja (EHS) e extrato fermentado de soja (EFS)

O extrato hidrossolúvel de soja e o extrato fermentado de soja foram cedidos pela empresa ECOBRAS. Foram utilizadas para a fermentação do EHS cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium bifidum*.

Extração de oligossacarídeos da família da rafinose e estaquiase

As amostras foram trituradas e homogeneizadas em Ultra Turrax T25 Basic da IKA®, congelados em ultrafreezer a -50°C e posteriormente liofilizados (Liofilizador Enterprise®). Baseando-se na metodologia proposta por (Kim e *et al.*, 2003), foi estipulada uma metodologia para extração de rafinose e estaquiase onde 1 grama da amostra liofilizada foi diluída com água milliQ na proporção de 1/10 e deixadas a temperatura de 50°C por 4 horas p/ extração dos oligossacarídeos. Após a extração a amostra foi centrifugada a rotação de 9000 rpm por 20 minutos e o sobrenadante foi filtrado em membrana da marca Waters com diâmetro de $0,45\ \mu\text{m}$ para quantificação da rafinose, estaquiase e ácido láctico utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Deteção de Oligossacarídeos tipo rafinose e estaquiase por HPLC

A análise de açúcares solúveis foi realizada em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Waters®), fase móvel H_2SO_4 5mM, vazão 0,6mL/min, 60°C , volume de injeção 20 μL , coluna Aminex HPX 87H e detector de IR (Waters). Os padrões de rafinose, estaquiase e ácido láctico (Sigma chemical Co., St. Louis, Missouri) foram diluídos em água MilliQ, injetados em triplicata e a quantificação foi feita relacionando a área do padrão com a concentração destes compostos.

4. Resultados e discussões:

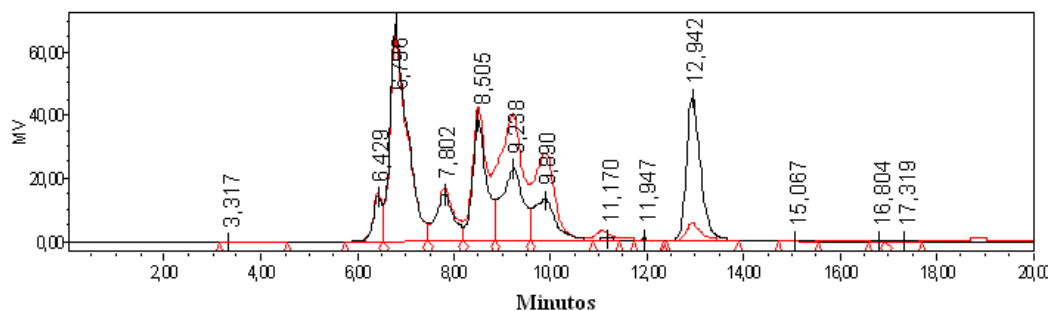


Figura 1: Sobreposição dos picos de EHS (vermelho) e EHFS (preto) (1-estaquiouse; 2-rafinose; 3-glicose; 4-sacarose e 5- ácido lático). Fase móvel H₂SO₄ 5mM, vazão 0,6mL/min, 60°C, volume de injeção 20 µL, coluna Aminex HPX 87H e detector de IR (Waters).

Como pode ser observada no cromatograma da **Figura 1** e nos resultados da **Tabela 1**, apenas a concentração de estaquiouse se manteve constante no EHS e no EHFS indicando que não houve o consumo deste oligossacarídeo pelas cepas utilizadas para a fermentação do EHS. Os demais açúcares foram consumidos em proporções diferentes sendo, 13% da rafinose, 50% da glicose e 49% da sacarose presentes no EHS.

Tabela 1: Concentração de rafinose, estaquiouse e ácido lático (g/100g) no EHS e EFS medidos em HPLC.

	Rafinose g/100g amostra	Estaquiouse g/ 100g amostra	Ácido Lático g/100g amostra	Glicose g/100g amostra	Sacarose g/100g amostra
EHS	0,31	1,7	0,08	9,31	1,34
EFS	0,27	1,7	0,83	4,7	0,65

Segundo (Mital e Steinkraus, 1975), que estudaram a utilização de oligossacarídeos por bactérias lácticas produtoras de α -galactosidase, determinadas cepas de *Lactobacillus acidophilus* são eficazes no uso de estaquiouse e de rafinose como fontes de carbono.

Em outro trabalho, (Pithong e *et al.*, 1980) mostraram que *L. acidophilus* cresce bem no extrato de soja devido à utilização eficiente da sacarose, enquanto *L. delbrueckii* spp. *bulgaricus* não cresce rapidamente sem suplementação de glicose e extrato de leveduras, embora diminua levemente o teor de estaquiouse com um correspondente aumento no teor de rafinose e sacarose.

5. Conclusões:

De acordo com os resultados obtidos para a quantificação do ácido lático no EHS e no EHFS é possível observar um aumento da concentração deste ácido, de 0,08% para 0,83%, em função do processo de fermentação. A concentração final de ácido lático foi de 0,83 g ácido lático/100g (EHFS), está dentro do valor indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a concentração final de ácido lático em iogurte a qual deve estar entre 0,6-1,5% (BRASIL, 2000). Portanto, o EHFS se enquadra nos padrões de acidez estabelecidos para iogurte e demais bebidas lácteas fermentadas.

Agradecimentos:

CNPQ pelo apoio financeiro e ECOBRAS pelas amostras cedidas.

6. Referências:

Beskova, D.M.; Simova, E.D; Frengova, G.I.; Simov, Z.I.; Adilov, E.F. (1998). Production of amino acids by yogurt bacteria. *Biotechnol. Prog.*, v.14, p.963–965.

Mital, B.K. & Steinkraus, K.H. (1968). Utilization of oligosaccharides by means of thin layer chromatography, *J. chromatogr.*, 36:191-7.

Price, K.R. et al (1998); Flatulence-causes, relation to diet and remedies *Nahrung*. 32:609-626;

Suarez, F. L, et al (1999) Gas production in humans ingesting a soybean flour derived from beans naturally low in oligosaccharides *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 69, N° 1, 135-139, January

Sodini, I.; Remeuf, F.; Haddad, S.; Corrieu, G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, v.44, p.113-37.

Soukoulis, C.; Panagiotidis, P.; Koureli, R.; Tzia, C. (2007). Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.2641-2654.

Sumarna. (2008). Changes of raffinose and stachyose in soy milk fermentation by lactic acid bacteria from local fermented foods of Indonesian. *Malaysian Journal of Microbiology*, v 4(2), pp. 26- 34.

Trindade, C. S., Terzi, S. C., Trugo, L. C., Della Modesta, R. C. and Couri, S. (2001) Development and sensory evaluation of soymilk based yoghurt. *Archivos LatinoAmericanos De Nutricion* 51, 100 – 104.

43TCA. ANÁLISE SENSORIAL DE PRODUTOS À BASE DE SORGO: UMA ALTERNATIVA PARA ALIMENTOS SEM GLÚTEN

QUEIROZ V A V^{**}, ARRUDA A C^{*}, RODRIGUES J. A S^{**}, SCHAFFERT R E^{**}

*Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas - Rod. MG 424, KM 47 - Caixa Postal 56, Cep:35701-970, Sete Lagoas-MG, Brasil.
E-mail: acarruda@ufsj.edu.br

** Embrapa Milho e Sorgo. Rod. MG 424, KM 45 - Caixa Postal 285 - CEP 35701-970, Sete Lagoas – MG, Brasil

Resumo: O sorgo tem sido apontado como uma excelente alternativa para alimentação humana, principalmente para indivíduos portadores de doença celíaca. Esse cereal é considerado potencial para uso como alimento funcional por ser fonte de diversos compostos de bioativos com elevada capacidade antioxidante, além de fibras, amido resistente entre outros. Este trabalho objetivou elaborar dois produtos a base de sorgo (biscoito doce tipo *cookie* e bolo) e avaliar a aceitação sensorial dos mesmos por um grupo de consumidores. Para tal, o *cookie* e o bolo foram avaliados por 105 e 85 consumidores respectivamente, para os atributos aroma, cor, sabor e textura. De acordo com os resultados a amostra foi aceita pelos consumidores em todos os atributos avaliados. O aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto que o atributo cor obteve médias de aceitação localizadas entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Para o bolo, as médias de aceitação mostraram que o produto também foi aceito pelos consumidores em todos os atributos avaliados. O aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto que o atributo cor obteve médias de aceitação localizadas entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Estes resultados evidenciam que o sorgo é uma excelente alternativa para alimentação humana e que o produto desenvolvido possui potencial de mercado.

1. Introdução:

A relação entre nutrição e saúde tornou-se uma das principais preocupações da humanidade e dos cientistas, que procuram descobrir nos alimentos o caminho que leve a longevidade com qualidade de vida. Novos conhecimentos foram sendo adquiridos e, hoje, já é possível a indicação de dietas mais saudáveis, com nutrientes e compostos bioativos, que podem auxiliar na manutenção da saúde em determinadas fases da vida como, por exemplo, na Infância e na Terceira Idade (De Angelis, 2004). Paralelamente, vem crescendo o interesse na identificação de novas fontes alimentares de compostos com potencial funcional, ou seja, que podem desempenhar um papel na promoção da saúde humana e na prevenção de doenças crônicas degenerativas.

Nesse contexto, pesquisadores vem demonstrando que o sorgo integral, utilizado como base alimentar de milhões de pessoas, principalmente na África e na Ásia, além de fonte de carboidratos, e uma rica fonte de fibras e de compostos bioativos incluindo taninos, ácidos fenólicos, antocianinas, fitoesteróis e policosanóis.

Os taninos, antes indesejáveis, devido a adstringência e aos prováveis efeitos antinutricionais que provocavam em animais (Hagerman et al., 1998), atualmente são considerados aliados, sob ponto de vista da saúde humana. Estes compostos, mesmo que

complexados com proteínas, mantém 50% de sua atividade antioxidante, apresentando boa eficiência biológica (Riedl e Hagerman, 2001). Praticamente todos os sorgos contêm ácidos fenólicos, localizados no pericarpo, na testa, na camada de aleurona, e no endosperma (McDonough et al., 1986). As antocianinas encontradas em sorgos de pericarpo colorido são únicas e apresentam boa estabilidade em pH elevado em comparação com outras antocianinas (Awika et al., 2004 a, b) tornando-as potenciais corantes naturais em alimentos. Sorgos de pericarpo preto, originados do Sudão, apresentam níveis superiores destes compostos (Awika et al., 2004a, b; Dykes et al., 2005), visto estarem concentradas no farelo (Awika et al., 2005).

Especulações a respeito da relação entre o consumo de sorgo e a prevenção de doenças cardiovasculares, obesidade e alguns tipos de câncer também começaram a surgir (Awika e Rooney, 2004, Dicko et al., 2006). Estudos *in vitro* demonstraram que o sorgo de pericarpo preto induziu enzimas detoxificantes e, aqueles com teores mais elevados de taninos, inibiram a proliferação de células de câncer de esôfago e cólon. Os extratos de sorgo apresentaram forte potencial quimopreventivo, independente da sua atividade antioxidante (Awika et al., 2009). Além disso, quantidades consideráveis de amido resistente, de fibra dietética, de fitoesteróis, de minerais, de tocoferóis e de tocotrienóis tem sido identificadas em diversas cultivares de sorgo (Shin, 2004). Relatos da literatura indicam, também, que o cereal apresenta atividade antimicrobiana, o que pode ser interessante para a indústria alimentícia (Kil et al., 2009).

Segundo Dicko et al. (2006) o futuro promissor do sorgo no mundo desenvolvido está na substituição ao trigo em alimentos destinados a celíacos, por ser isento de glúten, rede protéica responsável pelas características estruturais e propriedades viscoelásticas da massa do pão. A doença celíaca, frequentemente chamada de enteropatia sensível ao glúten, e causada por uma reação do organismo a gliadina. A melhoria dos métodos de diagnóstico tem revelado uma alta incidência de intolerância ao glúten no ocidente, implicando em demanda ascendente por novos produtos, nutritivos, de alta qualidade e isentos de glúten (Anton e Artfield, 2008).

O tratamento das pessoas afetadas com a doença e basicamente dietético e consiste na exclusão desta proteína da dieta, limitando sua escolha a produtos alimentares elaborados com cereais sem glúten (Sdepanian et al., 2001). Esse é o principal desafio para os celíacos, a disponibilidade de alimentos saudáveis no mercado, considerando que o trigo e o cereal mais utilizado como fonte de matéria prima na panificação. Para os pesquisadores da área, o desafio está em desenvolver produtos de panificação com características semelhantes aos dos produtos de trigo, porém, sem glúten (Bean, 2005). Estudos no exterior tem sido conduzidos com a finalidade de desenvolver produtos com sorgo destinados a este público alvo (Schober et al., 2005; Schober et al., 2007; Hamaker, 2007), porém, no Brasil, estes trabalhos estão apenas começando. Aliado a todos os benefícios supracitados, a cultura do sorgo possui, ainda, a vantagem de ser mais eficiente no uso da água e de nutrientes do solo e, portanto, apresenta menor custo de produção que a cultura do milho, sendo comercializado também por um valor mais baixo no mercado (Fialho et al., 2002; Lopes, 2004). Esse fato coloca o sorgo em uma posição de destaque entre outros cereais vislumbrando a possibilidade de redução dos custos com matéria prima na indústria alimentícia de biscoito, massas, entre outras. Nesse contexto, a Embrapa Milho e Sorgo/Brasil vem desenvolvendo e testando alguns produtos isentos de glúten utilizando grãos integrais de sorgo.

2. Objetivos:

Este trabalho objetivou desenvolver dois produtos a base de farinha de sorgo integral, biscoito doce tipo *Cookie* e bolo, e testar sua aceitabilidade entre os consumidores.

3. Material e Métodos:

1- Elaboração dos produtos

As farinhas de sorgo crua e extrudada, produzidas na Planta Piloto de Cereais da Embrapa Agroindústria de Alimentos, foram usadas na elaboração de formulações de biscoito doce tipo *cookie* e de bolo. Os biscoitos foram produzidos na Embrapa Milho e Sorgo, a partir de misturas compostas de farinha de sorgo integral e amido de milho (50% de cada) e saborizadas com amendoim (**Figura 1**). O bolo foi produzido na Embrapa Milho e Sorgo, a partir de uma receita caseira de bolo, substituindo totalmente a farinha de trigo por farinha de grãos integrais de sorgo da cultivar BRS 310 e polpa de banana para saborizar o produto.



Figura 1: Biscoito tipo *cookie* elaborado a partir de farinha de sorgo integral

2- Análise Sensorial

As avaliações foram realizadas no laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal de São João del-Rei, no Campus de Sete Lagoas/ MG – Brasil. Foram recrutados 105 consumidores para julgar as amostras de *cookie* e 85 para julgar as amostras do bolo. As amostras foram servidas monadicamente, em pratos descartáveis, previamente codificados com três dígitos, em cabines individuais e sob luz branca, usando escala hedônica estruturada de nove pontos, com extremos ancorados em “gostei extremamente” e “desgostei extremamente”. Para ambas as amostras foram avaliados os atributos aroma, cor, sabor e textura. Os resultados foram avaliados com base nas médias de aceitação dos produtos elaborados.

4. Resultados e Discussão:

Ambos os produtos tiveram uma aceitação semelhante entre os consumidores (**Figura 2**).

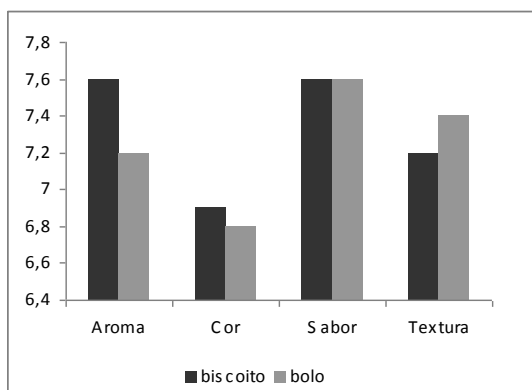


Figura 2: Comparação entre as médias de aceitação dos produtos testados.

As médias de aceitação para avaliação dos *cookies* de farinha de sorgo mostraram que a amostra foi aceita pelos consumidores em todos os atributos avaliados. A aceitação dos cookies foi de 92% para os atributos sabor e aroma, 86% para a textura e 82% para cor. O aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto que o atributo cor obteve médias de aceitação localizadas entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” (**Figura 3 A-D**).

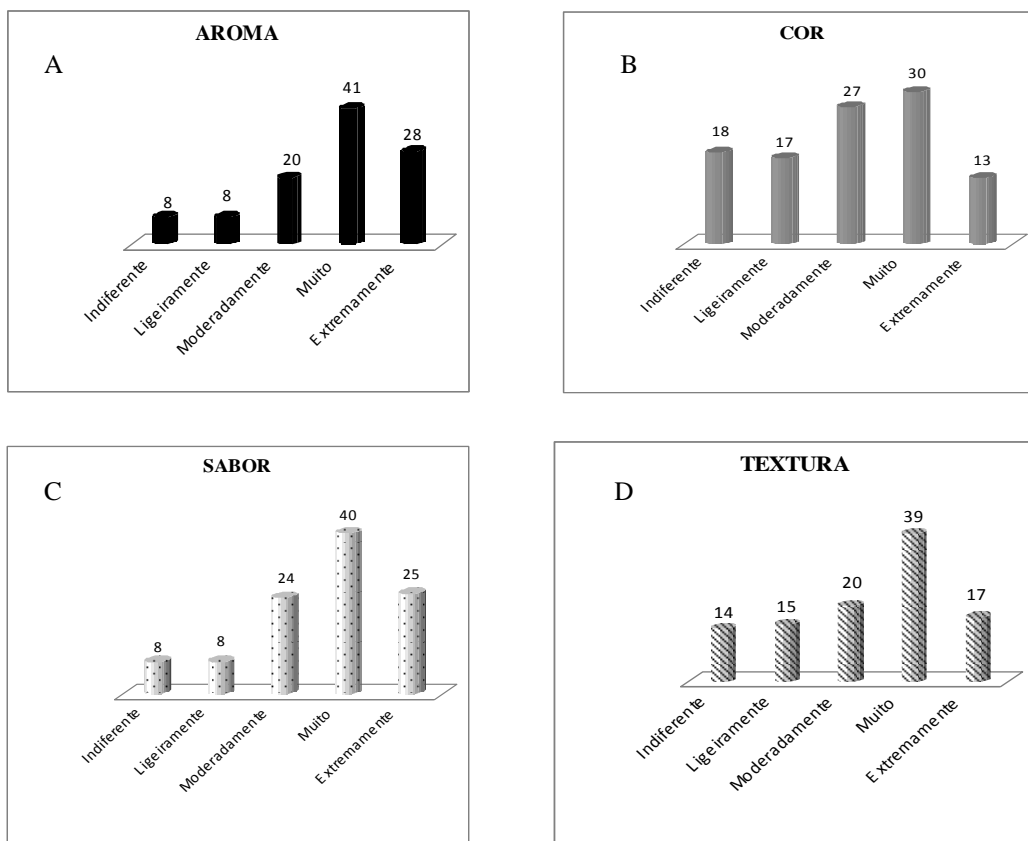


Figura 3: Aceitação sensorial do biscoito tipo *cookie*, elaborado com farinha integral de sorgo, avaliados por 105 consumidores.

A cor do biscoito pode ser definida como um marrom escuro e foi o atributo que obteve menor média de aceitação, entretanto, deve-se ressaltar que é a cor característica da farinha de sorgo, remetendo a produtos integrais. Porém algum artifício deve ser usado para

minimizá-la de forma a aumentar sua aceitação sensorial. Capriles et al.,(2006), utilizou um processo de clarificação de farinha de amaranto usada para formulação de cookie, por meio de retirada de gordura, com o objetivo de aumentar a aceitação sensorial dos consumidores.

Para o bolo, as médias de aceitação mostraram que o produto também foi aceito pelos consumidores em todos os atributos avaliados. Observou-se que o bolo foi aceito por 88% para o sabor, aroma e textura e 75% para cor.

O aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto que o atributo cor obteve médias de aceitação localizadas entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” (**Figura 4A-D**).

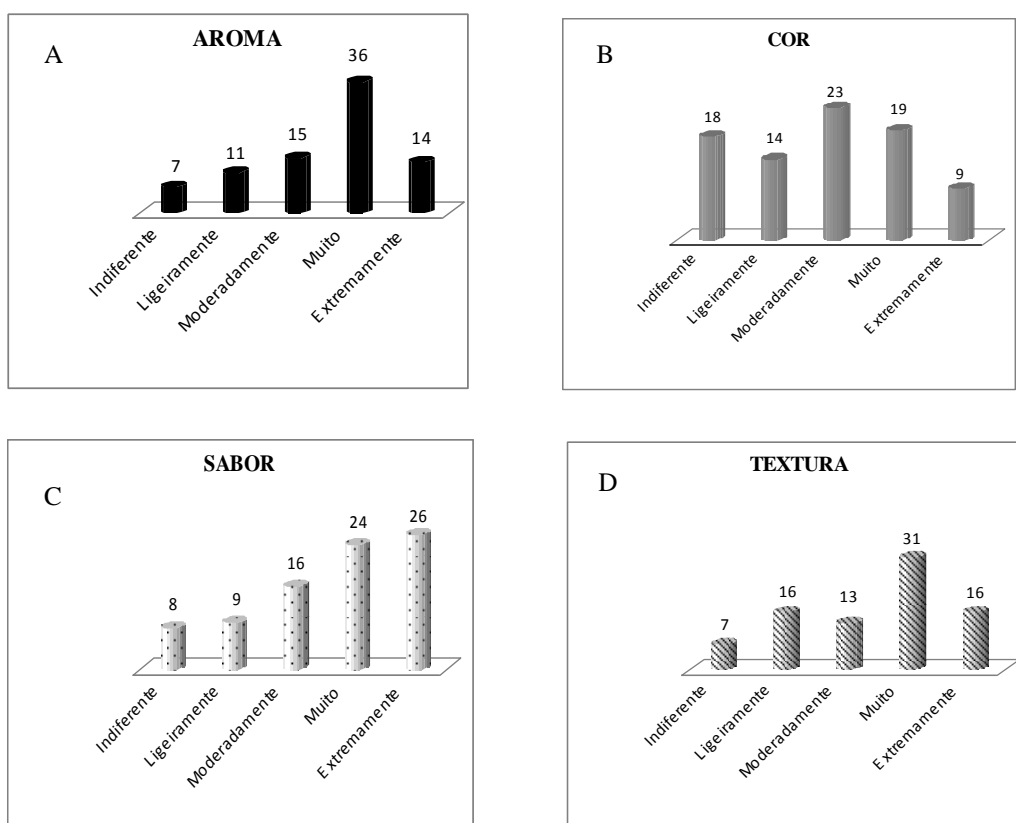


Figura 4: Aceitação sensorial do bolo, elaborado com farinha integral de sorgo, avaliados por 85 consumidores.

De forma semelhante aos *cookies*, a cor do produto recebeu o menor escore sensorial, porém as notas permaneceram dentro da faixa de aceitação e também recomenda-se alternativas para melhorar este atributo. No entanto, ressalta-se que esta cor é característica de produtos integrais.

Outros produtos a base de sorgo também se mostraram como opção de novos produtos. Queiroz et al., (2009) desenvolveu uma barra de Cereais com Pipoca de Sorgo, cuja aceitação quanto aos atributos aparência geral e sabor foi de 100% e de 92,3% quanto à cor e à textura, em teste sensorial. Quanto à intenção de compra, 94% dos avaliadores afirmaram que comprariam o produto.

Neste sentido, o sorgo tem se mostrado como alternativa para alimentação humana na formulação de alimentos integrais e para celíacos.

5. Conclusão:

O sorgo apresentou-se como excelente alternativa para alimentação humana na formulação de alimentos integrais e para celíacos. Os produtos desenvolvidos possuem potencial de mercado.

A cor dos produtos deve ser melhorada, pois embora seja a cor característica de produtos integrais, a aceitação dos consumidores poderá ser maior se a farinha for mais clara.

6. Bibliografia:

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**. v. 65, p. 1199–1221, 2004.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R.D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**. v. 90, p. 293–301, 2004a.

AWIKA, J.M., ROONEY, L.W., WANISKA, R.D. Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 52, p. 4388–4394, 2004b.

AWIKA, J. M.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, p. 6230–6234, 2005.

AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**. v. 42, p. 1041–1046, 2009.

BEAN, Scot. Gluten-free bread from sorghum : Quality differences among hybrids.

United States Department of Agriculture, 01 jul. 2005 Disponível em:

<<http://www.usda.gov/research/publications/publications>> Acesso em 01 maio 2008

CAPRILES, V. D.; COELHO, K.D.; MATIAS, A.C.G.; ÂREAS, J.A.G. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo *cookie* e do pão de forma. **Alim. nutr.**, Araraquara. v.17, n.3, p.269-274, jul./set. 2006.

De ANGELIS, R.C. Compostos Bioativos e Antioxidantes nos Alimentos. **Rev Nutr em Pauta**; 65: 6-11, 2004.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORE, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; VAN BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities- review. **African Journal of Biotechnology**. v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, p. 6813–6818, 2005.

FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; OLIVEIRA, W. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Rev. Bras. Milho Sorgo**, v.1, p.105-111, 2002.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 46, p. 1887– 1892, 1998.

HAMAKER, B. Chemical and Physical Aspects of Food and Nutritional Quality of Sorghum and Millet. **Intsormil 2007 Annual Report**, Nebraska-Lincoln, p. 85-89, 2007.

KIL, H. Y.; SEONG, E. S.; GHIMIRE, B. K.; CHUNG, I-M.; KWON, S. S.; Goh, E. J.; Heo, K.; Kim, M. J.; Lim, J. D.; Lee, D.; Yu, C. Y. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. **Food Chemistry**, v. 115, p. 1234–1239, 2009.

LOPES, A.B.R.C. Silagem de grãos úmidos de sorgo com alto e baixo tanino para suínos em fase inicial. 2004. 125f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

QUEIROZ, V.A.V.; CARNEIRO, H.L.; VASCONCELOS, J.H.; RODRIGUES, J.A.S. **Análise sensorial de um protótipo de barra de cereais elaborada com pipoca de sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 164).

REIDL, K.M. AND HAGERMAN, E. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, pp. 4917–4923, 2001.

SCHOBER, T.J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S.R.; PARK, S.; ARENDT, E.K. Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences Among Hybrids. **Cereal Chemistry**, v. 82,n. 4, pp. 394-404, 2005.

SCHOBER, T.J.; BEAN, S.R.; BOYLE, D.L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 55, n.13, p. 5137-5146, 2007.

SDEPANIAN, V.L.; MORAIS, M.B.; FAGUNDES-NETO, U. DOENÇA CELIACA: avaliação da obediência a dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). **Arq. gastroenterol**, v.38, n. 4, p. 232-239, 2001.

SHIN, S.I.; CHOI, H.J.; CHUNG, K.M.; HAMAKER, B.R.; PARK, K.H.; MOON, T.W. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch: Preparation and properties. **Cereal Chemistry**, v. 81, p. 404-408, 2004.

MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W.; EARP, C. F. Structural characteristics of Eleusine coracana (finger millet) using scanning electron and fluorescence microscopy. **Food Microstructure**. v. 5, p. 247–256, 1986.

Agradecimentos: Fapemig

44TCA. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE BEBIDA À BASE DE CAFÉ ADICIONADA DE CONCENTRADO PROTEICO DE SORO

ARRUDA A.C. *, MINIM V.P.R.** , FERREIRA, M.A.M.** , MINIM, L.A.** ,
CARVALHO, N.B.** , CARNEIRO R.C.V.**

*Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas - Rod. MG 424,
KM 47 - Caixa Postal 56, Cep:35701-970, Sete Lagoas - MG, Brasil.

E-mail: acarruda@ufsj.edu.br

** Universidade Federal de Viçosa, Dep. Tecnologia de Alimentos, Campus UFV,
Cep:3570-000, Viçosa – MG, Brasil.

Resumo: O café é uma das bebidas mais consumidas no Brasil e no mundo. Entretanto, ainda existe um pequeno grupo de pessoas, principalmente os jovens, que se mostram resistente quanto ao consumo da bebida. Neste sentido, objetivou-se desenvolver uma bebida à base de café adicionada de concentrado protéico de soro com o objetivo de atender consumidores e não consumidores de café. Além de identificar uma nova forma de consumo do café, buscou-se elaborar uma bebida nutricionalmente enriquecida. Foram elaboradas quatro formulações contendo concentrações diferentes de extrato de café (0,7; 1,0; 1,3 e 1,6 %) que foram submetidas às análises para determinação da composição centesimal, valor calórico, pH e acidez titulável. Os resultados mostraram que os produtos desenvolvidos possuem composição centesimal que atende a legislação e foi, em média, de 18,5% de carboidratos, 0,32% de lipídeos, 3,9% de proteínas e 0,93% de minerais, com valor calórico médio de 185 Kcal.

1. Introdução

O café é uma das bebidas mais apreciadas no mundo e seu consumo é relatado desde a antiguidade. É importante ressaltar que apesar de existirem alguns pesquisadores que se posicionam contra o consumo de café e ou cafeína, esta ainda é uma área muito controversa. Se de um lado temos estudos alertando para riscos de se consumir café (Hallstrom et al., 2006), do outro aumenta-se a divulgação de estudos científicos que revelam os benefícios que o café traz à saúde (Sakamoto et al.,2011; Bell & Mclellan, 2003; Acheson et al., 2004; Lima, 2010), o que contribui para a sua valorização e abre espaço para exploração do produto e de seu mercado.

Atualmente a forma mais comum de se consumir o café é o “cafezinho”, proveniente do café torrado e moído. Entretanto, o aumento do número de cafeterias que oferecem, além de café com qualidade, variações da bebida, como por exemplo, o capuccino e o expresso, tem atraído um público especial que valoriza o produto e que está disposto a pagar por ele.

É importante enfatizar que são poucos os alimentos industrializados a base de café. Assim, o desenvolvimento de um produto a base de café, adequado às expectativas do consumidor e que conserve as suas qualidades sensoriais, nutritivas, além ser viável do ponto de vista de produção e com potencial mercadológico, é uma proposta consistente.

Segundo a ABIC (2009), as indústrias se vêem diante de um enorme desafio: se o café já é consumido por 97% dos brasileiros com mais de 15 anos de idade, como aumentar ainda mais a demanda? A resposta, conforme indicou a pesquisa da InterScience, está em fazer com que as pessoas tomem mais xícaras de café por dia, aumentando a frequência diária do consumo. Esse aumento da demanda, como apontou o estudo, virá do lançamento de produtos diferenciados, de alta qualidade, superiores, ou de inovações como os cafés gelados e preparados prontos para consumo.

As informações resultantes da pesquisa de mercado, realizada por Arruda (2009), revelou a existência de um público que não consome café, principalmente os jovens, por não apreciar o sabor acentuado do produto e o gosto amargo. O leite foi citado como substituto do café e o aroma de café foi um atributo apreciado pelos entrevistados. Desta forma, percebeu-se um nicho de mercado que procura alternativas para consumo do café. Também percebeu-se o interesse dos consumidores, mesmo entre aqueles que não consumiam café em comprar produtos funcionais, seguindo a tendência atual. Sobre isto, Dantas (2009) relatou que as mudanças no mercado alimentício e a crescente exigência do consumidor por alimentos que apresentem, além da alta qualidade sensorial e nutricional, benefícios associados à saúde, aumentam a demanda de novos produtos que possam atender a estas exigências do mercado.

Neste contexto, a suplementação de um novo produto com proteínas de soro de queijo contribui para agregar valor nutritivo a ele, já que as proteínas do soro representam um grande mercado potencial, por ter larga aplicação em alimentos e bebidas em geral, especialmente àqueles voltados à saúde e à boa forma.

Portanto, diante do amplo e crescente mercado brasileiro para café e da escassez de produtos que perpassem o conceito dos já existentes, cafezinho, expresso e similares, da tendência em consumir produtos com alegações de propriedade funcionais, aliado ao conhecimento oriundo da Ciência de Alimentos e aos desejos dos consumidores, propôs-se o desenvolvimento de um novo produto a base de café, que atenda as expectativas do mercado e que tenha real potencial de produção e comercialização. Busca-se a agregação de valor do produto final e expansão do mercado, principalmente entre os jovens interessados em novidades e em alimentos diferenciados.

Neste sentido, optou-se por desenvolver uma bebida láctea sabor café e chocolate, adicionada de concentrado protéico de soro (CPS), associando assim as características funcionais do café e do concentrado protéico.

2. Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido segundo o delineamento Inteiramente casualizado (DIC). Manteve-se fixos os ingredientes da base do produto (açúcar, cacau, CPS, aroma e carragena) e variou-se a quantidade de café na forma de extrato líquido, resultado em 4 tratamentos, conforme descrito na **Tabela 1**.

Tabela 1: Formulações da bebida sabor café adicionada de CPS.

Ingredientes**	0,7% EC*	1,0%EC*	1,3%EC*	1,6%EC*
Leite integral (L)	18	18	18	18
CPS 033 (g)	810 (4,5%)	810 (4,5%)	810 (4,5%)	810 (4,5%)
Açúcar (g)	1800	1800	1800	1800
Cacau (g)	72	72	72	72
Aroma em pó (g)	36	36	36	36
Carragena (g)	0,54	0,54	0,54	0,54
Extrato líquido de café (mL)	126	180	234	288

* Porcentagem de extrato de café utilizado nas diferentes formulações.

**Proporções dos ingredientes para 18 L de leite integral.

Utilizou-se o aroma de café em pó da empresa Duas Rodas® e o extrato de café da empresa Real Café®, com Brix de 41,4⁰ e pH de 4,87. Este extrato é comercializado congelado para manter as suas propriedades inalteradas e assim permaneceu até momentos antes de ser usado.

O fluxograma do processamento da bebida é mostrado na **Figura 1**.

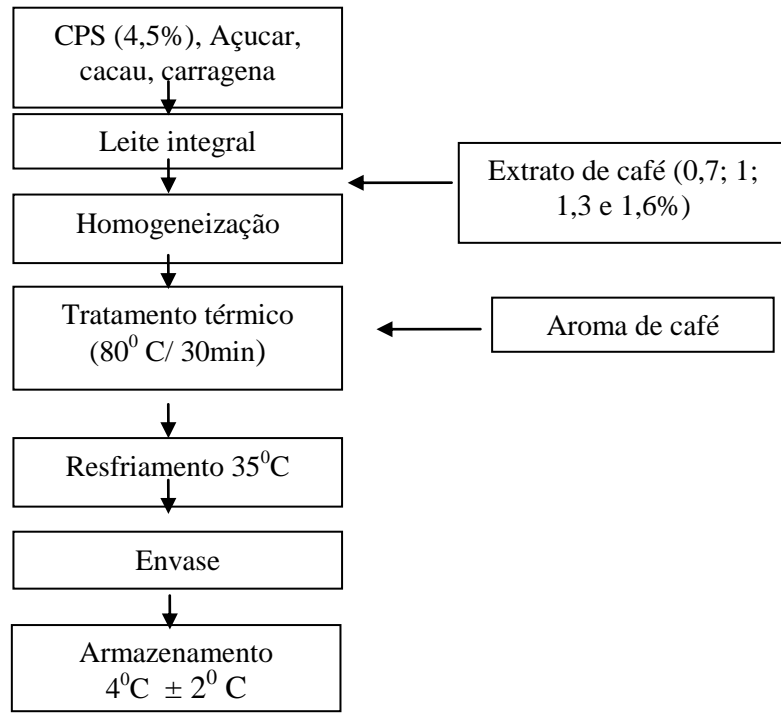


Figura 1: Fluxograma de processamento da bebida

No processamento da bebida, os ingredientes foram previamente homogeneizado em leite integral utilizando homogeneizador da marca OMMI macro ES, a 4000 rpm durante 10 minutos. O homogenizado foi adicionado ao restante do leite e submetido ao processamento térmico a 80⁰ C por 30 min. O processamento foi realizado em tanque térmico e agitação constante utilizando equipamento da Biasinox® com capacidade para 20L de leite. Após o resfriamento a bebida foi envasada em embalagens plástica de polietileno com capacidade para 800 mL.

Para determinação da composição centesimal dos produtos, as amostras foram previamente liofilizadas. Para determinação de cinzas e proteínas seguiu-se as metodologias propostas pela AOAC (1997). Para determinação de teor de matéria seca, foi usado o método gravimétrico em que as amostras foram secas em estufa a 105⁰ C, até peso constante. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Microkjeldahl, sendo a concentração protéica determinada multiplicando-se o conteúdo de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25. O teor de lipídeo foi determinado pelo método Soxhlet, segundo metodologia descrita por Ferreira & Gomes (2001). O teor de carboidratos foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, umidade e cinza. O conteúdo calórico foi determinado de acordo com a composição dos produtos em termos de proteínas, lipídios e carboidratos, usando a seguinte equação: Valor calórico = (g de proteína x 4) + (g de lipídios 9) + (g de carboidratos x 4)

O produto foi armazenado por 20 dias em temperatura de refrigeração e durante este período também foram realizadas análises de pH e acidez titulável aos 1, 5, 10, 15 e 20 dias. O pH foi determinado por potenciometria, utilizando-se um pHmetro DIGIMED DM-20 (Instituto Adolfo Lutz, 1985). A acidez foi determinada por titulometria, diluindo-se 10

mL da bebida em 100 mL de água destilada. Procedeu-se a titulação com solução Dornic 0,111N, utilizando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em $^{\circ}\text{D}$.

3. Resultados e Discussão

O detalhamento dos resultados da composição centesimal das quatro bebidas está apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2: Composição centesimal e valor calórico das bebidas elaboradas experimentalmente.

	0,7% EC*	1,0% EC*	1,3% EC*	1,6% EC*
Cinzas	0,92	0,91	0,94	0,95
Lipídeos	0,39	0,34	0,31	0,26
Proteínas	3,75	3,84	3,95	3,97
Carboidratos	18,4	18,5	18,3	18,7
Umidade	76,5	76,4	76,4	76,1
Valor calórico (Kcal/200 mL)	185,0	185,0	184,0	186,0

* Porcentagem de extrato de café utilizado nas diferentes formulações das bebidas. EC= Extrato de café

A composição centesimal média das bebidas foi de 18,5% de carboidratos, 0,32% de lipídeos, 3,9% de proteínas e 0,93% de minerais, com valor calórico médio de 185 Kcal.

O valor calórico da bebida elaborada é similar ao valor calórico das bebidas lácteas sabor chocolate existentes no mercado, em torno de 185 a 193 Kcal. O teor de carboidratos variou de 18,3 a 18,7 g/100g nas bebidas. Esta pequena variação deve-se ao fato de que a mesma quantidade de açúcar foi usada em todas as formulações. Segundo Rodas et al.,¹⁸ a maior ou menor adição de açúcares, o enriquecimento do produto com substâncias que aumentam o teor de sólidos, pode colaborar na variabilidade e aumento do valor calórico dos produtos.

O teor de proteínas das bebidas variou de 3,75 a 3,97 g/100g. Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas (2009), em iogurte contendo 1,5% de CPS e diferentes concentrações de farinha de linhaça, onde o teor de proteínas ficou entre 3,12 a 3,71 g/100g. Ressalta que neste caso a farinha de linhaça contribuiu para aumentar o teor de proteínas. Nas bebidas de café elaboradas, o teor de proteína encontrado é resultado da adição de CPS (4%). Em relação à legislação, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea, do Ministério da Agricultura (Brasil, 2005), preconiza que para bebida láctea com adição, o teor mínimo de proteínas deve ser de 1,0 g/100g. Desta forma, todas as formulações ficaram muito acima do previsto na legislação, o que deve ser usado como atrativo no consumo da bebida.

O pequeno aumento do teor de proteínas nas formulações com maior concentração do extrato, deve-se à composição protéica do mesmo, que em torno de 4%. Assim, como a variação da concentração de extrato não é extrema, justifica-se o aumento em teores pequenos nas diferentes bebidas.

As análises de pH e acidez titulável mostraram que durante o tempo de armazenamento do produto, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação à variação de pH. Em geral, as médias de pH, as amostras ficaram em torno de 6,5.

Em relação à acidez, também não houve diferença ($p < 0,05$) entre as amostras durante o período de armazenamento. Os resultados demonstram que no início do armazenamento até o décimo dia, acidez média do produto ficou em torno de 3 $^{\circ}\text{D}$. Nos dois tempos finais,

houve uma pequena alteração da acidez e os valores médios da formulação com 0,7% e 1,0% de extrato de café alterou para 4,1 e 4,9 °D respectivamente.

Estas pequenas alterações podem ser relacionadas com o aumento da flora bacteriana do produto durante o seu período de estocagem. Segundo Vanetti (2004), a refrigeração é uma barreira efetiva e comumente utilizada para estender a vida útil de produtos, pois contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio produto. Entretanto, os microorganismos, inclusive as bactérias lácteas, são capazes de se reproduzirem, mesmos em ambientes com baixas temperaturas, e produzirem metabólitos que podem acidificar o produto (Valero et al., 2000; Vanetti, 2004). Na prática, estas modificações diminuem o pH do meio e aumenta a sua acidez, devido a maior concentração de íons H⁺ produzidos.

4. Conclusão

A composição centesimal média das bebidas foi de 18,5% de carboidratos, 0,32% de lipídeos, 3,9% de proteínas e 0,93% de minerais, com valor calórico médio de 185 Kcal. Os produtos desenvolvidos possuem composição centesimal que atende a legislação e são semelhantes entre si.

5. Bibliografia

- ABIC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ). Estatísticas – indicadores da indústria de café no Brasil. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas.html>> . Acesso em abril de 2009.
- ACHESON, K.J.; GREMAUND, G.; MEIRIM, I.; MONTIGON, F.; KREBS, Y.; FAY, L.B.; GAY, L.J.; SCHENEITER, P.; SCHINDLER, C.; TAPPY, L. Metabolic effects of caffeine in humans: Lipid oxidation or futile cycling? **American Journal Clinical Nutrition**. v.79, p. 40-46, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed., v. 2, Maryland, 1997.
- ARRUDA, A. C. et al. Justificativas e motivações do consumo e não consumo de café. **Cienc.Tecnol. Aliment** .v. 29, p. 52-61, 2009.
- BELL D.G.; MCLELLAN, T.M. Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. **Med. Science Sports Exercise**. v.35, p. 1348–1354, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N^o 62 de 26 de agosto de 2003. **Diário Oficial da União**, n^o 181, Brasília/ DF, seção 1, p. 14- 51, 2003.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea**. Instrução Normativa N^o 16 de 26 de agosto de 2005.
- DANTAS, M.I. Iogurte desnatado adicionado de concentrado protéico de soro de leite e farinha de linhaça: desenvolvimento, qualidade nutricional e sensorial. 2009. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FERREIRA , K.S.; GOMES, J.C.; BELLATO, C.R. Concentrações de Cálcio e de Magnésio em Alguns Alimentos Consumidos no Brasil. **Braz. J. Food Technol.**, v.4, p.123-130, 2001.
- HALLSTTRÖM, H.; WOLK, A.; GLYNN, A.; MICHAËLSSON, K. Coffee, tea and caffeine consumption in relation to osteoporotic fracture risk in a cohort of Swedish women. **Osteoporos Int**. v.17, n.7, p.1055-1064, 2006.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3 ed. São Paulo.1985, v.1, p.27.

- LIMA, D. R. **Café e composição química:** Disponível em: <http://www.abic.com.br/caf%C3%A9_composi%C3%A7%C3%A3oquimica.html> Acesso em: agosto 2010.
- SAKAMOTO, W.; NISHIHARA, J.; FUJIE, K.; LIZUKA, T.; HANDA, H.; OZAKI, M.; YUKAWA, S. Effect of coffee consumption on bone metabolism. **Bone**. v.28, n.3, p. 332-336, 2001.
- SAS. **SAS Software Version 9.** Cary, North Carolina: SAS Institute Inc. 1999.
- VALERO, M.; LEONTIDIS, S.; FERNÁNDEZ, P.S.; MARTÍNEZ, A.; SALMERÓN, M.C. Growth of *Bacillus cereus* in natural and acidified carrot substrates over the temperature range 5-30°C. **Food Microbiology**. v.17, p.605-612, 2000.
- VANETTI, M.C.D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: III Encontro Nacional sobre processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. **Palestras.** Universidade federal de Viçosa. Viçosa 2004.

AGRADECIMENTOS: Fapemig e CNPq

45TCA. OTIMIZAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE L-CISTEÍNA PARA PRODUÇÃO DE 1,3-PROPANODIOL POR VIA BIOTECNOLÓGICA

FERREIRA, T.F.¹; RIBEIRO, R.R.¹; MATOS, P.M.¹; RIBEIRO, C.S.M.²; COELHO, M.A.Z.¹

¹Departamento de Engenharia Bioquímica – Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro – tatianafelix@ufrj.br

²Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello – Gerência de Biotecnologia

Resumo: 1,3-propanodiol (1,3-PDO) é uma molécula bifuncional podendo ser utilizada para inúmeras aplicações, sendo de elevado interesse comercial. Uma rota mais recente para produção deste composto é a via biotecnológica utilizando alguns microrganismos capazes de converter anaerobicamente glicerol em 1,3-PDO. Neste trabalho, foi realizada a conversão de glicerol em 1,3-PDO pela cepa *Citrobacter freundii* ATCC 8090. Essa conversão ocorre em duas etapas. Inicialmente o glicerol é desidratado a 3-hidroxi-propionaldeído (3-HPA) pela ação da glicerol desidratase, e em seguida, a enzima 1,3-propanodiol oxidoreductase reduz o 3-HPA a 1,3-PDO. Contudo, a enzima glicerol desidratase produzida por este microrganismo é dependente da coenzima B12, o que torna necessário a adição de cisteína ao meio de cultivo. Sendo a cisteína uma matéria-prima de elevado custo, foram realizados 5 experimentos com diferentes concentrações de cisteína a fim de verificar qual a menor concentração possível que não afetará a conversão de glicerol em 1,3-PDO. As concentrações utilizadas foram 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 g.l⁻¹. Os rendimentos (Yp/s) foram, respectivamente, 15, 20, 26, 35 e 28%. Segundo os resultados obtidos foi possível concluir que a melhor concentração de cisteína para produção de 1,3-PDO foi 0,20 g.l⁻¹, acima desta concentração ocorreu uma redução no rendimento do produto de interesse.

1. Introdução

O propan-1,3-diol, também conhecido como trimetilenoglicol ou 1,3-di-hidroxi-propano, é um diol contendo três átomos de carbono em sua estrutura. Por ser uma molécula orgânica bifuncional, 1,3-propanodiol (1,3-PDO) tem várias propriedades promissoras para reações de síntese, especialmente como monômero para a produção de poliésteres, poliéteres e poliuretanos. No entanto, devido ao alto custo de produção o seu uso foi fortemente limitado. Por muito tempo, o 1,3-PDO só encontrou aplicações como solvente e para a produção de dioxanos e polímeros especiais que atendem a pequenos mercados. Esta situação começou a mudar por volta de 1995-1996, quando as empresas Shell e Dupont, anunciaram a comercialização de um novo poliéster a base de 1,3-PDO, o poli (tereftalato de trimetileno), denominado PTT (Shell) ou 3GT (DuPont). Este copolímero é produto da condensação entre o 1,3-propanodiol e o ácido tereftalato, apresentando excelentes propriedades, tais como boa elasticidade, elevada resistência, baixa geração de eletricidade estática, etc, e é particularmente adequado para aplicações em fibras e produtos têxteis. Além disso, é um plástico de engenharia muito promissor, tendo capacidade de substituir o tradicional poli (tereftalato de etileno) (PET) e poli (tereftalato de butileno) (PBT) (Zeng & Biebl, 2002). O 1,3-PDO possui também uma série de outras aplicações interessantes, como por exemplo, aditivos para solvente (melhora de propriedades), adesivos, laminados, resinas (viscosidade intrínseca baixa, menos solvente para o revestimento), detergentes (prevenir separação de fases e perda de atividade enzimática) e cosméticos (de longa duração e resíduos não aderentes) (Barbirato *et al.*, 1998).

Muitos microrganismos são capazes de produzir 1,3-PDO a partir de glicerol. Dentre estes se encontram os dos gêneros *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Lactobacillus* e *Clostridium*. Porém os microrganismos mais estudados para a conversão de glicerol em 1,3-PDO são *K. pneumoniae*, *C. freundii*, e *Cl. butyricum* (Barbirato *et al.*, 1998).

Neste trabalho, foi utilizada uma cepa de *Citrobacter freundii*. *Citrobacter* é um gênero de bactérias gram-negativas da família Enterobacteriaceae. São observáveis nos solos, águas, alimentos e esgotos. Estas bactérias são isoladas em análises clínicas como agentes patogênicos causadores de doença, podendo ser encontradas nas fezes dos seres humanos e animais (presumivelmente fazem parte da flora normal dos intestinos).

O glicerol é convertido em 1,3-PDO através de duas etapas. Na primeira etapa, a enzima glicerol desidratase catalisa a remoção de uma molécula de água do glicerol, produzindo 3-hidroxi propionaldeído (3-HPA). Na segunda etapa, a enzima 1,3-propanodiol oxidoreductase reduz o 3-HPA a 1,3-PDO simultaneamente a oxidação da forma reduzida do co-fator nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH) para sua forma oxidada, NAD⁺ (Nakamura & Whitedy, 2003). A enzima glicerol desidratase produzida pela espécie *Citrobacter freundii* é dependente de coenzima B12, sendo necessária a adição de cisteína ao meio de cultivo para que haja produção de 1,3-PDO. Contudo, a cisteína é uma matéria-prima de elevado custo que deve ser utilizada na menor concentração possível.

2. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é realizar a produção de 1,3-PDO a partir de glicerol utilizando a cepa *Citrobacter freundii* ATCC 8090 em diferentes concentrações de cisteína a fim de buscar a menor concentração possível deste aminoácido que não afetará o rendimento do processo.

3. Metodologia

Matérias-primas utilizadas

Os componentes dos meios de cultivo que foram utilizados são: extrato de lêvedo (Oxoid - Hampshire, UK), glicerol (Vetec – Rio de Janeiro, BR) e L-cisteína (Sigma - St. Louis, MO). Foi utilizado também um meio de cultivo formulado industrialmente, LB Broth Base (Invitrogen - Carlsbad, CA).

Microrganismos

A bactéria utilizada no presente trabalho foi *Citrobacter freundii* ATCC 8090.

Condições de cultivo

As células foram estocadas em meio semi-sólido a 4°C. Para proliferação celular, células do meio estoque foram inoculadas em condições anaeróbias em Erlenmeyer de 1000 mL contendo 400 mL de Meio LB 2 % e incubadas a 30 °C em agitador rotatório mantido a 250 oscilações/min. Após 8 horas, as células foram centrifugadas e suspensas no meio de cultivo.

Experimentos

Os experimentos foram realizados em condições anaeróbias em Erlenmeyer de 500 com 200 mL de meio líquido a 30 °C em incubador rotatório (shaker) com agitação de 250 rpm e inóculo de aproximadamente 1,0 mg.ml⁻¹ de células. Esses experimentos foram realizados por 48 horas com amostragem para análise de crescimento celular, medida de pH, consumo de glicerol, produção de 1,3-PDO e coprodutos.

O meio de cultivo utilizado foi adaptado de Barbirato *et al.* (1998) e encontra-se descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Meio de cultivo utilizado no experimento com *Citrobacter freundii* ATCC8090.

<i>Citrobacter freundii</i>
20 g/L glicerol
14 g/L K ₂ HPO ₄
6 g/L KH ₂ PO ₄
3 g/L (NH ₄) ₂ SO ₄
0,2 g/L MgSO ₄ .7H ₂ O
0,012 g/L CoCl ₂ .6H ₂ O
0,2 g/L extrato de levedo
pH = 7,0

Métodos Analíticos

- Quantificação celular: A concentração celular foi medida através de densidade óptica a 580 nm e esses valores foram convertidos para mg de peso seco de células/mL utilizando-se o fator de conversão obtido pela curva de peso seco.
- Quantificação de 1,3-propanodiol e co-produtos: As análises para quantificar a produção de 1,3-PDO e alguns possíveis coprodutos como 2,3-butanodiol, etanol e os ácidos oxálico, succínico, cítrico, pirúvico, lático e acético foram realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Waters®). Para realização de tais análises utilizou-se coluna Aminex® HPX- 87H, 300 x 7,8mm (Bio-Rad Laboratories Ltd) acoplada a uma pré-coluna trocadora de cátions (Bio-Rad Laboratories Ltd), detector de IR (Waters 2414), bomba binária (Waters 1525), forno e módulo controlador de temperatura (Waters), software cromatográfico: Breeze. A fase móvel utilizada foi H₂SO₄ 5mM com vazão de 0,8mL/min, o volume de injeção foi 20 µL e a temperatura da corrida foi 60°C.
- Quantificação do consumo de glicerol: As análises para quantificar o consumo de glicerol também foram realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Waters®). A metodologia utilizada foi a mesma descrita anteriormente.
- Análise de pH: O pH dos meios de cultivos foram analisados em pHmetro Digimed modelo Digimed DM-22

4. Resultados

Foram realizados cinco experimentos com diferentes concentrações iniciais de L-cisteína no meio de cultivo. As concentrações de L-cisteína utilizadas, assim como, a concentração final de 1,3-PDO produzido, o rendimento neste produto de interesse e o pH final encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração de L-cisteína utilizada, produção de 1,3-PDO, rendimento em 1,3-PDO e pH final dos diferentes experimentos com *Citrobacter freundii* ATCC8090.

Meio	[L-cisteína]*	Produção de 1,3-PDO*	Rendimento (Yp/s)*	pH _{final}
1	0,05	1,46	15	6,38
2	0,10	2,23	20	6,63
3	0,15	3,25	26	6,33
4	0,20	3,90	35	6,65
5	0,25	4,81	28	6,31

* Os valores de concentração de L-cisteína e produção de 1,3-PDO encontram-se em g.l⁻¹ e o rendimento encontra-se em %.

No Meio 1, não houve crescimento microbiano, porém ocorreu consumo de aproximadamente metade do glicerol e a produção de 1,3-PDO atingiu 1,46 g.l⁻¹, com o rendimento (Yp/s) de 15%. Dentre os co-produtos analisados, o ácido acético foi o único detectado, atingindo 1,63 g.l⁻¹, o que resultou num pH final de 6,38. As curvas de crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 1 estão representadas na Figura 1. Vale ressaltar que esse rendimento foi obtido com 17 horas de experimento onde a consumo de glicerol e a produção de 1,3-PDO cessaram.

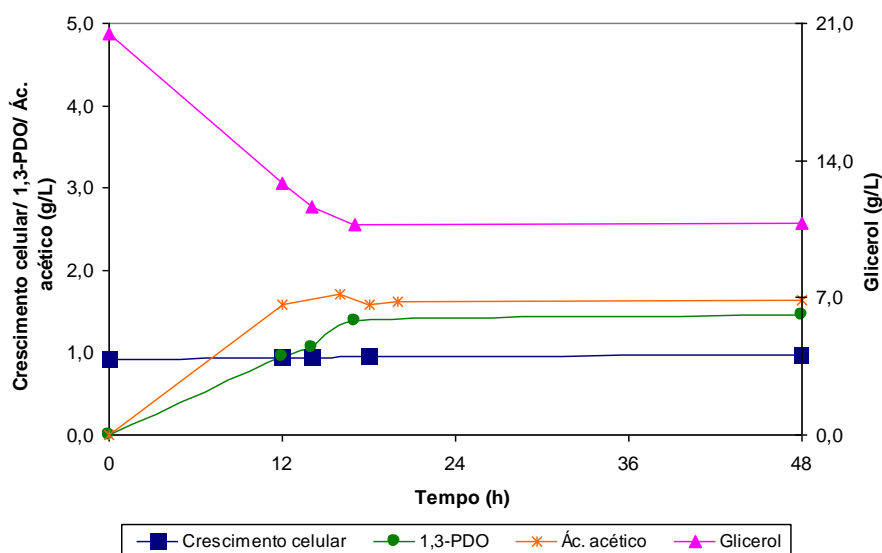


Figura 1. Crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3- PDO e ácido acético no Meio 1.

No Meio 2, também não houve crescimento microbiano, sendo que o consumo de glicerol e a produção de 1,3-PDO foram um pouco superiores aos obtidos no Meio 1, resultando num rendimento (Yp/s) de 20%. Assim como no Meio 1, o único co-produto formado foi o ácido acético na concentração de 1,05 g.l⁻¹ e o pH final foi 6,63. As curvas de crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 2 estão representadas na Figura 2. É possível verificar que o consumo de glicerol e a produção de 1,3-PDO não pararam com 17 horas de experimento como ocorreu no Meio 1.

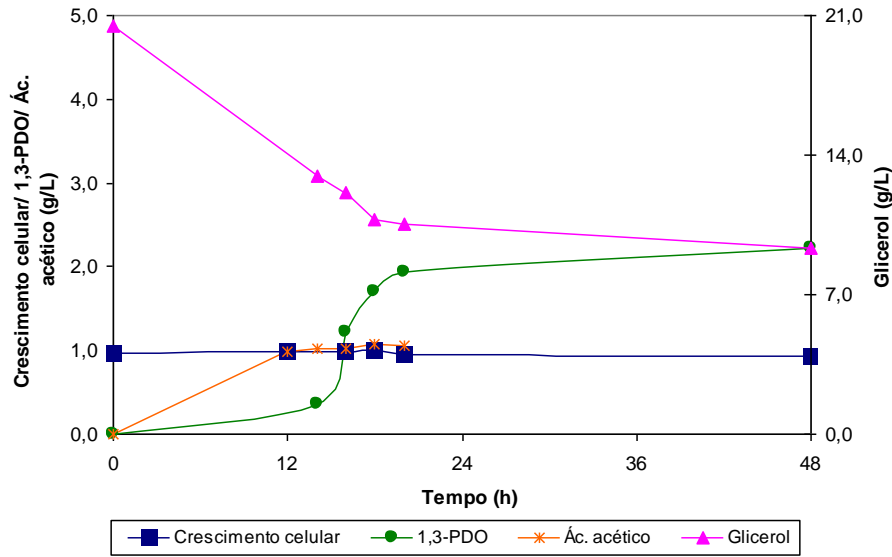


Figura 2. Crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 2.

No Meio 3, o crescimento microbiano não foi expressivo, portanto foi consumido mais da metade do glicerol e a produção de 1,3-PDO atingiu 3,25 g/L, gerando um rendimento (Y_p/s) de 26%. Houve produção de $1,80 \text{ g.l}^{-1}$ de ácido acético e o pH final foi 6,33. As curvas de crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 3 encontram-se na Figura 3.

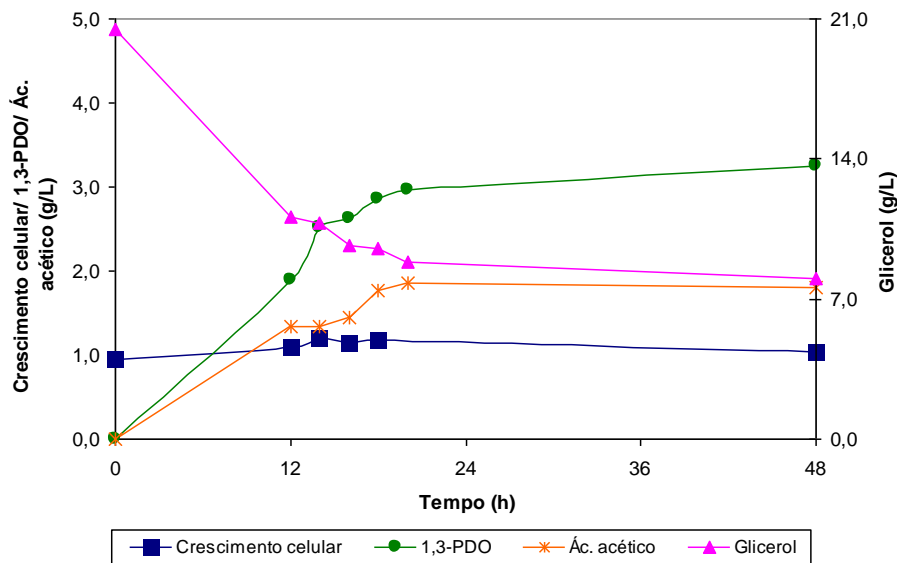


Figura 3. Crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 3.

Já no Meio 4, houve crescimento microbiano, o consumo de glicerol foi expressivo e a produção de 1,3-PDO atingiu $3,90 \text{ g.l}^{-1}$, com um rendimento (Y_p/s) de 35%. A produção de ácido acético atingiu $1,95 \text{ g.l}^{-1}$ e o pH final foi 6,65. As curvas de crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 4 encontram-se na Figura 4.

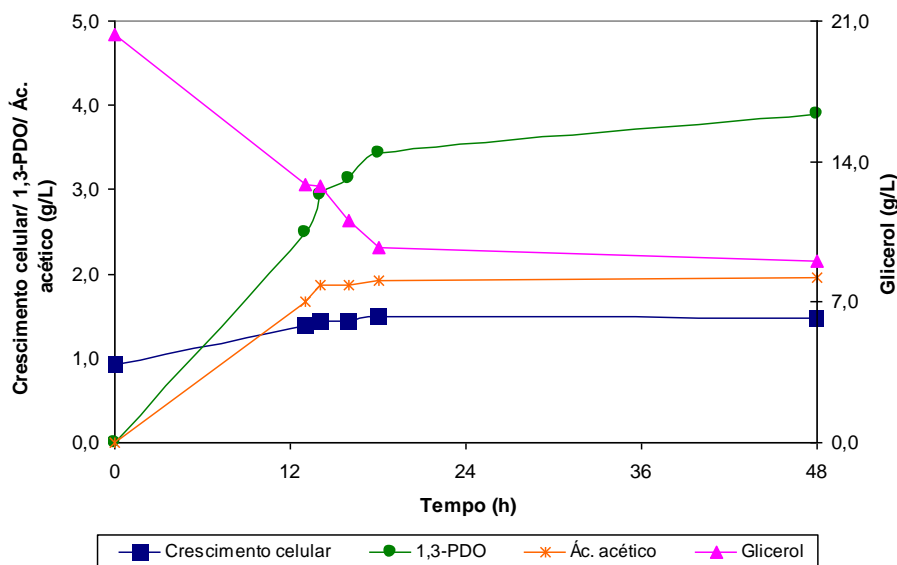


Figura 4. Crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 4.

O Meio 5 também apresentou expressivo crescimento celular e a produção de 1,3-PDO atingiu $4,8 \text{ g.l}^{-1}$. Contudo o consumo de glicerol foi bem elevado, resultando num rendimento em 1,3-PDO (Y_p/s) de 28%, inferior ao rendimento (Y_p/s) obtido no Meio 4. A produção de ácido acético foi $1,88 \text{ g.l}^{-1}$ e o pH final foi 6,31. As curvas de crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 5 encontram-se na Figura 5.

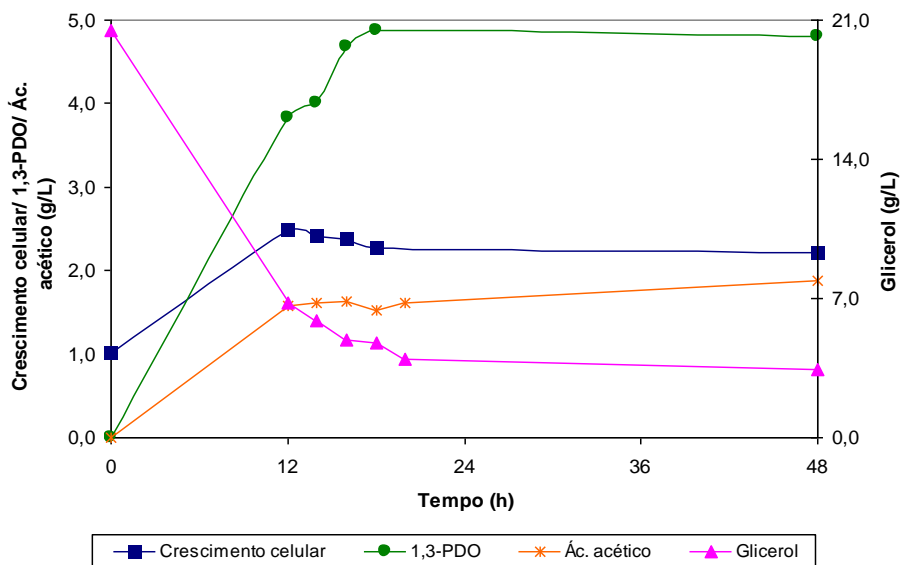


Figura 5. Crescimento celular, consumo de glicerol e produção de 1,3-PDO e ácido acético no Meio 5.

5. Conclusão

Nos Meios 1, 2 e 3, a concentração de L-cisteína não foi suficiente para promover o crescimento celular utilizando glicerol como fonte de carbono. Contudo, houve produção de 1,3-PDO e ácido acético. Nos Meios 4 e 5, ocorreu crescimento celular além de elevada

produção de 1,3-PDO e ácido acético. Porém, o maior rendimento em 1,3-PDO e ácido acético foi obtido no Meio 4. Esses resultados indicam que o Meio 4, onde a concentração de cisteína foi $0,20 \text{ g.l}^{-1}$, foi a melhor condição para a conversão de glicerol em 1,3-PDO, acima desta concentração ocorreu uma redução no rendimento do produto de interesse como mostra a Tabela 3.

O ácido acético é o único composto produzido por *Citrobacter freundii* que não utiliza NADH na sua via de produção, disponibilizando, assim, maior quantidade de NADH para produção de 1,3-PDO (Biebl *et al.*, 1999). Isso justifica o fato do experimento no Meio 4 ter apresentado maior rendimento em 1,3-PDO visto que este apresentou também maior rendimento em ácido acético. Possivelmente nos outros experimentos houve maior produção de algum bioproduto que não foi analisado como, por exemplo, CO_2 .

Tabela 3. Rendimentos em 1,3-PDO, ácido acético e biomassa dos experimentos realizados.

Meio	[Cisteína] (g.l^{-1})	Yp/s 1,3-PDO*	Yp/s Ác. acético*	Yx/s*	Total
1	0,05	15	17	< 1	32
2	0,10	20	9	< 1	29
3	0,15	26	14	2	42
4	0,20	35	32	4	71
5	0,25	28	11	7	46

* Os valores de rendimento encontram-se em %.

Sendo assim, alguns parâmetros precisam ser estudados a fim de favorecer a via de produção 1,3-PDO em detrimento da via de produção de ácido acético.

6. Bibliografia

- Barbirato, F.; Himmi, E.H.; Conte, T. e Bories, A. (1998). 1,3-propanediol production by fermentation: an interesting way to valorize glycerin from the ester and ethanol industries. *Ind. Crops and Products*, 7: 281-289.
- Biebl, H.; Menzel, K.; Zeng, A.-P.; Deckwer, W.-D. (1999) Microbial production of 1,3-propanediol. *Appl Microbiol Biotechnol* 52: 289-297.
- Nakamura, C. E. e Whited, G. M. (2003). Metabolic engineering for the microbial production of 1,3-propanediol. *Current Opinion in Biotechnology* 14: 454–459.
- Zeng, A. P. e Biebl, H. (2002), Bulk chemicals from biotechnology: the case of 1,3-propanediol production and the new trends. *Advances in biochemical engineering/biotechnology*, 74: 239–259.

46TCA. ESTUDIO DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE CEBADA CERVECERA (*HORDEUM DISTICHUM L.*).

SOLOGUBIK, C. A. ^(1,2); GELY M. C. ⁽²⁾; CAMPAÑONE L. ⁽³⁾; PAGANO A. M. ⁽²⁾

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

²Facultad de Ingeniería, Departamento de Ing. Química (TECSE), UNCPBA, Avda. del Valle 5737 B7400JWI Olavarría, Buenos Aires, Argentina. TE: 02284-451055

³Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) (UNLP-CCT-CONICET), La Plata, Buenos Aires, Argentina. TE: 0221-4254853

E-mail: csologubik@gmail.com – cgely@fio.unicen.edu.ar

Resumen: Se determinaron las isotermas de adsorción de semillas de cebada cervecera (var. *Scarlett*) empleando el método gravimétrico estático a diferentes temperaturas (20, 30, 40 y 50°C) utilizando soluciones de sales saturadas (LiCl, MgCl₂.6H₂O, K₂CO₃, NaBr, NaNO₂, KI, NaNO₃, NaCl, (NH₄)₂SO₄) para proporcionar una actividad de agua para cada temperatura comprendida entre 0.11 y 0.813. Se verificó la presencia de ciclos de histéresis entre las isotermas de adsorción / desorción. Según la clasificación de ciclos de histéresis IUPAC, los ciclos de cebada son del tipo H3. Se utilizaron las ecuaciones modificadas de Henderson, (MHE), Chung-Pfost (MCPE), Halsey (MHaE) y de Oswin (MOE), para evaluar su capacidad de ajustar los datos experimentales de EMC/ERH. La comparación se hizo teniendo en cuenta el error estándar de la estimación (SE), y el coeficiente de determinación (R²) siendo la ecuación modificada de Oswin la más apropiada para modelar las isotermas de adsorción de cebada cervecera var. *Scarlett*.

1. Introducción

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es el cuarto cereal producido en el mundo luego del maíz, el trigo y el arroz. Argentina produce aproximadamente 2.9 millones de toneladas de cebada anualmente, representando el 2.10 % de la producción mundial.

Inmediatamente después de la cosecha, se procede a realizar el secado de los granos con el fin de alcanzar un contenido de humedad que permita un almacenamiento seguro que evite la pérdida de calidad de los granos de cebada debido al ataque de insectos, la descomposición microbiana y química. A continuación, se almacenan por un período considerable de tiempo en un ambiente de bio-degradación controlada, lo que se lleva a cabo mediante el control del contenido de humedad y temperatura (Sun, 1999).

Para cualquier material higroscópico, el contenido de humedad de equilibrio (EMC) se puede definir como el contenido de humedad del material en equilibrio con un ambiente particular (Temperatura y humedad relativa). El conocimiento de la humedad de equilibrio de los productos agrícolas a diferentes temperaturas permite conocer los avances de los procesos de secado (desorción) y de las condiciones de almacenamiento (adsorción) para ese producto (Pixton & Wartburton, 1977).

Las isotermas de sorción de humedad se pueden obtener para los procesos de adsorción o desorción. En el primer caso, la muestra capta agua desde una atmósfera con una humedad relativa elevada y en el segundo caso, la muestra libera agua a una atmósfera con una humedad relativa reducida. El fenómeno de histéresis se produce cuando el contenido de humedad de equilibrio a una actividad de agua dada no es el mismo en ambos procesos.

La curva típica de histéresis muestra valores de EMC de desorción más elevados a igual *a_w* (actividad acuosa) que las obtenidas para la adsorción entre los puntos de cierre de cada

uno de los extremos del ciclo (Bell & Labuza, 2000). Los ciclos de histéresis se clasifican en cuatro tipos, H1-H4, teniendo en cuenta la clasificación IUPAC (Sing et al., 1985).

La evaluación del comportamiento de sorción de humedad de los granos de cebada es importante para interpretar correctamente los mecanismos que contribuyen a la cinética de las operaciones de humedecimiento y secado, así como para la selección de las condiciones de almacenamiento adecuado. Sin embargo, la información sobre la sorción de agua de cebada es escasa y se limita a determinadas temperaturas (Chen & Morey, 1989; Sun & Woods, 1994; Basunia & Abe, 2005).

2. Objetivos

A. cuantificar el contenido de humedad de equilibrio de adsorción de agua de los granos de cebada (var. Scarlett), utilizando el método estático gravimétrico en el rango de temperatura de 20 a 50 °C,

B. verificar la capacidad de los diferentes modelos EMC/ERH para ajustar los datos experimentales, y

C. analizar la presencia de ciclos de histéresis para los valores experimentales.

3. Metodología

3.1 Materiales

El material utilizado para los experimentos fue cebada cervecera var. *Scarlett* cosechada en 2010 en la región central de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) con un contenido de humedad inicial (M_i) de 13.6 % b.s. (base seca) sin ningún tipo de tratamiento previo de secado.

El contenido de humedad de los granos se determinó por el método de secado en estufa, con una muestra de 10 g a 130 ° C durante 20 horas (ASAE, 1986). Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

Para la realización de las isotermas de adsorción, las muestras se debieron acondicionar antes de cada experimento a fin de asegurar la construcción de curvas de adsorción de humedad para todo el rango de actividad acuosa. Las muestras de cebada se secaron a un contenido de humedad de aproximadamente 4.0 % b.s. El secado se llevó a cabo en una estufa a 35°C durante una semana y las muestras secadas se almacenaron en bolsas plásticas dobles herméticas en un refrigerador durante 10 días. Este procedimiento permite lograr un contenido de humedad uniforme en cada una de las muestras (Basunia & Abe, 2005).

En todos los casos, la cantidad necesaria de cada muestra fue retirada de la refrigeración un día antes de llevarse a cabo el experimento, para permitir que la muestra alcance el equilibrio térmico con el medio ambiente (Basunia & Abe, 2005; Sun & Woods, 1994).

3.2. Determinación experimental de las isotermas de adsorción.

Con el fin de obtener el contenido de humedad de equilibrio a temperatura constante se utilizó el método estático gravimétrico. Se emplearon soluciones salinas saturadas para garantizar una presión de vapor constante dentro de los desecadores con las muestras (Greenspan, 1977).

Las soluciones salinas saturadas contenidas en los desecadores de vidrio se colocaron en estufa a temperaturas controladas de 20, 30, 40 y 50°C. Para cada temperatura se utilizaron de cinco a ocho soluciones salinas diferentes (Tabla 1) para proporcionar un rango de humedades relativas entre 11 y 81,3 %. Las muestras de cebada se colocaron en cestas

perforadas suspendidas dentro de los mencionados desecadores. Todos los experimentos se realizaron por duplicado.

Las muestras fueron pesadas periódicamente hasta que la diferencia entre dos mediciones consecutivas fue inferior a 0,01 g (Mazza & Jayas, 1991). En este punto, el contenido de humedad equilibrio se determinó por el método ASAE (ASAE, 1986). Cada set experimental fue repetido en dos oportunidades, registrando el promedio de sus valores y la correspondiente desviación estándar.

3.3 Ecuaciones matemáticas para predecir las isotermas de adsorción

Las ecuaciones modificadas de Henderson (MHE) (Thompson et al., 1968), Chung-Pfost (MCPE) (Pfost et al., 1976), Halsey (MHaE) (Iglesias & Chirife, 1976) y de Oswin (MOE) (Oswin, 1946) son comúnmente utilizadas para el ajuste de datos de EMC/ ERH de granos y semillas (Chen, 1988). Las ecuaciones de MHE y MCPE fueron utilizadas por Zuritz, Singh, Moini & Henderson (1979). Estas cuatro ecuaciones (MHE, MCPE, MHaE y MOE) están incluidos en el estándar ASAE (ASAE, 1997), siendo evaluadas también para ajustar datos de distintos granos y semillas como cebada (Chen & Morey, 1989). Los estudios anteriores indican que estas cuatro ecuaciones podrían tener buena capacidad para representar datos de EMC/ERH de cebada. Por lo tanto las siguientes ecuaciones fueron elegidas para este estudio.

Ecuación modificada de Henderson (MHE):

$$M_e = \left[\frac{\ln(1-aw)}{-A(T+B)} \right]^{1/C} \quad (1)$$

Ecuación modificada de Chung-Pfost (MCPE):

$$M_e = \frac{\ln(A)}{C} - \frac{1}{C} \ln[-(T+B)\ln(aw)] \quad (2)$$

Ecuación modificada de Halsey (MHaE):

$$M_e = \left[\frac{-\exp(A+BT)}{\ln(aw)} \right]^{1/C} \quad (3)$$

Ecuación modificada de Oswin (MOE):

$$M_e = (A+BT) \left[\frac{(1-aw)}{aw} \right]^{-1/C} \quad (4)$$

Tabla 1. Condiciones experimentales

T(°C)	RH (dec)	Soluciones de sales saturadas
20	0.1131	LiCl
	0.3360	MgCl ₂ ·6H ₂ O
	0.4316	K ₂ CO ₃
	0.6990	NaBr
	0.7547	NaCl
	0.8134	(NH ₄) ₂ SO ₄
30	0.1128	LiCl
	0.3280	MgCl ₂ ·6H ₂ O
	0.4317	K ₂ CO ₃
	0.6330	NaNO ₂
	0.6789	KI
	0.7314	NaNO ₃
	0.7509	NaCl
	0.8063	(NH ₄) ₂ SO ₄
40	0.1121	LiCl
	0.3210	MgCl ₂ ·6H ₂ O
	0.5317	NaBr
	0.6141	NaNO ₂
	0.6609	KI
	0.7100	NaNO ₃
	0.7468	NaCl
	0.7991	(NH ₄) ₂ SO ₄
50	0.1110	LiCl
	0.3140	MgCl ₂ ·6H ₂ O
	0.5093	NaNO ₂
	0.6449	KI
	0.6904	NaNO ₃

El ajuste de los datos experimentales con los diferentes modelos y los coeficientes de determinación fueron obtenidos utilizando el software estadístico Systat (Wilkinson, 1990).

El error estándar de la estimación (SE) se definió según la ecuación,

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y')^2}{df}} \quad (5)$$

donde Y : valor medido; Y' : valor predicho por el modelo, df : grados de libertad de la regresión del modelo. Se cuantificó la bondad del ajuste de los modelos considerando los valores de residuos obtenidos por diferencia entre los valores medidos (Y) y predichos (Y'). Residuos cercanos a cero indican un ajuste adecuado del modelo (Chen & Morey, 1989).

4. Resultados

4.1 Análisis de los datos de EMC-ERH

En la figura 1 se presentan las isotermas experimentales de adsorción de cebada para temperaturas entre 20°C y 50°C. En la figura 2 se presentan las isotermas de desorción obtenidas por Gely y Pagano (2011) para la misma variedad de cebada junto con el ajuste obtenido utilizando la isoterma de Oswin. Las barras de error indican la desviación estándar entre los duplicados que en todos los casos fue inferior al 3.3 %.

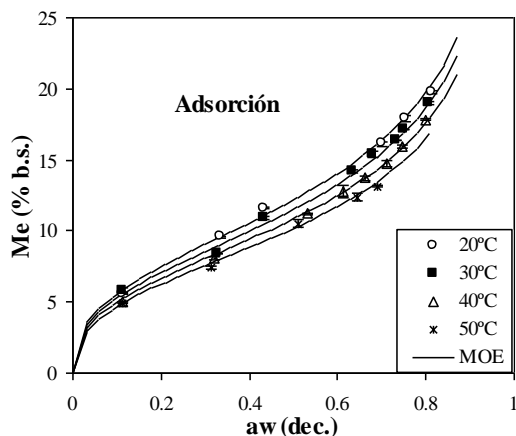


Figura 1. Datos experimentales (puntos) de isotermas de adsorción en el rango de 20 a 50°C. Líneas corresponden al modelo de MOE (Ec. 5).

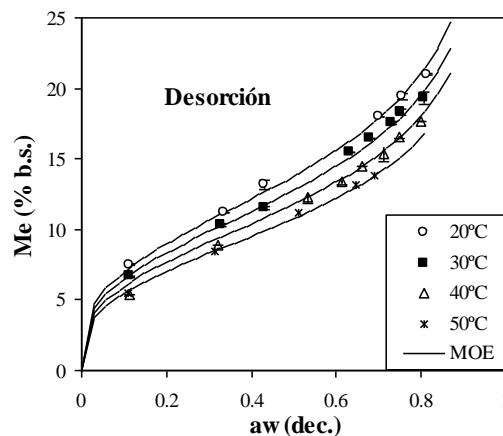


Figura 2. Datos experimentales (puntos) de isotermas de desorción en el rango de 20 a 50°C y curvas predichas por la ecuación del modelo MOE (Ec. 5) (Gely y Pagano, 2011)

En las Figs. 1 y 2 (adsorción y desorción, respectivamente) se observa que el contenido de humedad de equilibrio aumenta cuando la humedad relativa (o aw) se incrementa desde humedades comprendidas entre 5.5-7.45 % b.s. y 4.9-5.6 % b.s., respectivamente, para diferentes temperaturas cuando la actividad de agua es de 0.111 y asumen forma de curvas que pueden encuadrarse dentro del Tipo II de acuerdo a la clasificación de Brunauer (Brunauer et al., 1940). Además las gráficas muestran que el contenido de humedad de equilibrio de desorción, a una actividad de agua y temperatura específica, es mayor que el correspondiente a la adsorción. Este hecho refleja la presencia del fenómeno de histéresis.

La Fig. 3 muestra el efecto de histéresis típico de cebada a 30 y 50°C (en las temperaturas intermedias se obtuvo el mismo comportamiento). Los ciclos de histéresis cebada se pueden clasificar como tipo H3 de acuerdo con la clasificación IUPAC (Sing et al., 1985). Encontrándose diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las isotermas de desorción y adsorción en las cuatro temperaturas empleadas para realizar este estudio (20, 30, 40 y 50°C) en el rango de aw de 0.11-0.81.

4.2. Ajuste y selección de ecuaciones para el secado y almacenamiento de cebada.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del ajuste de los datos experimentales con los diferentes modelos matemáticos y los correspondientes criterios estadísticos (R^2 y SE).

En la Tabla 2 se observa que todas las ecuaciones produjeron un buen ajuste de los resultados experimentales, siendo el modelo MOE el que exhibió el mayor coeficiente de determinación y el menor error de estimación para predecir las isotermas de de adsorción.

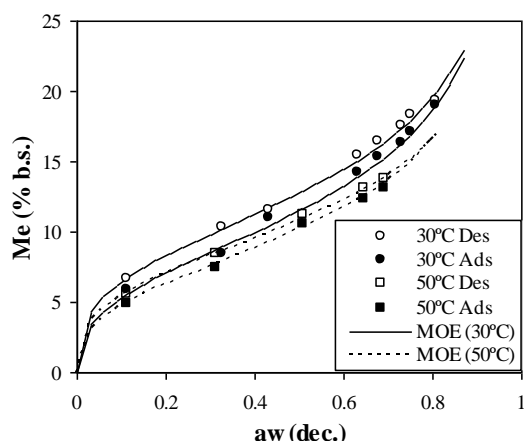


Figura 3. Ciclos de histéresis de isothermas de cebada

Tabla 2. Parámetros estimados y criterios estadísticos para los modelos de MHE, MCPE, MHaE y MOE de isothermas de adsorción.

Modelo	Parámetros de los Modelos ^a			R ²	SE
	A	B	C		
MHE	6.2x10 ⁻⁵ (4.6x10 ⁻²¹)	58.725 (7.250)	1.955 (0.029)	0.987	0.483
MCPE	392.476 (30.997)	40.374 (5.870)	0.177 (0.003)	0.99	0.455
MHaE	4.916 (0.146)	-0.011 (0.0014)	2.067 (0.046)	0.983	0.589
MOE	13.497 (0.149)	-0.067 (0.004)	2.849 (0.037)	0.995	0.322

5. Conclusiones

Se determinaron las isothermas de adsorción de granos de cebada a temperaturas entre 20y 50°C, utilizando el método estático gravimétrico. EMC de cebada disminuye con el incremento de la temperatura, a igual aw. Las ecuaciones modificadas de Henderson (MHE), Chung-Pfost (MCPE), Halsey (MHaE) y de Oswin (MOE) son adecuadas para describir los datos experimentales de las isothermas de adsorción de agua de los granos de cebada cervecera *var. Scarlett*, pero el MOE es el que reporta los mejores parámetros estadísticos. Comparando los valores experimentales de EMC de adsorción con datos publicados de EMC de desorción para la misma variedad de cebada se observó la presencia de ciclos de histéresis.

6. Bibliografía

- ASAE (1997). ASAE D245.5. Moisture relationship of plant-based agricultural products. ASAE Standards (44th ed.). Michigan, USA: St. Joseph.
- ASAE (1986). ASAE 352.1. Moisture Measurement-Grains and Seeds, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.
- Basunia M.A. & Abe T. (2005). Adsorption isotherms of barley at low and high temperaturas, Journal of Food Engineering, 66, 129–136.
- Bell L.N. & Labuza T.P. (2000). Moisture sorption. In: Practical aspects of isotherm Chem. 57, 603–619.
- Brunauer S., Deming L.S., Deming W.E., Troller, E. (1940). On the Theory of Van der Waals adsorption of gases. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering, 41, 1755-1760.
- Chen C. C. (1988). A study of equilibrium relative humidity for yellow dent corn kernels. Ph.D. thesis, University of Minnesta, St. Paul.
- Chen C.C. & Morey R.V. (1989). Comparison of four EMC/ERH equations. Transactions of the ASAE, 32, 983–990.

Gely M.C. & Pagano A.M. (2011). Moisture Desorption Isotherms and Isothermic Heat of Sorption Characteristics of Malting Barley (*Hordeum Distichum* L.). Latin American Applied Research. Trabajo en prensa, Accepted: September 24, 2011.

Greenspan L. (1977). Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. Journal of Research of the National Bureau of Standards a Physics and Chemistry, 81A(1), 89-96.

Iglesias H.A. & Chirife J. (1976). Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food materials. J. Food Technol. 11, 109-116.

Mazza G. & Jayas D.S. (1991). Equilibrium moisture characteristics of sunflower seeds, hulls and kernels. Transactions of the ASAE, 34, 534-538.

Oswin C.R. (1946). The kinetics of package life. III. Isotherm. Journal of Chemical Industry, London, 65, 419-421.

Pfost H.B., Maurer S.G., Chung D.S. & Milliken G.A. (1976). Summarizing and reporting equilibrium moisture data for grains. ASAE paper no. 76-3520, St. Joseph, Michigan, USA.

Pixton S.W. & Wartburton S. (1977). The Moisture Content Equilibrium Relative Humidity Relationship and Oil Composition of Rapeseed. J. Stored Prod. Res., 13: 77-81.

Sing K. S. W., Everett D. H., Haul R. A. W., Moscou L., Pierrotti R. A., Rouquerol J. y Siemienieswka T. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems. Pure Applied Chemical, 57, 603609.

Sun D.W. & Woods J.L. (1994). Low temperatures moisture transfer characteristics of barley: thin-layer models and equilibrium isotherms. Journal of Agricultural Engineering Research, 59, 273-283.

Sun D.W. (1999). Comparison and Selection of EMC/ERH Isotherm equations for Drying and Storage of Grain and Oilseed. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 1999. Disponible en: www.journals.sfu.ca

Thompson T.L., Peart R.M. & Foster G.H. (1968). Mathematical simulation of corn drying a new model. Transactions of the ASAE, 24(3), 582-586.

Wilkinson L. (1990). SYSTAT: The System for Statistics. SYSTAT, Inc., Evanston, IL.

Zuritz C.Z., Singh R.P., Moini S.M. & Henderson S.M. (1979). Desorption isotherms of rough rice from 10°C to 40°C. Transactions of the ASAE, 22(2), 433-44.

47TCA. PROCESO Y ALMACENAMIENTO DE ZARZAMORA: EFECTO SOBRE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES

PAULINO, Carolina¹; GONZALEZ, Walter¹; OCHOA, Mónica¹; KESSELER, Alicia¹;
DE MICHELIS, Antonio^{1,2}

¹ Facultad Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nac. del Comahue. 25 de Mayo 113, Villa Regina, Río Negro, Argentina. Tel: 54-298-4463200. e-mail: paulinocarolina@gmail.com

² INTA AER El Bolsón- CONICET, Ap. 108 (8430) El Bolsón- Río Negro, FAX (02944- 492422)

Resumen: El estrés oxidativo está asociado al desarrollo de numerosas enfermedades crónicas y en el proceso de envejecimiento. Debido a que la dieta desempeña un papel importante en la prevención del daño oxidativo, la industria alimentaria muestra hoy en día un interés creciente por el desarrollo de alimentos funcionales ricos en antioxidantes que puedan proporcionar beneficios para la salud del consumidor. Los berries, debido a que poseen numerosos compuestos bioactivos pueden ser consideradas alimentos funcionales. El objetivo del presente trabajo es estudiar la influencia de los diferentes procesos, utilizados para la conservación, y el almacenamiento de zarzamora, en el poder antirradical, los fenoles totales y los flavonoides. Se trabajó con: zarzamora var. *Thornfree*, los frutos frescos fueron sometidos a los procesos de pulpado y pasteurizado. Se tomaron muestras al final de cada etapa. Luego, los pasteurizados se almacenaron a temperatura ambiente durante 45 días en condiciones de anaquel (luz) y oscuridad y se tomaron muestras cada 15 días para analizar el efecto del almacenamiento. Los extractos y las determinaciones se realizaron por triplicado. La fruta sin procesar presentó el mayor contenido de los parámetros analizados. La concentración de los compuestos bioactivos cambió significativamente durante el procesado. Los flavonoides durante el almacenamiento, tanto en luz como en oscuridad, disminuyen significativamente por efecto del tiempo; mientras que los fenoles totales y el poder antirradical se mantuvieron estables en las mismas condiciones.

Palabras claves: berries, fenoles totales, capacidad antioxidante, flavonoides.

1. Introducción

Los alimentos de origen vegetal (frutas, hortalizas, cereales y derivados de ellos) son productos de gran interés, ya que desde el punto de vista nutricional, son fuentes potenciales de compuestos bioactivos, los cuales retardan o inhiben la oxidación de los componentes celulares por acción de radicales libres y, en consecuencia, son esenciales antioxidantes que protegen contra la propagación de la cadena oxidativa. La determinación de éstos en alimentos ha sido de interés creciente en los últimos años debido a que se cree que su ingesta regular como parte de la dieta, ayuda en la prevención de enfermedades diversas (cáncer, diabetes, hipertensión y enfermedades cardiovasculares), retrasa la señal de envejecimiento, y mejora el estado físico (Mohamed *et al.*, 2005).

Entre los antioxidantes más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides (quercitina, robinutina, luteolina, kaempferol, naringenina, catequinas, etc), antocianinas, carotenoides, ácidos fenólicos (ácidos caféico, ferúlico, gálico, clorogénico), etc. De estos, los ácidos fenólicos se reconocen como los principales contribuyentes de la actividad antioxidante en extractos vegetales, debido a su alto valor en el contenido total (Hodzic *et al.*, 2009). Su presencia en frutas queda determinada por numerosos factores,

entre los que se puede mencionar a la especie, variedad, condiciones de cultivo, maduración, etc.

Los berries agrupan a un conjunto de especies frutales que se caracterizan principalmente por su reducido tamaño, en comparación a las pomáceas o frutas de pepita. Diversos estudios han demostrado que estas frutas son fuente de compuestos bioactivos, como flavonoides, ácidos fenólicos y vitamina C (Häkkinen *et al.*, 2000; Kahkonen *et al.*, 2001; Tabart *et al.*; 2006).

Debido a su carácter estacional es interesante determinar si los productos derivados como pulpas y pasteurizados, pueden representar una fuente importante de compuestos bioactivos independientemente del tiempo de almacenamiento.

En muchos alimentos la esterilización, pasteurización, deshidratación, así como también el almacenamiento prolongado pueden traducirse en una pérdida importante de antioxidantes (Jonsson, 1991), aunque en algunos casos, estos factores pueden inducir la formación de nuevos compuestos con estas propiedades, que mantienen o incluso aumentan el potencial antioxidante de los alimentos en general (Lerici *et al.*, 1997; Nicoli *et al.*, 1997a).

Los alimentos pueden ser objeto de algunos cambios químicos durante el tratamiento térmico. Uno de ellos es el pardeamiento no enzimático debido a la reacción de Maillard que se produce cuando los azúcares se condensan con los aminoácidos libres y conduce a la formación de una variedad de pigmentos marrones. Se cree que los productos de la reacción de Maillard (PRM) actúan como antioxidantes. Por lo tanto, las pérdidas de los antioxidantes naturales durante el calentamiento podrían ser minimizadas o compensadas por la formación de los PRM. Las propiedades antioxidantes de los PRM son fuertemente afectadas por las características físico-químicas de los sistemas, por las condiciones de procesamiento y almacenaje (Manzocco *et al.*, 2001; Nicoli *et al.*, 1997b).

No obstante, para que un alimento sea aceptado como funcional, serían necesarios estudios de intervención en humanos que pongan de manifiesto los efectos reales, de estos productos para la salud humana. (Roberfroid, 2002)

2. Objetivo

En el presente trabajo se pretende contribuir al conocimiento del efecto de los procesos de conservación y almacenamiento sobre algunos compuestos bioactivos de frutos regionales de zarzamora.

3. Metodología

Se utilizaron zarzamoras var. *Thornfree*, obtenidas de productores de la zona de la Comarca Andina del Paralelo 42 (Río Negro, Argentina).

Procesamiento de la muestra. Las frutas frescas se pulparon mediante un homogeneizador y se colocaron en viales de 10 ml sellados con precintos metálicos, los cuales se pasteurizaron en baño de agua a 100°C durante 10 minutos. Se tomaron muestras al final de cada etapa. Los extractos y las determinaciones se realizaron por triplicado.

Almacenamiento. Los viales de pulpa pasteurizada se colocaron a temperatura ambiente (20 °C) en condiciones de anaquel (luz) y oscuridad, y se monitorearon durante 45 días. Se extrajeron muestras al azar de cada situación ensayada cada 15 días para analizar la concentración de los compuestos bioactivos.

Extracción. Se tomó 2 g de muestra, se añadió 10 ml de solución al 1% de HCl en etanol y se colocó en un baño termostático a 37°C durante 30 minutos, agitando cada 6 minutos. Luego se filtró mediante vacío y el residuo se volvió a extraer con otros 10 ml de solvente. Finalmente los extractos reunidos se llevaron a 50 ml con agua destilada.

Fenoles totales (FT). La concentración de fenoles totales se midió por el método descrito por Swain y Hillis (1959) con algunas modificaciones. Se adicionó a una alícuota de 50 μ l de extracto, 1500 μ l de agua destilada y 100 μ l del reactivo Folin-Ciocalteu 1N. Se agitó con vortex y a los 3 minutos se adicionó 300 μ l de Na_2CO_3 20%. Se incubó 30 minutos a 40 °C. Las lecturas de absorbancia fueron realizadas con un espectrofotómetro Metrolab 1700 a 765 nm, contra un estándar externo de Ácido Gálico (mg/l). Los resultados finales se expresaron como mg Ácido Gálico equivalente/100g FF.

Flavonoides (Fv). Se determinaron los flavonoides totales por el método de formación de complejo con AlCl_3 , contra un estándar externo de catequina (mg/l). Una alícuota del extracto se mezcla con 300 μ l NaNO_2 5%. Luego de 5 min se añaden 300 μ l AlCl_3 10% y finalmente luego de 6 min 2 ml NaOH 1 N. Se lleva a 10 ml con agua destilada. Las lecturas de absorbancia fueron realizadas con un espectrofotómetro Metrolab 1700 a 510 nm. Los resultados finales se expresaron como mg catequina equivalente/100g FF (Zhishen *et al.*, 1999).

Poder Antirradical (PA). El poder antirradical fue analizado empleando el radical estable 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH) en metanol (Brand-Williams *et al.*, 1995). El grado de decoloración de la solución indicó la eficiencia antioxidante de la sustancia agregada. Se mezcló 2 ml de solución de DPPH en metanol (25 ppm) con diferentes alícuotas de muestra completando el volumen final de 50 μ l con agua destilada. Luego de 180 min se midió el cambio de absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro Metrolab 1700. Las medidas se hicieron usando 3 volúmenes distintos de muestra. La cantidad de antioxidante (mg de tejido fresco) necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50% se denominó EC50 y para mayor simplicidad se definió el poder antirradical como 1/EC50 (1/mg de tejido fresco): esto significa que a mayor poder antirradical, más efectivo es el tejido como antioxidante.

Diseño experimental y análisis estadístico. Para evaluar el efecto del proceso, se aplicó un diseño completamente aleatorizado, siendo las variables respuesta: contenido de fenoles totales, flavonoides totales y poder antirradical. Para evaluar el efecto del almacenamiento, se aplicó un diseño a dos vías completamente aleatorizado, siendo los factores analizados: aplicación de tratamiento (luz/oscuridad) y tiempo de conservación.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y se empleó la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán, Casanoves) para la comparación de medias. Se utilizó el programa estadístico Infostat v. libre. (Di Rienzo *et al.*, 2011)

4. Resultados

Preparación de pulpas, evaluación de los posibles cambios debido a los procesos aplicados.

La tabla N° 1 muestra el contenido de FT, Fv y PA en los distintos extractos para zarzamora sometida a los distintos procesos.

El mayor contenido en los parámetros evaluados lo obtuvo la fruta fresca. Estos datos concuerdan con los hallados por Heinonen *et al.*, 1998. Durante el proceso de pulpado la matriz experimentó una disminución en los compuestos bioactivos, la cual es debida a la oxidación por efecto de la incorporación de aire en la pulpa, lo que constituye un serio inconveniente en el procesamiento de frutas (Cheftel *et al.*, 1980).

Durante el pasteurizado, la zarzamora presentó un aumento de FT, Fv y PA respecto al pulpado. Se cree que la causa de ello podría explicarse a través de la condensación de los productos de la oxidación de los polifenoles, lo que determina la formación de

procianidinas con estructuras aromáticas más grandes y mayor capacidad antioxidante, lo que además se traduce en el oscurecimiento de las pulpas (Nicoli *et al.*, 2000).

Además los tratamientos térmicos producen cambios en la extractabilidad debido a la disrupción de la pared celular de las frutas, liberando con mayor facilidad compuestos polifenólicos y flavonoides en relación a los de las materias primas originales (Peleg *et al.*, 1991).

Tabla N°1. Valores de los compuestos bioactivos de zarzamora sometidas a distintos procesos

	Zarzamora		
	FT (mg GAE/100 g FF)	Fv (mg CE/100 g FF)	PA (mg ⁻¹ FF)
Fresca	335 ± 6 ^A	73 ± 4 ^A	1,83 ± 0,04 ^A
Pulpado	281 ± 18 ^B	60 ± 4 ^B	1,64 ± 0,07 ^B
Pasteurizado	290 ± 2 ^B	77 ± 4 ^A	1,73 ± 0,01 ^B

Los valores representan la media (n = 3) ± SD. Medias con una letra en común por columna no son significativamente diferentes (p < 0,05)

Seguimiento de la concentración de los compuestos bioactivos guías en el tiempo de almacenamiento.

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de FT y PA durante los 45 días de almacenamiento bajo las condiciones ensayadas (figura 1 y 2).

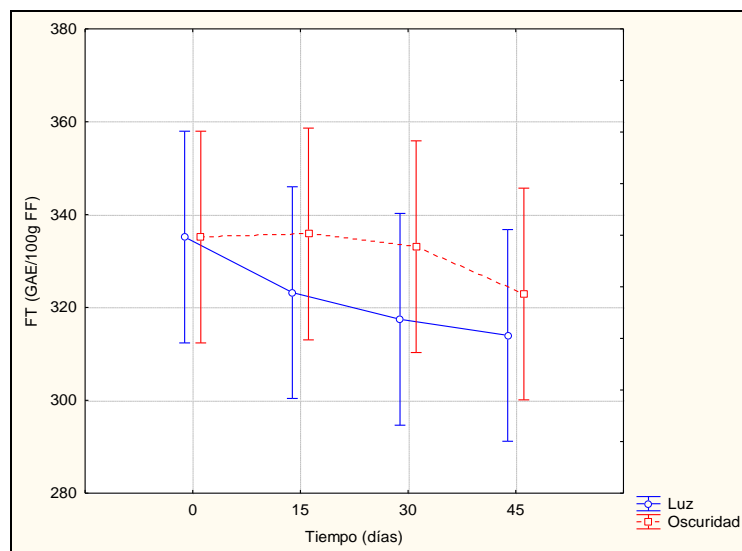


Figura 1. Contenido medio de FT en zarzamora en las condiciones ensayadas

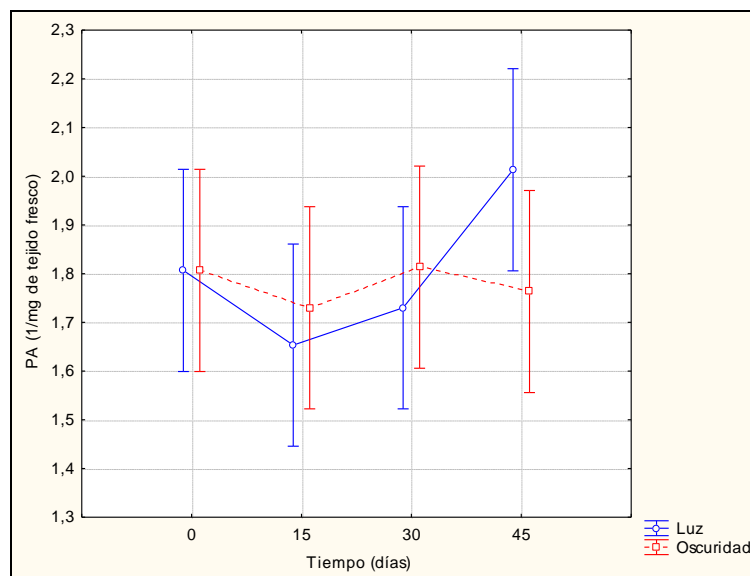


Figura 2. Contenido medio de PA en zarzamora en las condiciones ensayadas

Estos datos se condicen con los hallados por Hager *et al.*, (2008) para pulpas pasteurizadas de zarzamora almacenadas a 25 °C en oscuridad. Se cree que el mayor PA de los polímeros formados durante el almacenamiento compensa las pérdidas de antocianinas monoméricas, resultando en el cambio imperceptible en el PA total.

Murakami *et al.*, (2004) sobre la base de sus investigaciones, ha demostrado que los compuestos polifenólicos son más estables en los alimentos procesados y cocidos que en la matriz original, como consecuencia de la mayor actividad antirradical de los productos de descomposición.

En la figura 3 se observa el contenido de Fv. Del análisis estadístico realizado se observa que no es significativo el cambio producido en la concentración por efecto de la exposición a condiciones de luz/oscuridad, sin embargo es notorio el detrimento de estos compuestos en el transcurso del tiempo de almacenamiento. A lo largo de los primeros 30 días de análisis la concentración media de Fv se redujo y luego aumentó levemente, sin recuperar el valor de concentración inicial, siendo el porcentaje de retención al final de los cuarenta y cinco días de almacenamiento del 85%.

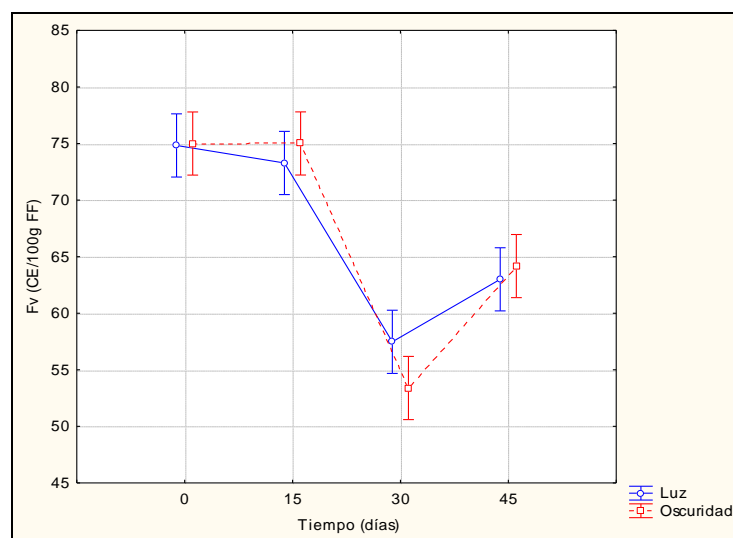


Figura 3. Contenido medio de Fv en zarzamora en las condiciones ensayadas

5. Conclusiones

- El pulpado reduce la concentración de FT, Fv y PA, por lo cual sería recomendable realizar la operación en ausencia de oxígeno y luz.
- El proceso de pasteurizado afecta el contenido de los fitoquímicos analizados, aumentando, los parámetros estudiados.
- En general, durante el almacenamiento a temperatura ambiente, los compuestos bioactivos presentaron mayor tendencia a la estabilidad. Este dato es de interés para la industria ya que estas condiciones de almacenamiento permiten reducir costos de distribución y conservación del producto.
- El empleo de pulpas pasteurizadas de zarzamora como ingredientes en las proporciones adecuadas, podría favorecer el desarrollo de alimentos funcionales ricos en compuestos fenólicos y con una elevada actividad antioxidante. Además, el hecho de ser elaborados de forma natural a partir de frutas de colores atractivos podría favorecer la aceptación del producto final por parte del consumidor.

6. Bibliografía

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Tech*, 28(1): 25–30.
- Cheftel, J.C. and Cheftel, H. (1980). *Introducción a la Bioquímica de los Alimentos*. Vol. Ed. Acribia. 763-290
- Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. *InfoStat* versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, U.N.C., Arg.
- Fennema, O. (1996). *Food Chemistry*. Ed Marcel Dekker Inc, 3era edición. 652-717.
- Hager, T.; Howard, L. and Prior, R. (2008). Processing and Storage Effects on Monomeric Anthocyanins, Percent Polymeric Color, and Antioxidant Capacity of Processed Blackberry Products. *J. of Agric. and Food Chem.*, 56: 689–695
- Häkkinen SH, Kärenlampi SO, Mykkänen HM, Törrönen AR. (2000). Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. *J Agric Food Chem*. 48: 2960-2965
- Heinonen IM, Lehtonen PJ, Hopia AI. (1998). Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors. *J Agric Food Chem*. 46: 25-31
- Hodzic, Z., Pasalic, H., Memisevic, A., Srabovic, M., Poljakovic, M. (2009) The influence of total phenols content on antioxidant capacity in the whole grain extracts. *E. J. of Sci. Research* 28: 471–477.
- Howard, L. R., and Hager, T. J. (2007). Berry fruit phytochemicals. In Y. Zhao (Ed.), *Berry fruit: Value-added products for health promotion*. New York: CRC Press. 74-98.
- Jonsson, L. (1991) Thermal degradation of carotenoids and influence on their physiological functions. *Nutritional and Toxicological Consequences of Food Processing*. New York: Plenum Press, 75-82
- Lericci, C. R., Manzocco, L., Anese, M. and Nicoli, M.C. (1997) Cambiamenti del potere antiossidante in alimenti sottoposti a processi di trasformazione e conservazione. *Industrie Alimentari*, 36: 977-982.
- Kahkonen, M., A. Hopia, and M. Heinonen. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:4076-4082.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M.C. & Lericci, C.R. (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Sci. and Technology*, 11: 340–346.

- Mohamed, N., Sulaiman, S., Mohamad, S., Zakaria, Z., Wahab, H. (2005) Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, 30: 7–14.
- Murakami, M.; Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Atoba T. (2004). Effects of Thermal Treatment on Radical-scavenging Activity of Single and Mixed Polyphenolic Compounds. *Journal of Food Science FCT*, 69: 7-10.
- Nicoli, M. C., Anese, M., Manzocco, L. and Lericì C.R. (1997a). Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT*, 30: 292-297.
- Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M., Franceschi, S. and Lericì C. R. (1997b) Loss and or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letters*, 114: 71-74.
- Nicoli, M.C., Calligaris, S. & Manzocco, L. (2000). Effect of enzymatic and chemical oxidation on the antioxidant capacity of catechin model system and apple derivatives. *J. of Agric. and Food Chem*, 48: 4576–4580.
- Peleg, H., Naim, M., Rouseff, R. L., & Zehavi, U. (1991). Distribution of bound and free polyphenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruit (*Citrus paradise*). *J. of the Sci. Food and Agric.*, 57: 417–426.
- Roberfroid MB. (2002). Global view on functional foods: European perspectives. *Br J Nutr*. 88: 133S-138S
- Swain, T., Hillis, W. (1959) The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.*, 10: 63-68.
- Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigne JO, Dommes J (2006) Antioxidant capacity of black currant varies with organ, season, and cultivar. *J. of Agric Food Chem*. 54: 6271–6276.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999) The det. of flavonoid cont. in mulberry and their sc. effects on sup. radicals. *Food Chem.*, 64: 555–559.

48TCA. RETENCIÓN DEL COLOR NATURAL DE RABANITOS MINIMAMENTE PROCESADOS: APLICACIÓN DE DIFERENTES COMBINACIONES DE BARRERAS

GOYENECHÉ, R.^{1,2}; DI SCALA, K.^{1,3}; ROURA, S.^{1,3}

¹Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina

² Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (AGENCIA).

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: rogove@fi.mdp.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se estudió el efecto de dos tecnologías de barrera como son la aplicación de ácidos orgánicos (ácido cítrico al 0.3, 0.6 y 0.9%) y tratamientos térmicos suaves (1, 2 y 3 minutos a 50°C) sobre el color de rodajas de rabanito durante el almacenamiento refrigerado a lo largo de 10 días. La aplicación de las mismas se estudió en forma de monobarreras y tratamientos en serie, aplicando primero el tratamiento térmico y luego la inmersión en solución del ácido. Se midieron los parámetros L, a y b, y se calcularon los valores de la coordenada cilíndrica C (chroma). A tiempo cero, se observa que hubo diferencias significativas en el valor de L sólo para los tratamientos T2 y T3, que se corresponden con el TT (50°C, monobarrera) a una intensidad de 2 y 3 minutos. Respecto al valor de a (rojo/verde), se observó un incremento hacia valores positivos, con diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto al control para T3, T4 y T5, T6, T8, T9 y T10 indicando que la muestra se torna más rojiza. Con respecto al valor del parámetro b (amarillo/azul), no se obtuvieron diferencias significativas entre el control y los diferentes tratamientos.

En base a los parámetros analizados, se seleccionaron los tratamientos T7 (0.3% AC, 1 min TT) y T11 (0.6% AC, 2 min TT), como aquellos capaces de mejorar la retención del típico color natural de las rodajas de rabanitos minimamente procesadas. Además, en general, la aplicación de dos barreras en serie mejoró la conservación del vegetal, respecto a la aplicación de una barrera simple.

1. Introducción

El desafío actual de los procesadores de alimentos frutihortícolas es ofrecer un producto mínimamente procesado que cubra todas las demandas del consumidor: reducido en aditivos de síntesis química, que retenga la calidad nutricional y sensorial y por sobre todo que sea seguro desde el punto de vista sanitario. La vida útil de estos productos está sumamente acotada debido a los desórdenes fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos acelerados por el procesado mínimo, además exigen una refrigeración estricta para alcanzar una vida útil razonable. Estos daños generan deterioro de características sensoriales deseables como la retención del color natural, pérdida de nutrientes, así como desarrollo de microorganismos, que llevan a un rápido decaimiento de la calidad y acortamiento de la vida de estante. En este sentido, deben aplicarse técnicas de conservación que puedan prolongar la vida útil del producto, minimizando la modificación de sus características sensoriales y nutricionales. A partir del concepto de tecnologías de barrera se aplica frecuentemente la combinación de métodos de conservación como una estrategia de preservación, utilizando el criterio de que solamente se logrará la ampliación de la vida útil por acción conjunta de una cantidad de barreras (Rico y col., 2007). La realización de ensayos exploratorios rápidos donde se priorice los cambios organolépticos

constituyen una herramienta rápida para predecir combinaciones de barreras, secuencias e intensidades que maximicen un atributo sensorial determinado. Dado que el color es la primera sensación que se percibe de un alimento y además determina el primer juicio sobre la calidad del mismo, se evaluó el impacto de la aplicación de barreras en forma única (monobarreras) y en serie (combinaciones) sobre la retención del color natural de rabanitos mínimamente procesados (slices).

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo se basó en seleccionar la intensidad y combinación de barreras: aplicación de soluciones de ácido cítrico (0, 0.6 y 0.9%) y tratamientos térmicos suaves (50°C por 1, 2 y 3 min) que minimicen el cambio del color natural de rabanito mínimamente procesado almacenado en refrigeración (3-5°C).

3. Metodología

Los rabanitos provenían del cinturón frutihortícola del Partido de General Pueyrredón y fueron adquiridos en un mercado tradicional de la ciudad de Mar del Plata.

Las raíces de rabanito se separaron de las hojas y se rebanaron utilizando una procesadora manual (Moulinex) en finas rodajas. Éstas se dividieron en 16 grupos, de los cuales uno se tomó como control (sin tratamiento) y los restantes fueron sometidos a los tratamientos que se detallan en la TABLA 1. La inmersión en ácido cítrico se realizó en todos los casos durante 1 minuto. Se utilizó una relación masa de vegetal / volumen de solución o baño de 1/10.

TABLA 1. Tratamientos realizados.

Código	Concentración de ácido cítrico (%)	Tiempo de tratamiento térmico a 50°C (min)
C	0	0
T1	0	1
T2	0	2
T3	0	3
T4	0.3	0
T5	0.6	0
T6	0.9	0
T7	0.3	1
T8	0.6	1
T9	0.9	1
T10	0.3	2
T11	0.6	2
T12	0.9	2
T13	0.3	3
T14	0.6	3
T15	0.9	3

Luego de realizar los tratamientos, se pesaron 50g de rodajas y se colocaron en bolsas de polietileno, con 0.0254 mm de espesor, con permeabilidad al O₂ de 600 cm³/m²/d, permeabilidad al CO₂ de 4000 cm³/m²/d y permeabilidad al vapor de agua de 4 g/m²/d. Se midió el color con un colorímetro CR 300 Series (Osaka, Japan) con un diámetro de medición de 8 mm, obteniendo los parámetros L (brillo, desde 0 negro a 100 blanco), a

(+rojo/-verde) y **b** (+amarillo/-azul) y se realizó un análisis sensorial. También se calculó la coordenada cilíndrica **C** (chroma), según la Ec. (1).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

El análisis de color se realizó a tiempo cero y luego de 2, 4, 7 y 10 días de almacenamiento a 3-5°C. Las mediciones se realizaron por triplicado. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software estadístico SAS, versión 8.0 (SAS 1999). Las comparaciones se realizaron mediante el test de Tukey con $p < 0.05$.

4. Resultados

Las FIGURAS 1, 2 y 3 muestran los valores de los parámetros (**L**, **a** y **b**) determinados a tiempo cero, es decir, inmediatamente después de aplicar los tratamientos (monobarreras o combinados). Con respecto al parámetro **L**, se observa que hubo diferencias significativas sólo para los tratamientos T2 y T3, que se corresponden con el TT (50°C, monobarrera) a una intensidad de 2 y 3 minutos. Una reducción significativa del valor **L** indica que el tratamiento disminuyó la luminosidad del vegetal. Analizando el parámetro cromático **a** (rojo/verde), se observó un incremento hacia valores positivos, con diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto al control para T3, T4 y T5, T6, T8, T9 y T10 indicando que la muestra se torna más rojiza. En particular, los tratamientos T4, T5 y T6, los que se corresponden con la aplicación de la monobarrera de AC, presentaron una tinción violácea de las rodajas, lo que se podría atribuir a la difusión del pigmento (antocianinas) desde la zona externa hacia el resto del tejido. El mismo fenómeno se observó para la monobarrera de TT de mayor tiempo de inmersión (T3). Amodio et al (2011) observó un efecto similar al aplicar AC en alcachofas minimamente procesadas. Patil et al., (2009) indican además que la piel del rabanito (tejido epidérmico) es una fuente importante de antocianinas y que el color de estos pigmentos cambia con el pH. Además, el incremento del valor de **a** observado después de la aplicación de los tratamientos combinados en serie T8, T9 y T10 presentó valores intermedios respecto a las monobarreras (FIGURA 2).

Con respecto al valor del parámetro **b** (amarillo/azul), no se obtuvieron diferencias significativas entre el control y los diferentes tratamientos (FIGURA 3), lo que indica que inicialmente las distintas barreras seleccionadas no ejercen ningún efecto sobre este parámetro.

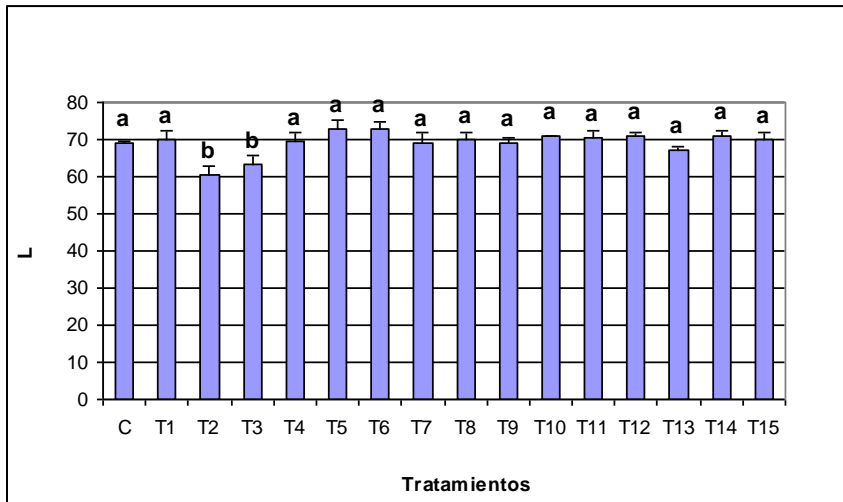


FIGURA 1. Valores del parámetro L correspondientes al día cero (día de la cosecha). Diferente letra minúscula indica diferencias significativas ($p < 0.05$), $n=3$

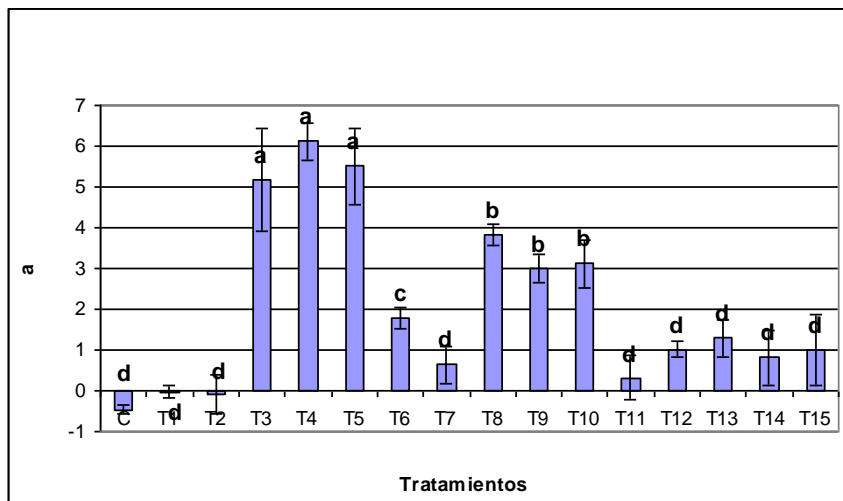


FIGURA 2. Valores del parámetro a correspondientes al día cero (día de la cosecha). Diferente letra minúscula indica diferencias significativas ($p < 0.05$), $n=3$

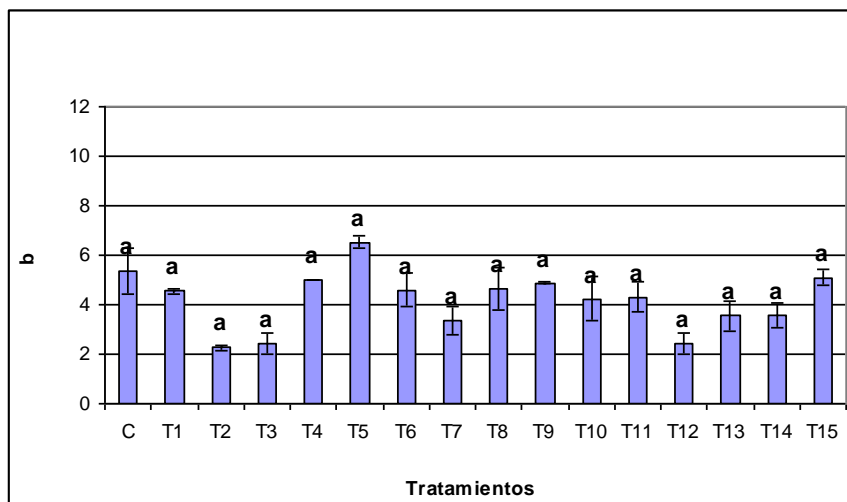


FIGURA 3. Valores del parámetro b correspondientes al día cero (día de la cosecha). Diferente letra minúscula indica diferencias significativas ($p < 0.05$), $n=3$

En la TABLA 2 se presentan los valores de la coordenada cilíndrica C para los 15 tratamientos y el control, durante el almacenamiento. También llamada Cromo, este concepto representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando. Se ve que en las muestras control el valor del croma aumenta durante el almacenamiento, lo que se corresponde con el oscurecimiento o pardeamiento de las rodajas observado visualmente. Así, al día 10, los tratamientos T5 (0.6% AC, 0 min TT), y T14 (0.6% AC y 3 min TT) no presentan diferencias significativas respecto del control, mientras que T6 (0.9% AC, 0 min TT) presenta un valor significativamente mayor al control. A partir de estos resultados se concluye que la efectividad de estos tratamientos es limitada, ya que no presentan ninguna mejoría respecto al control ($p > 0.05$).

Del análisis global de los parámetros de color L y a, y la evolución del índice de color calculado, croma, se seleccionaron los tratamientos T7 (0.3% AC, 1 min TT) y T11 (0.6% AC, 2 min TT), como aquellos capaces de mejorar la retención del típico color natural de las rodajas de rabanitos minimamente procesadas. Se observó que la concentración mayor de ácido cítrico (0.9%), combinada con el mayor tiempo de inmersión en el baño térmico (3 min), T15, no presentaron mejoras significativas respecto a los tratamientos más suaves. En general, la aplicación de dos barreras en serie mejoró la conservación del vegetal, respecto a la aplicación de una barrera simple. Dentro de estas últimas, se pudo observar que es más efectiva la aplicación de un tratamiento térmico suave que la inmersión en una solución de ácido cítrico a las concentraciones utilizadas. Esto puede deberse a que la acidificación del medio modifica los pigmentos del vegetal.

TABLA 2. Valores de la coordenada cilíndrica C.

Tratamientos	Días				
	0	2	4	7	10
C	4,88 ± 0,91 ^{bB}	6,53 ± 1,10 ^{aB}	10,21 ± 1,34 ^{aA}	11,10 ± 1,69 ^{aA}	11,72 ± 1,12 ^{bA}
T1	3,99 ± 1,03 ^{bC}	7,18 ± 1,63 ^{aA}	5,12 ± 0,94 ^{cB}	4,13 ± 1,11 ^{bB}	9,36 ± 1,73 ^{cA}
T2	3,20 ± 1,62 ^{cC}	4,66 ± 0,78 ^{bB}	5,81 ± 0,38 ^{bB}	6,28 ± 1,71 ^{bA}	7,08 ± 1,43 ^{eA}
T3	5,37 ± 0,93 ^{bB}	3,88 ± 0,97 ^{cC}	4,85 ± 0,86 ^{cB}	6,75 ± 1,77 ^{bA}	5,86 ± 1,43 ^{fB}
T4	5,01 ± 0,02 ^{aC}	6,59 ± 0,50 ^{aC}	9,20 ± 1,56 ^{aB}	11,04 ± 1,03 ^{aA}	9,36 ± 0,91 ^{cB}
T5	6,56 ± 0,18 ^{aC}	7,07 ± 0,40 ^{bC}	8,46 ± 1,16 ^{aB}	11,30 ± 2,76 ^{aA}	11,13 ± 0,38 ^{bA}
T6	6,09 ± 1,40 ^{bC}	7,52 ± 2,23 ^{aB}	7,47 ± 0,38 ^{aB}	10,52 ± 0,81 ^{aA}	13,29 ± 1,42 ^{aA}
T7	3,76 ± 0,65 ^{bA}	3,53 ± 1,40 ^{dA}	5,47 ± 0,79 ^{cA}	6,32 ± 1,88 ^{bA}	5,77 ± 0,53 ^{fA}
T8	5,66 ± 0,82 ^{bA}	6,38 ± 1,15 ^{aA}	5,75 ± 1,65 ^{bA}	6,52 ± 0,17 ^{bA}	5,33 ± 1,61 ^{fA}
T9	6,38 ± 2,54 ^{bA}	3,65 ± 1,01 ^{dC}	5,07 ± 0,73 ^{cB}	6,57 ± 0,63 ^{bB}	5,35 ± 0,83 ^{fB}
T10	4,27 ± 1,48 ^{bB}	3,34 ± 1,11 ^{eB}	4,61 ± 0,45 ^{cB}	4,56 ± 0,14 ^{bB}	7,19 ± 1,23 ^{eA}
T11	4,38 ± 1,21 ^{bA}	5,95 ± 0,75 ^{aA}	5,75 ± 2,40 ^{bA}	6,71 ± 0,66 ^{bA}	6,43 ± 1,69 ^{eA}
T12	4,00 ± 2,30 ^{bB}	5,19 ± 0,53 ^{aB}	5,95 ± 0,95 ^{bB}	4,72 ± 1,12 ^{bB}	9,86 ± 2,21 ^{cA}
T13	4,25 ± 1,17 ^{bB}	5,30 ± 1,99 ^{aB}	3,79 ± 1,09 ^{cB}	5,13 ± 1,28 ^{bB}	8,55 ± 1,19 ^{dA}
T14	4,43 ± 1,36 ^{bB}	3,55 ± 0,99 ^{dB}	4,21 ± 0,76 ^{cB}	4,01 ± 0,52 ^{bB}	11,16 ± 0,88 ^{bA}
T15	5,16 ± 0,31 ^{bB}	6,67 ± 0,27 ^{cB}	5,42 ± 1,33 ^{aB}	3,44 ± 0,70 ^{bC}	7,68 ± 0,68 ^{eA}

Diferente letra minúscula en una misma columna indica diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), $n=3$

Diferente letra mayúscula en una misma fila indica diferencias significativas durante el almacenamiento ($p < 0.05$), $n=3$

5. Conclusiones

Los resultados del presente trabajo indican que la aplicación de dos barreras en serie, tales como agregado de ácido cítrico y tratamientos térmicos suaves, modifican el color inicial de rodajas de rabanito almacenado bajo refrigeración. Basados en la determinación de los parámetros cromáticos L, a y b y del valor Cromo se seleccionaron los tratamientos T7 (0.3% AC, 1 min TT) y T11 (0.6% AC, 2 min TT) como los mejores tratamientos combinados, debido a que su aplicación minimiza la pérdida de color en el producto.

6. Bibliografía

- Amodio M.L., Cabezas-Serrano A.B., Peri G., Colelli G. (2011) Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. *Postharvest Biology and Technology* 62 213–220
- Chiumarelli, M., Ferrari, C.C, Sarantópoulos, C., Hubinger, M.D. (2011). Fresh cut Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12, 381-387.
- Corbo M.R., Speranza B., Campaniello D., D'Amato D. and Sinigaglia M (2010). Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. *Technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 1143-1154
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Wang C. Y., Buta J. G., (2001). Inhibition of browning and decay of fresh-cut radishes by natural compounds and their derivatives. *Lebensm.-Wiss. U.Technol.* 34, 324-328
- Nguyen, L.T, Tay, A, Balasubramaniam, V.M., Legan, J.D., Turek, E.J., Gupta, R. (2010). Evaluating the impact of thermal and pressure treatment in preserving textural quality of selected foods. *LWT – Food Science and Technology* 43, 525-534.
- Patil, G., Madhusudhan M.C., Ravindra Babu B., Raghavarao K.S.M.S. (2009) Extraction, dealcoholization and concentration of anthocyanin from red radish. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48 364–36.
- Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barat, J.M. & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetable: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 373-386
- Saavedra del Aguila, J., Fumi Sasaki, F. Sichmann Heiffig, L., Ortega, E.M.M., Jacomino, A.P. Kluge, R.A., (2006). Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 40, 149-154
- SAS. 1999. *SAS Software Version 8.0*, SAS Inst. Inc., Cary, NC.

ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

TRABAJOS COMPLETOS 2° PARTE

ÍNDICE

49TCA. DESARROLLO DE UN ALIMENTO VEGETAL (<i>CUCURBITA MOSCHATA</i> DUCHESNE EX POIRET) FORTIFICADO CON HIERRO Y ÁCIDO ASCÓRBICO	329
50TCA. FIBRA DIETARIA DE DURAZNO (<i>PRUNUS PERSICA</i> L.): INFLUENCIA DE LA TÉCNICA DE OBTENCIÓN EN LAS PROPIEDADES, FÍSICAS Y FUNCIONALES	336
51TCA. CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES CONTENIENDO AROMA DE NARANJA ENCAPSULADO.....	343
52TCA. APLICACIÓN DE TECNOLOGIA DE BARRERAS EN LA ELABORACION DE REPOLLO MINIMAMENTE PROCESADO.....	350
53TCA. INFLUENCIA DE PRETRATAMIENTOS CON OZONO GASEOSO Y LUZ UV-C EN LA CONSERVACION DE RÚCULA CORTADA	357
54TCA. CONSERVACION REFRIGERADA DE RUCULA CON PELÍCULAS PLÁSTICAS. INFLUENCIA EN LA SENESCENCIA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.	364
55TCA. ALTERNATIVA DE USO DE RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE TOMATE, ZAPALLO, MELÓN Y SANDÍA.	371
56TCA. MODELADO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE CANOLA SOMETIDA A DISTINTOS PRETRATAMIENTOS	378
57TCA. DESARROLLO DE UN ALIMENTO TIPO “SNACK” A PARTIR DE RODAJAS DE MANZANA VERDE	385
58TCA. ESTUDIO COMPARATIVO DE ENZIMAS FOSFOLIPASAS Y ACILTRANSFERASAS APLICADAS AL PROCESO DE DESGOMADO DE ACEITES DE GIRASOL.	392
59TCA. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN BASTONES DE CALABAZA DURANTE EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	398
60TCA. ESTUDIO DE LA DESHIDRATACIÓN DE MANZANAS Y ESPINACAS EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR Y MICROONDAS.....	404
61TCA. PREDICCIÓN DEL COLOR EN PASTAS COMESTIBLES MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS.....	412
62TCA. CONTENIDO DE LICOPENO EN PRODUCTOS COMERCIALES A BASE DE TOMATE Y SU CONTRIBUCIÓN A LA INGESTA DIARIA	417
63TCA. ESTABILIDAD DE INGREDIENTES FUNCIONALES OBTENIDOS DE RAICES TUBEROSAS	425
64TCA. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LA OLEORRESINA DEL AGUARUBAY SOBRE MEDALLONES DE CARNE	432
65TCA. EFECTOS BIOLÓGICOS DE INHIBIDORES DE PROTEASAS EN ALIMENTOS	436
66TCA. ACTIVIDAD ANTIRRADICALARIA A PARTIR DE ORUJOS PROVENIENTES DE VINIFICACIONES DE UVAS TINTAS	443
67TCA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LA ELABORACIÓN REGIONAL DE MOZZARELLA DE BUFALA	449
68TCA. ESTABILIZACIÓN DE UN SELLADOR POST ORDEÑO CON GOMA ESPINA CORONA	456
69TCA. DETERMINACIÓN DE SINERGISMO Y ANTAGONISMO EN MEZCLAS DE POLIFENOLES DE YERBA MATE UTILIZANDO SUPERFICIE DE RESPUESTA.....	463

70TCA. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DE HYMENAEA STIGONOCARPA MART. (JATOBAZEIRO) NATIVOS DO CERRADO MINEIRO.....	470
71TCA. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATRICES HÍBRIDAS DE BIOPOLÍMERO-SÍLICE PARA USO EN ENCAPSULACIÓN Y LIBERACIÓN CONTROLADA DE VITAMINA C	476
72TCA. PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DE ESTEARINAS DE UNA NUEVA VARIEDAD DE ACEITE DE GIRASOL ALTO ESTEARICO ALTO OLEICO COMO ALTERNATIVAS A LAS GRASAS TRANS.....	483
73TCA. ANALISIS DE FRUTOS DE MISTOL (<i>Zizyphus Mistol</i> Griseb).....	490
74TCA. PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DE ALMIDÓN DE MAÍZ NORMAL Y CEREO EN PRESENCIA DE MUCILAGO DE TUNA, GOMA GUAR Y GOMA XANTICA.....	495
75TCA. DESARROLLO DE UN ADEREZO SALUDABLE PARA ENSALADAS: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO.....	502
76TCA. SECADO DE BARRAS DE CEREALES SALADAS A BASE DE AMARANTO CRUENTUS: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO	509
77TCA. NUEVOS INHIBIDORES DE PROTEASAS CON POTENCIAL UTILIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA OBTENIDOS A PARTIR DE PAPA ANDINA.....	515
78TCA. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE COMINO QUE PRODUCE CATAMARCA.....	522
79TCA. ESTUDIO EXPERIMENTAL Y MODELADO DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DEPENDIENTE DEL TIEMPO DE GELES DE ALMIDÓN DE AMARANTO CON DIFERENTES CONTENIDOS DE AMILOSA	530
80TCA. ACELERACIÓN DE LA MADURACIÓN DE QUESOS DUROS DE PASTA COCIDA POR MODIFICACIONES EN LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN	537
81TCA. ANALISIS DE CARNITINA EN PLANTAS Y VINOS MEDIANTE UHPLC-MS/MS	546
82TCA. PROPIEDADES MECANICAS Y ADHESIVAS DE ADHESIVOS HOT-MELT FORMULADOS CON EVA Y RESINAS NATURALES PARA ENVASES ALIMENTICIOS.....	550
83TCA. ORIGEN FLORAL, COLOR Y CONTENIDO MINERAL EN MIELES DE CATAMARCA	558
84TCA. EL PERFIL DE AMINOTRANSFERASAS DE <i>LACTOBACILLUS PARACASEI</i> I90 DEFINE LA BIOFORMACIÓN DE COMPUESTOS DE AROMA EN QUESOS.....	563
85TCA. EFECTO DE DIFERENTES VARIABLES OPERATIVAS SOBRE EL COLOR DE LECHE EVAPORADA ESTERILIZADA	571
86TCA. ENSAYOS DE VINIFICACIÓN MEDIANTE SIEMBRA SECUENCIAL DE LEVADURAS NO- <i>SACCHAROMYCES</i> Y <i>SACCHAROMYCES</i> AUTÓCTONAS DE LA D.O. SAN RAFAEL	578
87TCA. EFECTO DE LA VARIEDAD SOBRE LA RETENCIÓN DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EL COLOR DE FRUTILLAS CORTADAS.....	585
EN EL LAVADO DESINFECCIÓN CON ÁCIDO PERACÉTICO	585
88TCA. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y POLIFENOLES Y SU EFECTO ANTIOXIDANTE EN FRAMBUESAS DESHIDRATADAS MEDIANTE PROCESOS DE INFUSIÓN CON AZÚCARES	592
89TCA. PROPIEDADES DE LECHOS FIJOS DURANTE LA DESHIDRATAACION CON AIRE CALIENTE DE FRUTOS DE LA ROSA MOSQUETA PRETRATADOS. CAMBIOS DE VOLUMEN Y POROSIDAD.....	599
90TCA. OBTENCIÓN DE CHIPS DE BANANA	606
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS COMBINADAS.....	606

91TCA. EVALUACIÓN DE CALIDAD Y VIDA ÚTIL EN FRUTILLA DESDHRATADA	614
92TCA. ESTUDIO DEL EFECTO DE A_w , PH Y TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE CEPAS AUTÓCTONAS DE <i>SALMONELLA</i> AISLADAS DE POLLO	620
93TCA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO DE LECHE DE OVEJA	626
94TCA. DESGRASADO DE AMARANTO POR MOLIENDA ABRASIVA	633
95TCA. CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES Y ESTUDIO DE SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO PATEGRÁS ARGENTINO	640

49TCA. DESARROLLO DE UN ALIMENTO VEGETAL (*CUCURBITA MOSCHATA DUCHESNE EX POIRET*) FORTIFICADO CON HIERRO Y ÁCIDO ASCÓRBICO

GENEVOIS, C.¹; FLORES, S.^{2,3}; DE ESCALADA PLA, M.^{2,3}

¹Estudiante de la Carrera de Maestría en Tecnología de los Alimentos de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, CABA, Argentina.

²Departamento de Industrias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (UBA). Ciudad Universitaria. (1428), CABA, Argentina.

³Miembro de la Carrera del Investigador. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

e-mail: sflores@di.fcen.uba.ar

Resumen: En el presente trabajo se empleó la calabacita criolla (*Cucurbita Moschata Duchesne ex Poiret*) como materia prima para elaborar un alimento dulce fortificado con hierro (Fe) y ácido ascórbico (AA). Se analizó, a través de un diseño central compuesto, la pérdida de agua (WL%) y la ganancia de sólidos (SG%) durante el proceso de impregnación osmótica, así como también se estudiaron los cambios de color (ΔE) del producto y el porcentaje de deshidratación durante el secado (PP%), en función de los niveles de Fe y AA incorporados a la formulación. Los resultados indicaron que la presencia de aditivos promueve la WL%, incrementa los cambios de color (oscurecimiento) y retrasan la PP% durante el secado, en comparación con un producto sin fortificar. A su vez, fue posible obtener ecuaciones predictivas para los parámetros estudiados, las cuales son de utilidad para el diseño y optimización de la producción de este tipo de alimento.

1. Introducción:

La desnutrición de micronutrientes (DNM) está extendida principalmente en los países industrializados, pero son las regiones en vías de desarrollo las que se ven más afectadas. Desde un punto de vista de salud pública, la DNM es una preocupación no sólo por el gran número de personas que se ven afectadas, sino también porque sigue siendo un factor de riesgo para muchas enfermedades. Dentro de los nutrientes carenciales clásicos, la deficiencia de hierro (Fe) es considerada la más prevalente de las DNM, cuya tendencia muestra un aumento en su prevalencia, representando el principal problema nutricional carencial en términos de magnitud y distribución espacial (Allen L. et al, 2006; Souto de Olivera, 2009). Según datos oficiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la deficiencia de Fe es responsable del 50% del total de casos de anemia, y aproximadamente 0,8 millones de muertes, 1,5% del total, pueden ser atribuidas a la deficiencia de Fe cada año (Allen L. et al, 2006). Tanto la deficiencia de Fe como la anemia, mismo en su forma moderada, representan serias consecuencias en la salud de la población, que incluyen retardo en el crecimiento y desarrollo cognoscitivo (Anónimo c, 2011; Zimmermann y col., 2007).

Dentro de las estrategias efectivas contra deficiencia de Fe, la fortificación de alimentos con Fe, es considerada hasta el momento, la práctica más sustentable y costo efectiva a largo-plazo para controlar las deficiencias nutricionales de Fe (Laxminarayan y col., 2006; Zimmermann y col., 2007). La presencia de AA, favorece la absorción en el tracto gastrointestinal del Fe no-hemínico mediante su reducción al estado ferroso (Fe^{+2}), y actúa en los alimentos como agente reductor manteniendo el Fe en su forma soluble (Fe^{+2}) (Souto de Olivera, 2009, de Escalada Pla y col. 2009).

La calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret, zapallo anco o calabacita, es uno de los vegetales más consumidos en Argentina, se encuentra ampliamente disponible durante todo el año y es fuente de carotenos (Gonzalez y col., 2001).

Se define como “Alimentos Funcionales” a aquellos alimentos con la característica particular de que algunos de sus componentes afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico o psicológico más allá de su valor nutritivo tradicional. Su efecto adicional puede ser su contribución a la mantención de la salud y bienestar, a la disminución del riesgo de enfermar, o ambas cosas (Ashwell, 2007).

2. Objetivos:

- 1- Desarrollar un alimento de origen vegetal en base a calabaza fortificada con Fe y AA
- 2- Estudiar los cambios en composición (pérdida de agua, ganancia de sólidos,) y en los atributos de color del producto desarrollado en función de su formulación empleando una metodología de superficie de respuesta

3. Métodos y Materiales:

Preparación de la calabaza fortificada con Fe y AA

La calabaza o zapallo anco (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret), adquirida en un supermercado local, fue cuidadosamente lavada en su superficie con detergente y agua potable, y finalmente enjuagada con agua destilada. Se cortaron en discos de 10 mm de espesor y posteriormente se obtuvieron a partir del mesocarpio, cilindros de 15 mm de diámetro utilizando un sacabocados. Los cilindros se escaldaron al vapor por ocho minutos e impregnaron con sacarosa, ácido cítrico y sorbato de potasio. Se adicionaron a la solución de impregnación distintas cantidades de Fe y AA de acuerdo a un diseño central compuesto (CDD) de dos factores (variables independientes) y cinco niveles por factor (**Tabla 1**).

Tabla 1: Variables independientes y sus niveles de acuerdo al CDD.

Variables independientes		
niveles	Fe ²⁺ (mg) ^a	AA (mg) ^a
-2	7,2	80
-1	14,4	560
0	21,6	1040
+1	28,8	1520
+2	36	2000

^a: Los valores de Fe y AA están expresados en base a 100 g de calabaza.

Los distintos sistemas se dejaron equilibrar durante 48-72 horas a 25°C.

Las determinaciones realizadas para el sistema osmotizado fueron: °Brix (Atago, USA), pérdida de agua (WL%) y ganancia de sólidos (SG%) de la calabaza deshidratada osmóticamente, según:

$$WL = \frac{M_t m_t - M_0 m_0}{M_0} 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{M_t ss_t - M_0 ss_0}{M_0} 100 \quad (2)$$

Dónde M_t (g) es el promedio de masa de los cilindros de calabaza a tiempo t ; m_t es el contenido de humedad del tejido a tiempo t [g de agua/100 g de calabaza, base húmeda]; M_0 (g) es el promedio de masa de cilindros a tiempo inicial (previo a la impregnación en seco); m_0 es el contenido inicial de agua en el tejido [g de agua /100 g de calabaza, base húmeda]; ss_t y ss_0 son los sólidos solubles en el tejido a tiempo t y tiempo inicial [°Brix, lo cual significa, g ss/100 g calabaza, base húmeda], respectivamente.

Posteriormente, las calabazas fueron escurridas y secadas en una cámara de convección forzada a 40°C durante 3 hs.

Luego del secado, se determinaron los parámetros de color en el espacio CIE: L^* ; a^* ; b^* , bajo el iluminante D65 y un ángulo de observación de 2°. A partir de estos parámetros se calculó el cambio de color (ΔE) según:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2} \quad (3)$$

Donde L_{ref}^* , a_{ref}^* y b_{ref}^* corresponden a los parámetros de color del sistema control, es decir osmotizado con sacarosa en presencia de ácido cítrico y sorbato de potasio pero sin adición de Fe y AA.

Adicionalmente, se determinó la pérdida de peso porcentual (PP%) por deshidratación luego del secado a 40°C.

Análisis estadístico: A partir de las determinaciones de WL, SG, ΔE y PP% para los sistemas del diseño central compuesto, se generaron las ecuaciones de segundo orden, con términos lineales, cuadráticos y de interacción entre los factores estudiados, que mejor ajustan a los valores experimentales de dichas respuestas. Tanto para la obtención de las ecuaciones de predicción como para la generación de las superficies de respuesta, se empleó el software Statistica para Windows V 7.1 (StatSoft, USA). El nivel de significancia estadística fue, en todos los casos, del 95% (α : 0.05).

4. Resultados y discusión:

En la **Tabla 2** se observan los niveles empleados en el diseño experimental y los correspondientes valores de WL%, SG% para los sistemas osmotizados. Asimismo, se presentan el ΔE y la PP% para la calabaza osmotizada y secada en corriente de aire.

Tabla 2: Niveles ensayados según el CDD y pérdida de agua (WL%), ganancia de sólidos (SG%), diferencias de color (ΔE) y pérdida de peso durante el secado (PP%).

Sistema	Fe ²⁺ (mg) ^a	AA (mg) ^a	WL%	SG%	ΔE	PP%
1	28,8	1520	72.6	8.8	15.5	25.6
2	28,8	560	69.0	18.2	9.2	26.6
3	14,4	1520	69.3	14.8	17.4	26.6
4	14,4	560	69.8	14.2	14.4	26.3
5	21,6	1040	69.9	13.1	18.5	26.9

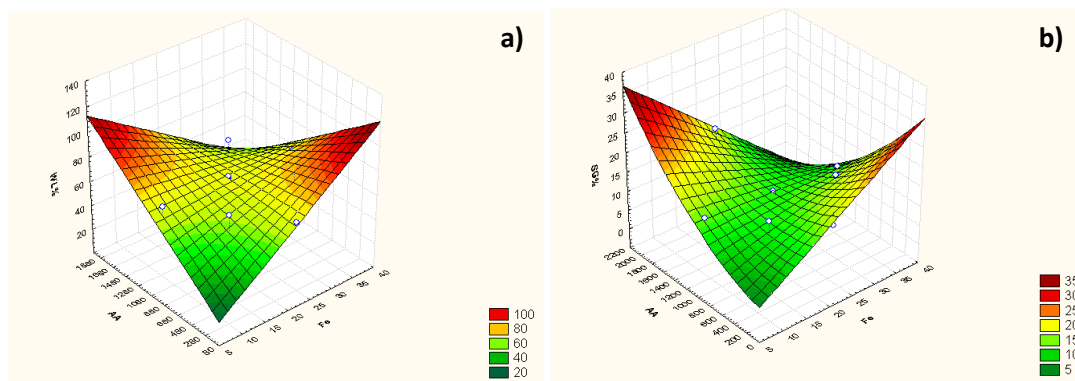
6	21,6	80	69.7	14.5	10.5	25.7
7	21,6	2000	70.2	19.7	18.2	25.2
8	7,2	1040	71.0	14.1	12.0	21.9
9	36,0	1040	69.2	11.8	16.5	26.5
10	21,6	1040	70.8	11.9	19.6	26.8
11	21,6	1040	71.5	12.4	17.9	26.3

^a: Los valores de Fe y AA están expresados en base a 100 g de calabaza.

Puede apreciarse que la WL% estuvo comprendida entre 69% y 72,6% la cual es significativamente mayor que la correspondiente WL% del sistema control (64%), indicando que la presencia de aditivos, Fe y AA, promueven la deshidratación osmótica de la matriz vegetal de calabaza.

La ecuación de predicción y la superficie de respuesta generada para esta respuesta se muestran a continuación (**Figura 1, panel a**). En este caso, los términos lineales de Fe y AA fueron significativos como así también el término de interacción Fe*AA. Puede apreciarse que el coeficiente lineal del factor Fe resultó positivo y de mayor magnitud, por lo que se espera que la incorporación de Fe a la formulación ejerza la mayor influencia en el valor de WL%. Sin embargo la presencia de ambos aditivos en forma simultánea presenta un efecto antagónico ya que el término de interacción resultó negativo.

Figura 1: Superficies de Respuesta para a) WL% y b) SG%.



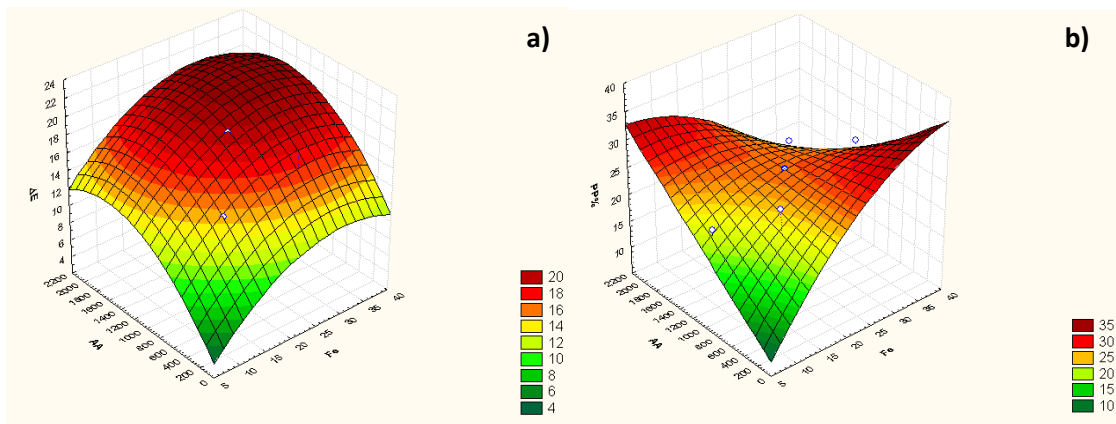
$$WL\% = 3,075 Fe + 0,062 AA - 0,0027 Fe AA \quad (R^2: 0.9908, F: 286)$$

$$SG\% = 0,804 Fe + 0,00885 AA + 0,00000463 AA^2 - 0,000838 Fe AA \quad (R^2: 0.9843, F: 110)$$

En cuanto a la SG%, la misma osciló entre 8.8% y 19,7% (**Tabla 2**). En la **Figura 2, panel b**, se muestra la superficie de respuesta obtenida y la correspondiente ecuación predictiva. En este caso, también resultó significativo el término cuadrático del factor AA, indicando una importante curvatura en la respuesta analizada. Nuevamente, el término lineal positivo del Fe fue varios órdenes mayor que el resto de los coeficientes.

En la **Figura 2, panel a**) se aprecian los resultados obtenidos para el análisis de ΔE :

Figura 2: Superficies de Respuesta para a) ΔE y b) PP%.

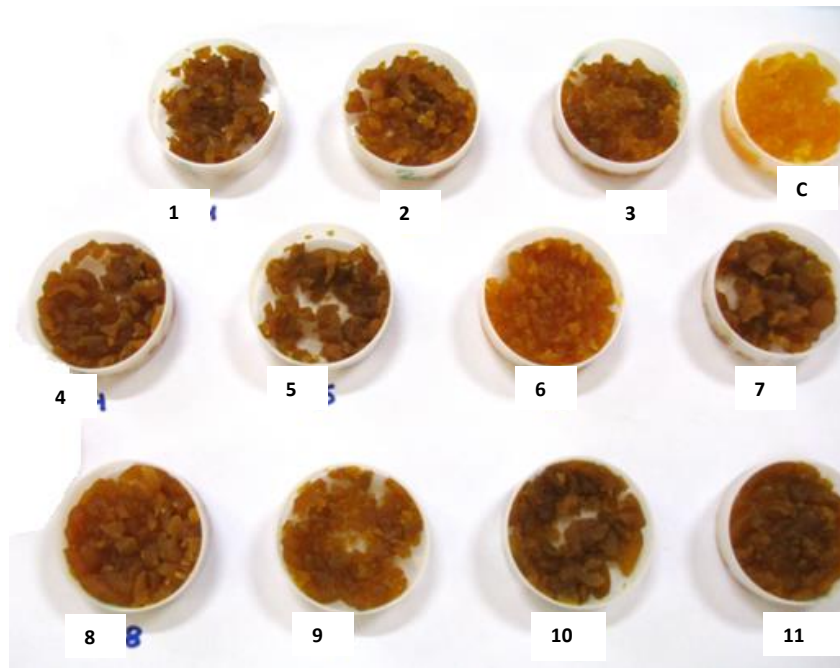


$$\Delta E = 0,794 Fe + 0,0127 AA - 0,0131 Fe^2 - 0,00000407AA^2 \quad (R^2: 0.9848, F: 113)$$

$$PP\% = 1,619 Fe + 0,0147 AA - 0,0179 Fe^2 - 0,000675 Fe AA \quad (R^2: 0.9960, F: 436)$$

Pudo apreciarse que la incorporación de Fe y AA generó un oscurecimiento de la calabaza en comparación con el sistema control. Este hecho se ve reflejado en los cambios de color determinados. El mayor cambio se observó para los sistemas 5, 10 y 11 (punto central). Por el contrario, los sistemas de menor contenido de AA (sistemas 2, 4 y 6) presentaron, en general, los valores más bajos de ΔE . La ecuación de segundo orden obtenida, indica que los términos lineales y cuadráticos son significativos, siendo los primeros positivos y los últimos negativos. El término de interacción no está incluido, sugiriendo que cada factor ejerce su efecto en el cambio de color en forma independiente. A fin de apreciar el color desarrollado en los sistemas estudiados, se muestra en la **Figura 3** una imagen de los mismos y su comparación con el control (C).

Figura 3: Calabaza osmotizada y secada en corriente de aire. Sistemas de acuerdo al CDD más el control (C).



La PP% fue del orden de 21,9 – 26,9% (**Tabla 2**), siendo en todos los casos inferior al sistema sin Fe ni AA (C), 35,6%. Este resultado indica, que la presencia de aditivos retrasa el proceso de deshidratación. La ecuación predictiva indica que tanto los términos lineales, el cuadrático para el Fe y el término de interacción fueron significativos.

5. Conclusiones:

Las ecuaciones de predicción para los parámetros analizados se ajustan adecuadamente a los valores experimentales. Se detectaron, en algunos casos, una interacción antagonista significativa entre los factores estudiados.

A su vez, pudo determinarse que la adición de Fe y AA promueve la deshidratación osmótica de la calabaza respecto al sistema control, sin Fe ni AA.

Tanto la presencia de Fe y AA intensificaron el oscurecimiento de la matriz vegetal durante el secado, como se evidenció en el cambio de color de los sistemas en comparación con el sistema libre de aditivos. Sin embargo, los sistemas fortificados retrasaron la pérdida de agua durante el proceso de secado en corriente de aire.

El presente trabajo aporta información de relevancia para el diseño y procesamiento de un producto vegetal enriquecido con Fe y AA, útil para la optimización de la producción y estabilidad de nuevos alimentos funcionales.

6. Bibliografía:

-Allen L.; Benoist B.; Dary O.; Hurrell R. (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Chapter 1-5, 3-122. ISBN 92 4 159401 2.

-Anónimo. 2011c. Micronutrient deficiencies: iron deficient anaemia. World Health Organization (WHO). Disponible de: <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/index.html>

- Ashwell M. (2007). Concepto sobre los alimentos funcionales. Internacional Life Science Institute (ILSI), Europe. P 6-24. ISBN 1-57881-157-0.

- de Escalada Pla M.; Campos C.; Gerchenson L. (2009). Pumpkin (*Curcubita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. *Journal of Food Engineering* 92, 361-369.
- González E.; Montenegro M.A.; Nazareno M.A.; López de Mishima B.A. (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(4), 395-399.
- Laxmirayan, R.; Mills, A.; Beman, J. (2006). Advancement of global health: key messages from the Disease Control Priorities Project. *The Lancet*, 367, 1193-1208.
- Souto de Olivera S.M. (2009). Avaliação do impacto do uso do fruto *Mangifera indica* L. (manga) no tratamento de crianças anêmicas fazendo uso do sulfato ferroso. Tesis Doctoral Centro de Ciencias da Saúde. Universidade Federal da Paraíba.
- Zimmermann, M.; Hurrell, R. (2007) Nutritional iron deficiency. *The Lancet*, 370, 511-520.

50TCA. FIBRA DIETARIA DE DURAZNO (*PRUNUS PERSICA* L.): INFLUENCIA DE LA TÉCNICA DE OBTENCIÓN EN LAS PROPIEDADES, FÍSICAS Y FUNCIONALES.

NIETO J.¹, LATORRE M.E.¹, DE ESCALADA PLA M.^{1,2}, GERSCHENSON L.^{1,2}.

¹Departamento de Industrias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (UBA). Ciudad Universitaria. (1428), CABA, Argentina. ²Miembro de la Carrera del Investigador. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

e-mail: marina@di.fcen.uba.ar

Resumen: Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar productos ricos en fibra dietaria a partir de *Prunus persica* L. aplicando un método de obtención que involucra extracción con etanol, secado con aplicación de microondas, molienda y tamizado y evaluando el efecto de las variables relación etanol-muestra y temperatura de secado, sobre las propiedades funcionales de los productos obtenidos. Las variables evaluadas mostraron un efecto significativo sobre las propiedades de hidratación y las de retención de aceite. Temperaturas de secado en el orden de 40°C y relaciones etanol-muestra de 600ml de etanol cada 100g de muestra, optimizaron las propiedades de hidratación, mientras que para optimizar las propiedades de retención de aceite deberían usarse 80°C de temperatura de secado y 200ml de etanol cada 100g de muestra en la extracción. Se observó que el proceso de secado se puso modelar adecuadamente mediante la ecuación de Page.

PALABRAS CLAVES: *Durazno, fibra dietaria, propiedades.*

1. Introducción

Actualmente, se presta especial atención al aislamiento y caracterización de fibras provenientes de fuentes no tradicionales debido al interés de la científicos en evaluar sus propiedades como así también aumentar el valor agregado de las materias primas (Gerschenson y col., 2009). Son ampliamente reconocidos los beneficios de las fibras para el aparato digestivo, lo cual ha determinado su consideración como nutriente (FDA, 1993 citar en referencias). El contenido en fibra de los frutihortícolas es inferior al de los cereales, siendo la matriz de la pared celular, la mayor fuente de fibra en estos alimentos. Se sabe que las fibras características de los frutihortícolas son ricas en polisacáridos pécicos los cuales poseen un importante rol en la dieta. Podrían entonces utilizarse para la obtención de fibras solubles e insolubles (i.e.: pectinas, celulosa, hemicelulosa) que serían de aplicación para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, asegurando el completo aprovechamiento del vegetal y el aumento del valor agregado a la materia prima (Zambrano y col.2002).

Las propiedades funcionales, como las propiedades de hidratación, capacidad de absorción de moléculas orgánicas, capacidad de hinchamiento y comportamiento reológico, guardan relación no sólo con la funcionalidad de los productos enriquecidos en fibra en el tracto digestivo sino, además, con los efectos que generan sus agregados en la formulación de otros alimentos donde son incluidos como aditivos o ingredientes (Guillon y Champ, 2000; Robertson y col., 2000). Sette y col. (2011) han informado que la relación etanol-muestra usada en la extracción y la temperatura de deshidratación tienen un efecto significativo

sobre las propiedades funcionales de la fibra de durazno obtenida mediante deshidratación con aplicación de microondas.

2. Objetivos

Desarrollar productos ricos en fibra dietaria a partir de *Prunus pérsica* L., evaluando la relación etanol-muestra y la temperatura de deshidratación que optimicen las propiedades funcionales de dichos productos.

3. Materiales y métodos

Obtención de fracciones enriquecidas en fibra:

Los productos enriquecidos en fibra de durazno se obtuvieron a partir de frutos frescos, a los cuales se les extrajo el carozo y jugo. Seguidamente, la piel y pulpa residual se trituraron y se sometieron a una extracción con etanol (95 % v/v) a 20 °C por 15 minutos utilizando un homogeneizador mecánico (Omni Mixer, USA). Posteriormente, se filtró para eliminar el etanol. El residuo obtenido fue sometido a deshidratación utilizando un equipo de microondas Ethos Plus (Milestone, Italia) trabajando a potencia constante de salida de 500 W. Las fracciones obtenidas fueron molidas, tamizadas en una malla ASTM 40 con apertura de 420 micrones, envasadas en bolsas cryovac y almacenadas en freezer (-18 °C).

Curvas de secado:

La pérdida de agua a lo largo del proceso de deshidratación fue calculada registrando el peso de la muestra a distintos intervalos. Los datos fueron ajustados utilizando la ecuación de Page (Ahmed y col., 2001).

$$MR = \frac{(m - m_e)}{(m_0 - m_e)} = \exp(-k t^n)$$

donde, MR es la relación de contenido de humedad, m representa el contenido de humedad a un dado tiempo t (% en base seca), m_0 el contenido de humedad inicial (% en base seca), m_e el contenido de humedad en el equilibrio (% en base seca), t es el tiempo en minutos, k es un parámetro también llamado constante de velocidad y n es el coeficiente adimensional (Ahmed y col., 2001).

Propiedades físicas y funcionales:

Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo a de Escalada Pla y col. (2007). Brevemente se describen a continuación.

Volumen específico

Se determinó en probetas (graduadas de 5 ml) cargadas con un peso dado del producto a caracterizar y evaluando el volumen ocupado por la muestra luego de impactar el fondo del tubo contra la mesada hasta obtener constancia del nivel de polvo. Posteriormente se pesaron los tubos en una balanza analítica. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Capacidad de hinchamiento (SC)

Se determinó hidratando la muestra (0,1 g) bajo exceso de agua desionizada durante 18 horas, a una temperatura constante de 25 °C. Después de este lapso, se midió el volumen total alcanzado por la fibra hidratada. La capacidad de hinchamiento se calculó como:

$$SC(\text{ml/g}) = \frac{V_i(\text{ml})}{m_i(\text{g})}$$

donde V_i corresponde al volumen de muestra hidratada y m_i al peso de la muestra seca inicial. Las determinaciones se realizaron al menos por triplicado.

Capacidad de retención de agua (WRC) y agua retenida (RW)

La capacidad de retención de agua y el agua retenida se determinó por hidratación a 25 °C, con 2 ml de agua, en un eppendorf de fondo cónico durante 18 horas, de una muestra seca pesada exactamente ($\approx 0,065$ g). Se centrifugó durante 30 min a 4800 rpm. Se separó el sobrenadante y se transfirió el residuo a un filtro de vidrio fritado (G4 IVA) para escurrir el líquido restante. Se pesó la fibra húmeda retenida en el filtro ($R+W_2$) y se la sometió luego a liofilización. Luego, se pesó el residuo seco (R). De este modo:

$$\text{WRC (g de agua/g residuo seco)} = W_2/R$$

$$\text{RW (\% de agua retenida)} = (W_2 / \text{agua total agregada}) \times 100$$

El ensayo se llevó a cabo por triplicado para cada fracción.

Capacidad de atrapamiento de agua (WHC)

Una muestra seca, exactamente pesada ($\approx 0,1$ g), fue hidratada en un tubo graduado de fondo cónico con 5 ml de agua, a lo largo de 18 horas, a 25 °C. Se decantó el sobrenadante y la muestra fue transferida a un filtro de vidrio fritado (G4 IVA), previamente pesado, dejándola escurrir a presión atmosférica. Se registró el peso del residuo hidratado y se lo liofilizó para obtener, finalmente, el peso del residuo seco. WHC se determinó por triplicado para cada fracción.

Capacidad de absorción de aceite (OHC)

Se pesó una muestra de 0,2 g de fibra seca, a la cual se le adicionó 1ml de aceite vegetal de girasol, se la agitó en vortex y se dejó a temperatura de 25° por 18 horas. Se centrifugó durante 5 minutos a 3600 rpm, se separó el sobrenadante y se registró el peso del pellet.

Diseño experimental:

Se utilizó un diseño central compuesto con dos factores (relación etanol/muestra y temperatura de secado), cinco niveles por factor (Tabla 1). Los niveles fueron definidos tomando como base trabajos previos (de Escalada Pla y col., 2010; González y col., 2010, Sette y col., 2011). Los puntos centrales se llevaron a cabo por triplicado.

Tratamiento estadístico:

El diseño experimental, su correspondiente análisis y las regresiones no-lineales se llevaron a cabo utilizando el programa Statgraphic Plus Packaged (V. 5.1, 1997-2001, Rockville MD, USA).

TABLA 1: Niveles de los factores utilizados en el diseño experimental.

SISTEMA	Relación etanol- muestra (ml/g)	Temperatura de secado (°C)
1	5	70
2	5	50
3	3	70
4	3	50
5	4	60
6	4	40
7	4	80
8	2	60
9	6	60
10	4	60
11	4	60

4. Resultados y discusión

La ecuación de Page describió adecuadamente (R^2 : 97,7441-99,9727) la deshidratación de la fibra durante el proceso con aplicación de microondas. En la Figura 1, se muestran las curvas de secado para los niveles inferior, superior y el punto central del diseño con su respectivo ajuste.

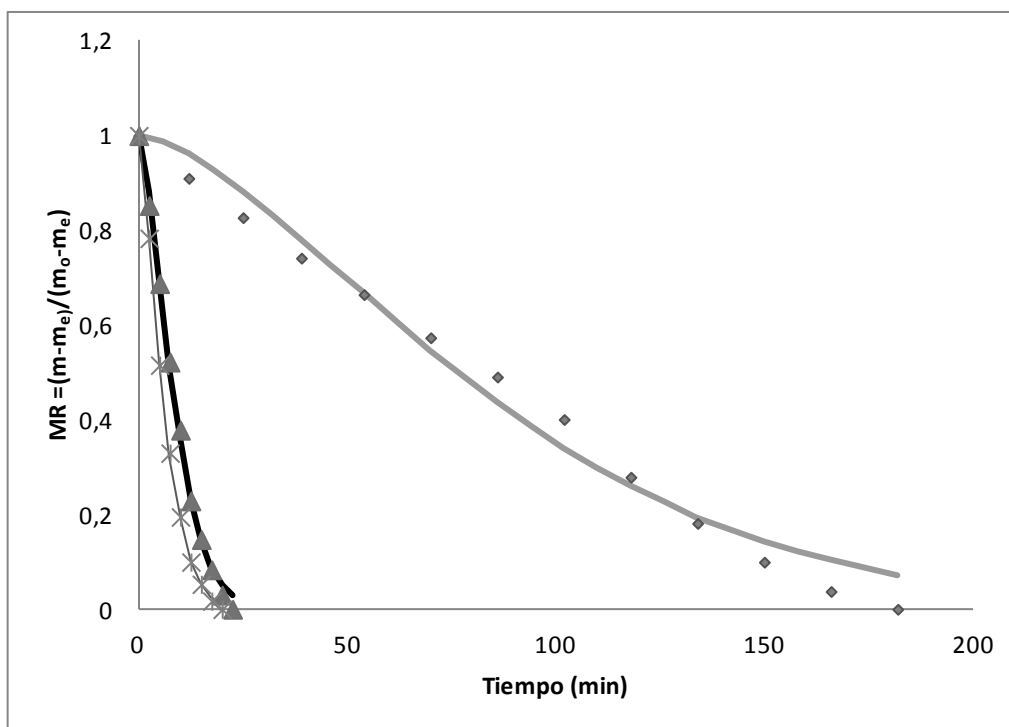


FIGURA 1-Curvas de secado con la aplicación de microondas. Ajuste de los datos con la ecuación de Page. A las siguientes temperaturas: ◆ 40°C; ▲ 60°C y × 80°C

Los valores para el exponente, n , de la regresión no lineal de la ecuación de Page resultaron del mismo orden para los distintos sistemas, mostrando valores dentro del rango

(1,33 a 1,61); en cambio, los valores de k variaron entre $89 \cdot 10^{-5}$ y $7723 \cdot 10^{-5} \text{ min}^{-n}$. Esto permitió analizar las cinéticas de secado mediante comparación directa de los valores de las constantes “ k ” (Figura 1). Como se observa en la Figura 2, el parámetro k es dependiente, solamente, de la temperatura de secado y no de la relación etanol-muestra. A temperaturas mayores se obtienen mayores valores para k .

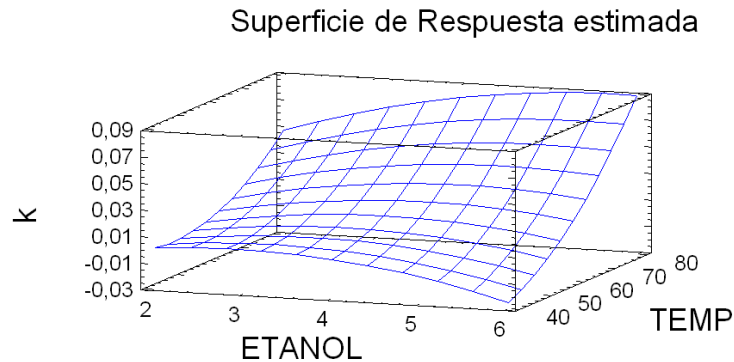


FIGURA 2: Superficie de respuesta para el parámetro k del ajuste de la ecuación de Page.

En la Figura 3, se muestra el efecto de la relación etanol-muestra y temperatura de secado sobre las propiedades de hidratación SC, RW, WHC. Puede observarse que, a bajas concentraciones de etanol, el aumento de la temperatura incrementa dichas propiedades mientras que, a mayores concentraciones de etanol, temperaturas de secado menores favorecen la hidratación posterior de la fibra. Las condiciones operativas que optimizaron los valores de las propiedades de hidratación fueron una relación etanol- muestra de 6 a 1 (600 ml etanol a 100 g de muestra) y una temperatura de secado de 40 °C.

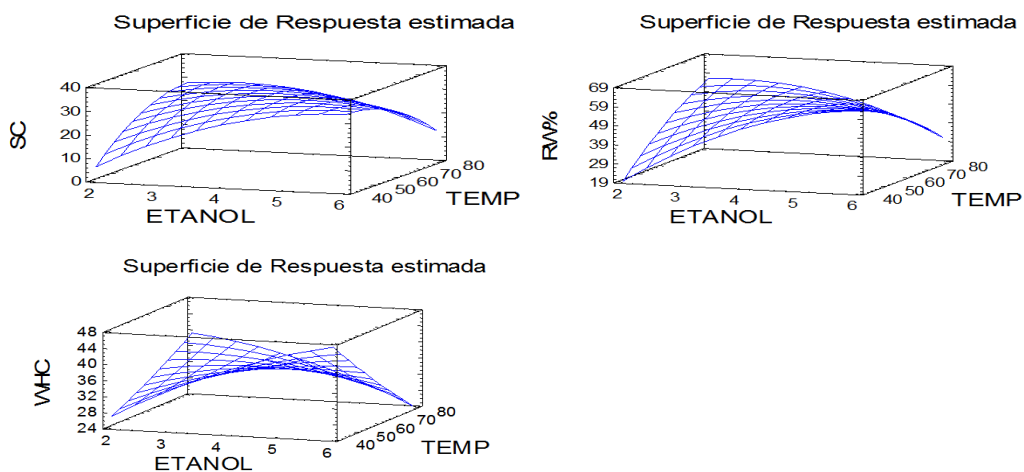


FIGURA 3: Superficies de respuesta para las propiedades: Capacidad de hinchamiento (SC), retención de agua porcentual (RW%), capacidad de atrapamiento de agua (WHC).

Para otras propiedades funcionales como la absorción de aceite, OHC y el volumen específico, el comportamiento mostrado fue diferente (Figura 4) y los valores de las variables estudiadas que optimizaron las propiedades fueron una relación etanol-muestra de 2 a 1 (200 ml etanol, 100 g de muestra) y una temperatura de secado de 80 °C.

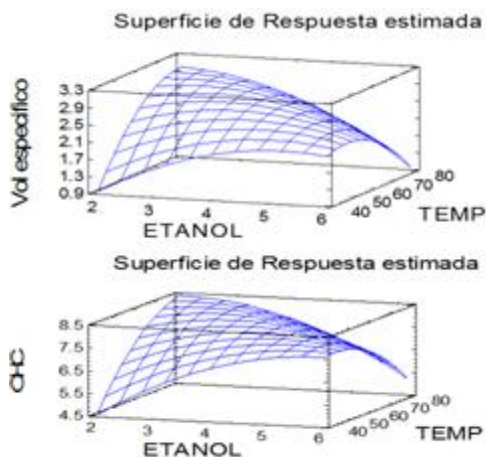


FIGURA 4: Superficies de respuesta para las propiedades: volumen específico, capacidad de absorción de aceite (OHC).

5. Conclusiones

El efecto de las variables temperatura y relación etanol-muestra fue diferente para las distintas propiedades estudiadas lo cual permite concluir que, dependiendo de la funcionalidad que se requiera, se deben utilizar condiciones específicas relación etanol-muestra durante la extracción y de temperatura de secado, para satisfacerlas.

6. Referencias

Ahmed, J. Shivhare, U.S, Singh G. (2001). Drying characteristics and product quality of coriander leaves. *Trans IChemE*, Vol 79, pp. 103-106.

De Escalada Pla M., Uribe M., Fissore E., Gerschenson L. and Rojas A.M. (2010). Influence of the isolation procedure on the characteristics of fiber-rich products obtained from quince wastes. *Journal of Food Engineering*, Vol. 96, pp. 239-248.

De Escalada Pla M.F., Ponce N.M., Stortz C.A, Gerschenson L.N. and Rojas A.M. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret), *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 40, pp. 1176-1185.

FDA. Department of Health and Human Services. (1993), Health Claims: fruits and vegetables and cancer, In: FDA, Code of Federal Regulations Vol. 2, Title 21, Chapter I, Subchapter B, Part 101, Subpart E, Section 101.78, Rockville, MD: GPO.

Gerschenson L.N., Rojas A.M.L, de Escalada Pla M.F. and Fissore E., (2009), Functional properties of dietary fibre isolated from *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret through different extraction procedures/ Eds J.N. Govil, V.K. Singh./ Studium Press LLC, Texas. USA. *Recent Progress in Medicinal Plants/ Vol. 24 Standardization of herbal/ayurvedic formulations*, pp. 359-370.

González P, Sette P, Portillo F, Rojas A, y de Escalada Pla M. (2010). Caracterización de fibra dietaria procedente de duraznos (*Prunus persica L.*). XXVIII Congreso Argentino de Química. Universidad Nacional de Lanús, Buenos Aires, Argentina.

Guillon, F. y Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibers, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, Vol 33, pp. 233–245.

Robertson J.A., F.D. de Monredon, P. Dysseler, F. Guillon, R. Amadò and J.F. Thibault (2000). Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. *LWT - Food Science and Technology*, Vol 33, pp. 72-79.

Sette Paula, Latorre María Emilia, Soria Marcelo, de Escalada Pla Marina y Gerschenson Lía. (2011). Efecto de las condiciones de obtención sobre la funcionalidad de fibra dietaria de durazno. XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenos Aires, Argentina.

Zambrano Zaragoza M. y Gallardo Navarro Y. (2002). *Temas en Tecnología de Alimentos, Fibra dietética. Volumen 2. Capítulo 12*. Editorial Alfaomega, Méjico.

51TCA. CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES CONTENIENDO AROMA DE NARANJA ENCAPSULADO

SOSA, N.^{1a}; PEREZ O.E.^{1b} y SCHEBOR C.^{1b}

¹Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, (1428). ^aBecaria doctoral CONICET, ^bMiembros del CONICET, Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: nsosa@di.fcen.uba.ar

Resumen: La encapsulación de compuestos aromáticos hidrofóbicos resulta de gran importancia en la industria alimentaria ya que este proceso les otorga estabilidad físico-química. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar emulsiones de aceite de naranja conteniendo distintos agentes emulsificantes (almidones modificados) y empleando dos métodos de emulsificación. Se determinaron las curvas de flujo, empleando un sistema cono-plato en un viscosímetro. Los resultados se ajustaron con la ley de la potencia. La distribución de tamaño de gota en el tiempo se analizó por dispersión estática de luz láser y la estabilidad se determinó en un analizador óptico vertical.

La viscosidad no varió con el tiempo independientemente del almidón empleado en las formulaciones. Todas las emulsiones resultaron ser newtonianas o con cierta tendencia a pseudoplasticidad. En cuanto al tamaño de gota, las muestras agitadas mostraron diámetros promedio de gota entre 2 y 3 micrones, mientras que las sonicadas presentaron diámetros promedio menores que 1 micrón. Respecto a la estabilidad, se encontró que en 3 horas, las muestras agitadas mostraron además de floculación una importante fase cremada. Las muestras sonicadas manifestaron solo floculación.

La aplicación de estos métodos de preparación ha permitido caracterizar comparativamente a las emulsiones desde un punto de vista físico-químico con implicancias tecnológicas para la industria, como son el secado y la encapsulación de aroma de naranja. Las diferencias obtenidas reflejan las distintas escalas a las cuales se llegó con cada método de emulsificación (nano y microescala). Posiblemente, las diferencias en los tamaños de gota obtenidos sean las responsables de las diferencias en la estabilidad de las muestras preparadas por agitación y sonicación. Esta información es útil a la hora de seleccionar el método de preparación de una emulsión acorde a la estabilidad requerida.

1. Introducción:

La encapsulación de compuestos aromáticos hidrofóbicos resulta de gran importancia en la industria alimentaria ya que este proceso les otorga estabilidad físico-química y liberación controlada. (Gharsallaoui y col., 2010). La manera más común de llevar a cabo la microencapsulación de aromas es mediante el secado por aspersión (Soottitantawat y col., 2004). Como paso previo al secado, los flavors hidrofóbicos deben ser emulsionados. Mediante la inclusión de emulsificantes y/o espesantes es posible generar emulsiones cinéticamente estables durante un período razonable de tiempo (McClements, 1999). Algunos almidones modificados presentan características funcionales deseables, tales como solubilidad, textura, adherencia, dispersión, afinidad por los aceites esenciales hidrofóbicos y otorgan a la emulsión en la que se encuentran mayor termorresistencia (Kim y col., 1999). Además de poseer propiedades emulsificantes, tienen alta capacidad de retención de volátiles, fácil dispersibilidad, y están recomendados principalmente para encapsular aceites esenciales, críticos y saborizantes (Aguilar Chávez, 2007). Dentro de los principales almidones modificados comerciales recomendados para utilizarse como agentes

encapsulantes se encuentran los de denominación comercial Capsul y Hi-cap, ambos obtenidos del maíz céreo.

2. Objetivo:

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar emulsiones de aceite de naranja conteniendo distintos agentes emulsificantes (almidones modificados) y empleando dos métodos de emulsificación.

3. Materiales y métodos:

- *Materiales*

Se trabajó con Sacarosa (S) y Trehalosa (T), de grado analítico, Merck (Alemania) y Cargill Inc. (USA), respectivamente, y maltodextrina (MD), DE 12, Givaudan S.A. (Argentina). Se utilizaron dos almidones modificados: Capsul y Hi Cap (Gelfix, Argentina). El aceite esencial de naranja fue gentilmente donado por Saporiti Sabores (Argentina).

- *Preparación de las emulsiones*

Se preemulsionó el aceite esencial de naranja dispersándolo en premezclas formadas por agua bidestilada, y la mezcla (1:1) de trehalosa y maltodextrina (TMD) o sacarosa y maltodextrina (SMD), empleando almidón modificado como emulsificante. 200 ml de cada uno de estos sistemas se agitaron a alta velocidad empleando un agitador de alta velocidad, Ultra-turrax T8 (Staufen, Germany), operando a 20.000 rpm durante 5 min a 25°C. La formulación de las emulsiones estudiadas se detalla en la Tabla 1. La emulsificación se llevo a cabo empleando 2 métodos: *a) Agitación a alta velocidad:* durante 10 minutos en un agitador de alta velocidad, Sorvall OMNI MIXER 17106-OMNI Corporación Internacional, Waterbury (CT, EE.UU.), que operó a 16.000 rpm. *b) Ultrasonido de alta intensidad:* durante 20 minutos en un equipo de ultrasonido VIBRA CELL, VCX (Newtown, Connecticut, EE.UU.). En ambos casos se evitó el aumento de temperatura por empleo de un baño de agua/hielo. Las emulsiones se analizaron inmediatamente después de la preparación, y cada 30 minutos durante 2 horas.

TABLA 1. Composición (g/100g) de las emulsiones estudiadas.

	Componentes (%)	
	TMD	SMD
Aceite de naranja	5,0	5,0
Agua	58,0	60,0
Capsul o Hi Cap	3,0	3,0
Trehalosa	18,0	-
Sacarosa	-	16,0
Maltodextrina	16,0	16,0

- *Curvas de flujo*

Se determinó la viscosidad aparente de las emulsiones a partir de las curvas de flujo obtenidas empleando un viscosímetro Brookfield DV-LVT (Middleboro, MA, USA.) con sistema de cono y plato (25°C). Se utilizó el cono de acero inoxidable CP41 de 4,8 mm de diámetro. Se aplicó un rango de velocidad de deformación de 0,5 a 120 s⁻¹. El volumen de

las muestras fue de 2 ml. Todas las determinaciones se realizaron al menos por duplicado. Se obtuvieron los valores de esfuerzo de corte frente a las velocidades de deformación y a continuación los datos se ajustaron utilizando la ecuación de la ley de potencia (Ecuación 1).

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Donde: τ es el esfuerzo de corte, $\dot{\gamma}$ la velocidad de deformación, K el coeficiente de consistencia y n el índice de flujo.

- Distribución de tamaño de gota

La distribución de tamaño de gota de las emulsiones se midió con un equipo de dispersión de luz Mastersizer 2000, equipado con una unidad de dispersión Hydro 2000MU (Malvern Instruments Ltd, UK). La velocidad de la bomba se fijó en 1.800 rpm. Se utilizó un índice de refracción de la fase dispersa de 1,488, y su parámetro de absorción de 0,001. El tamaño de gota de las emulsiones se informa como el diámetro promedio en volumen/superficie o diámetro de Sauter ($D_{3,2} = \sum n_i d_i^3 / \sum n_i d_i^2$) y el diámetro promedio de volumen equivalente o diámetro De Broucker ($D_{4,3} = \sum n_i d_i^4 / \sum n_i d_i^3$), donde n_i es el número de gotas de diámetro d_i (Huang y col., 2001; Leroux, y col., 2003). $D_{3,2}$ que es inversamente proporcional a la superficie específica de las gotas, representa una medida del diámetro promedio en donde se encuentran la mayoría de las gotas. $D_{4,3}$ es más sensible a los cambios relacionados con el tamaño de gota que involucran procesos de desestabilización (Relkin y Sourdet, 2005) y fue utilizado para evaluar la estabilidad estructural (floculación o coalescencia). El tamaño de las gotas se informa como el promedio \pm la desviación estándar de diez lecturas hechas en dos emulsiones preparadas de forma independiente.

- Estabilidad en el tiempo de las emulsiones

Se determinó la estabilidad global de las emulsiones a 25°C en función del tiempo (t), utilizando un analizador óptico vertical Quick Scan (Beckman Coulter, Fullerton, CA, USA). Para este fin, las emulsiones contenidas en los tubos adecuados, se colocaron en la celda de medición y la cabeza lectora proporcionó los perfiles de backscattering (BS %) y transmitancia (Tr %) cada 40 μm en función de la altura del tubo (altura total = 10 cm). De esta manera, la evolución física del proceso de desestabilización se siguió en el tiempo sin perturbar al sistema original, con una buena precisión y reproducibilidad.

4. Resultados y discusión

- Curvas de flujo

La Figura 1 muestra las curvas de flujo obtenidas para las emulsiones conteniendo Capsul y Hi Cap a $t=0$ y a $t=180$ min preparadas por agitación (Fig. 1 a y b) o por sonicación (Fig. 1 c y d). No se detectaron diferencias importantes entre las formulaciones y los métodos aplicados para emulsificar. Las diferencias entre los valores de viscosidad resultan pequeñas a los fines prácticos y tecnológicos. Es notable el incremento de los valores de viscosidad para cada tipo de emulsión con el tiempo, lo que se asocia con una tendencia generalizada a la floculación de gotas. Todas las emulsiones resultaron ser newtonianas o con cierta tendencia a pseudoplasticidad.

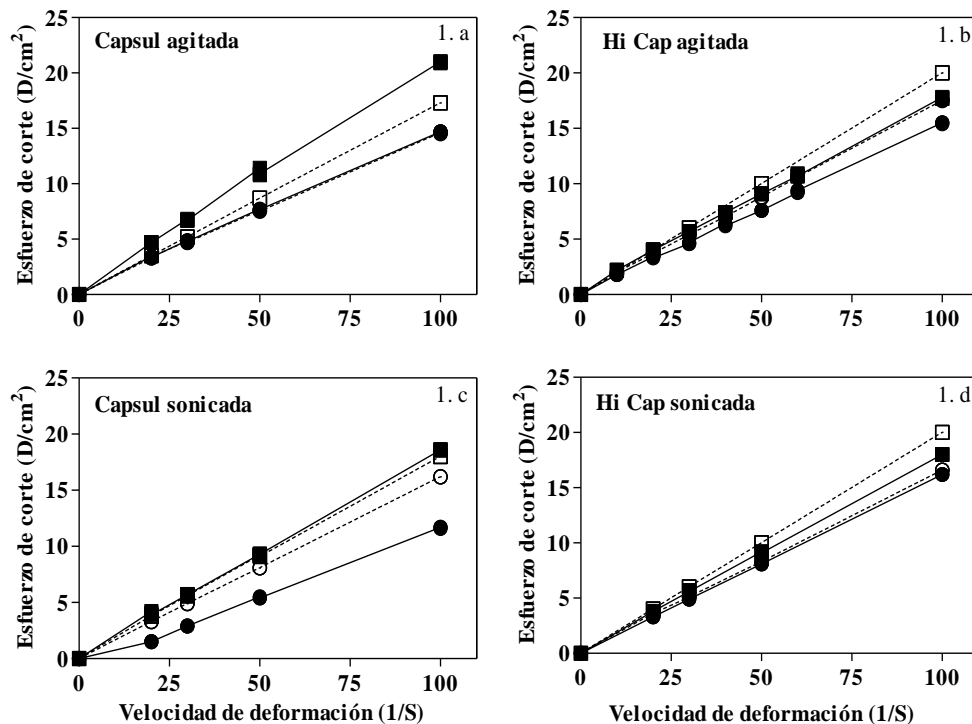


Figura 1. Curvas de flujo de los sistemas SMD (cuadrados) y TMD (círculos) de Capsul y Hi Cap analizados inmediatamente (líneas sólidas) y a los 180 minutos (líneas punteadas) preparados por agitación (a y b) y por sonicación (c y d).

- Distribución de tamaño de gota

La distribución de tamaño de las gotas influye en diversas propiedades de las emulsiones y además es un factor importante para la retención del flavor (Soottitawat, 2003; Jurado y col., 2007). La Figura 2 exhibe la distribución de tamaños de gotas de las emulsiones para $t=0$ y $t=180$ min. Se presenta una distribución Gaussiana monomodal, lo cual indica la existencia de una población dominante. Este hecho es corroborado con los gráficos insertos en las figuras, donde se muestra la distribución de tamaño de gota en términos de número. Las emulsiones obtenidas por sonicación son submicrónicas, y se observó un aumento del tamaño de gota con el tiempo (cuando se analiza la distribución en volumen). Las muestras agitadas mostraron diámetros promedio de gota entre 2 y 3 micrones.

- Estabilidad en el tiempo de las emulsiones

El tiempo que una emulsión debe permanecer estable depende de la naturaleza del producto alimenticio (Dickinson, 2003; Mc Clements, 1999). En el caso que aquí se presenta, se requiere que las emulsiones se mantengan estables durante el tiempo transcurrido desde su preparación hasta su secado, es decir, unos pocos minutos. Los estudios de estabilidad en condiciones de reposo se realizaron durante tres horas. El análisis de backscattering (BS) en función del tiempo ofrece la ventaja de permitir la evaluación continua de la desestabilización global de emulsiones en condiciones de quiescencia y sin dilución (Palazolo y col., 2005). La Figura 3 muestra los patrones de BS para las distintas formulaciones para $t=0$ y $t=180$ min de almacenamiento. Un perfil regular de BS es indicativo de ausencia de cremado y sedimentación. La disminución del valor de BS a lo largo del tubo indica floculación y el aumento en el % de BS dado en el extremo superior del tubo se asocia con cremado. En cuanto a la estabilidad de estas emulsiones, se encontró que en 3 horas, las muestras agitadas mostraron además de floculación una importante fase cremada. Las emulsiones sonicadas manifestaron solo floculación.

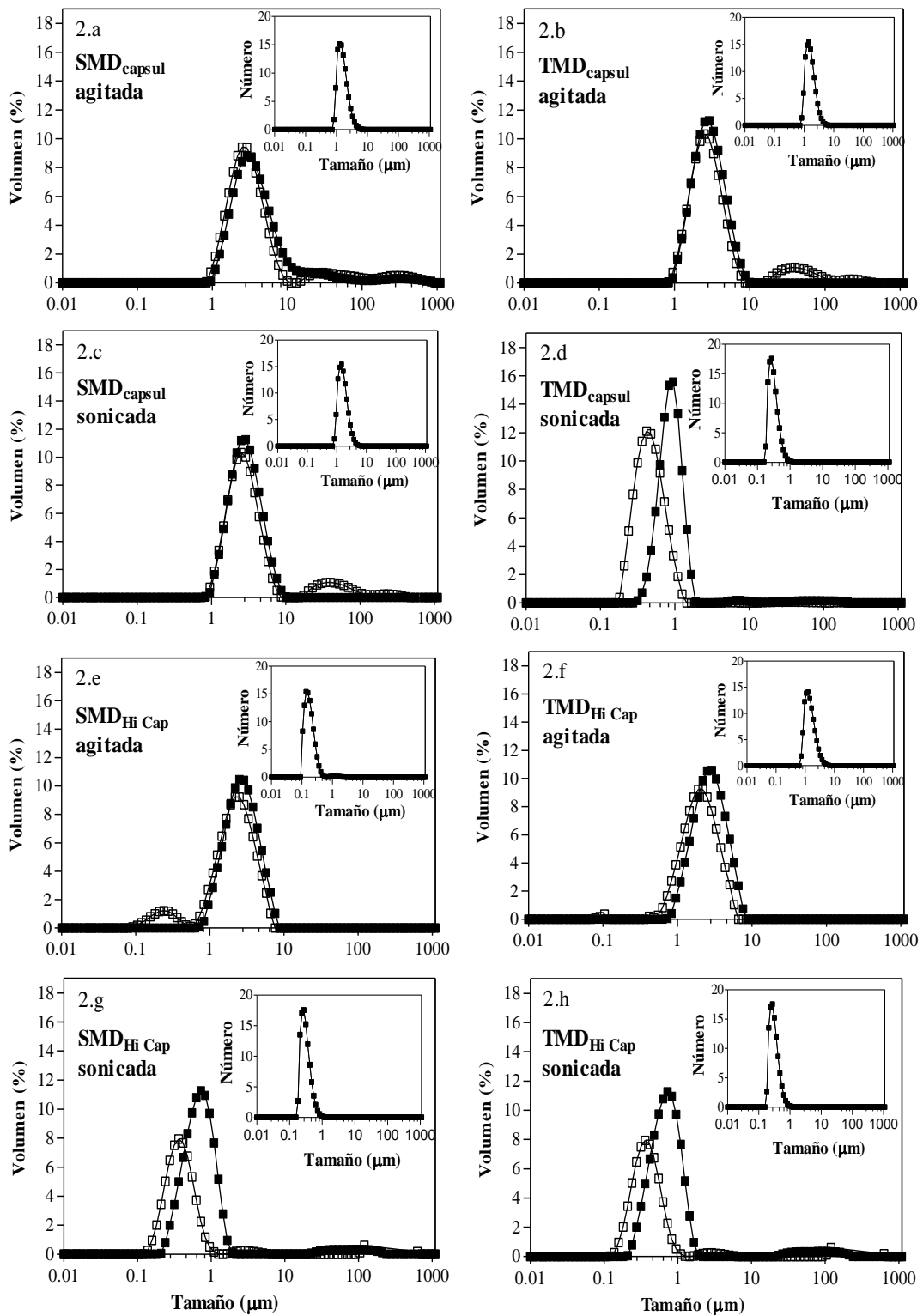


Figura 2. Distribución del tamaño de gota de las emulsiones de Capsul (a-d) y Hi cap (e-h) para $t=0$ (□) y $t=180$ min. (■) empleando agitación a alta velocidad y sonicación para los sistemas SMD y TMD.

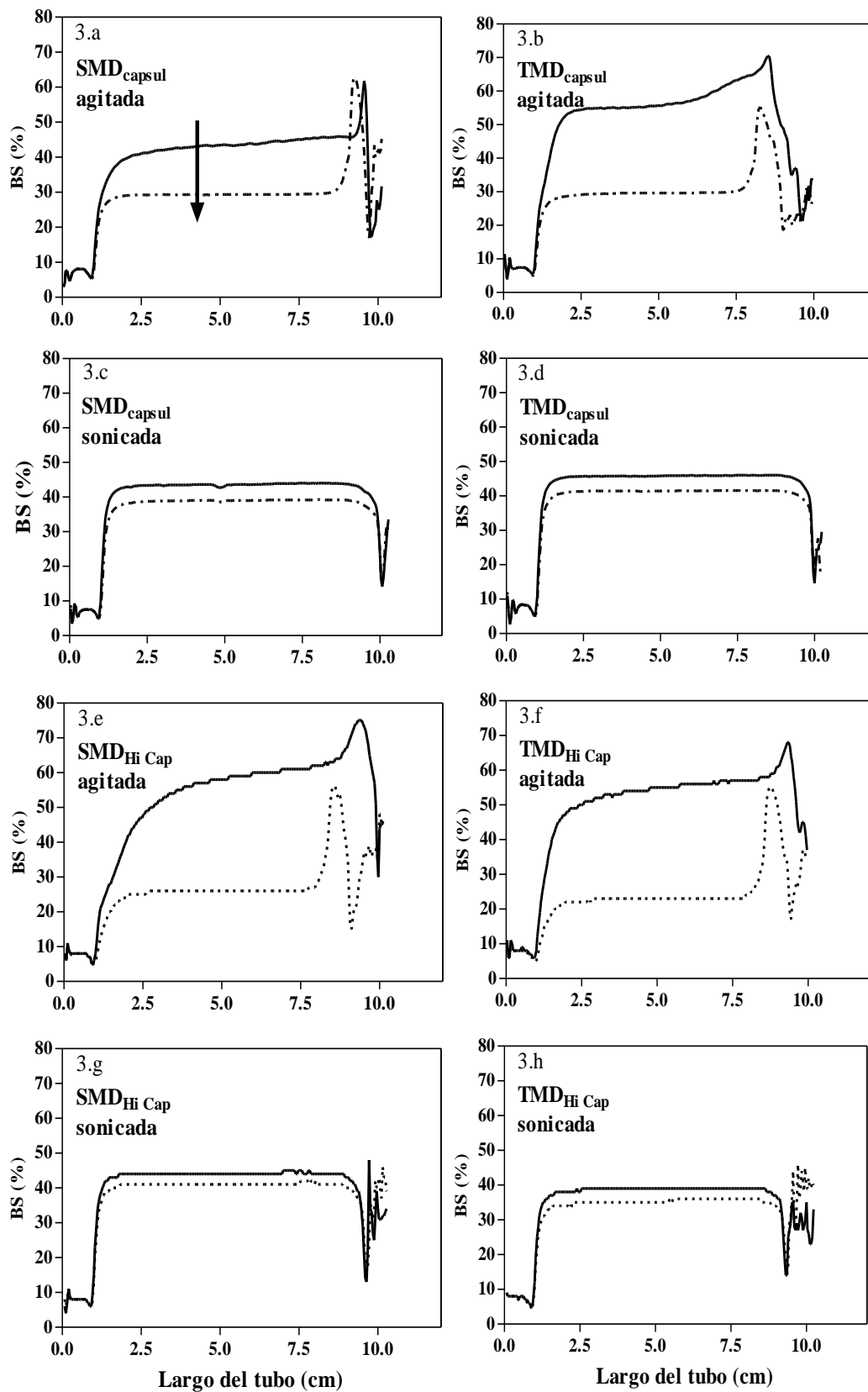


Figura 3. Estabilidad de las emulsiones conteniendo Capsul (a-d) y Hi cap (e-h) para $t=0$ (línea llena) y $t=180$ min. (línea punteada), preparadas con agitación a alta velocidad y sonicación. La flecha denota tiempo.

5. Conclusiones

La aplicación de estos métodos de preparación de emulsiones ha permitido caracterizar comparativamente a las emulsiones de aceite naranja desde un punto de vista físico-químico con implicancias tecnológicas para la industria, como lo son el secado y la encapsulación de aroma de naranja. Las emulsiones conteniendo Capsul o Hi cap mostraron un comportamiento similar, y con características interesantes desde el punto de vista del tamaño de gota y la estabilidad. En este trabajo se obtuvieron distintas escalas de tamaño de gota con los métodos de emulsificación empleados, la nano y la microescala. Posiblemente, las diferencias en los tamaños de gota iniciales sean las responsables de las diferencias en la estabilidad de las muestras preparadas por agitación y sonicación. Esta información es útil a la hora de seleccionar el método para la preparación de una emulsión de acuerdo a la estabilidad requerida.

6. Referencias

- Aguilar-Chavez, C. (2007). Optimización del proceso de modificación del almidón de maíz ceroso por extrusión y el uso de mezclas de almidones modificados con mucílago de nopal para la encapsulación de aceite esencial de naranja empleando el secado por aspersión. Tesis de licenciatura en Química de alimentos. (pp. 20-25).
- Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17, 25-39.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., y Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International*, 40,1107–1121.
- Huang, X., Kakuda, Y., y Cui, W. (2001). Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids*, 15, 533-542.
- Kim, Ch-T., Shin, F.F., Champagne, E.T. y Daigle, K. 1999. Effects of phosphorylating salts and temperature on the preparation of rice starch phosphates by extrusion. *Starch/Stärke*. 51(8-9): 260-286.
- Jurado, E., Bravo, V., Camacho, F., Vicaria, J.M., y Fernández-Arteaga, A. (2007). Estimation of the distribution of droplet size, interfacial area and volume in emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 295(1-3), 91-98.
- Leroux, J., Langendorff, V., Schick, G., Vaishnav, V. y Mazoyer, J. (2003). Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 17(4), 455-462.
- Mc Clements, D.J. (1999). Emulsion formation. In D.J. Mc Clements (Ed.), *Food emulsions: principles, practice and techniques* (pp. 161-183). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Palazolo, G., Sorgentini, D., y Wagner, J. (2005). Coalescence and flocculation in o/w emulsions of native and denatured whey soy proteins in comparison with soy protein isolates. *Food Hydrocolloids*, 19(3), 595-604.
- Relkin, P., y Sourdut, S. (2005). Factors affecting fat droplet aggregation in whipped frozen protein-stabilized emulsions. *Food Hydrocolloids*, 19(3), 503-511.
- Soottitantawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M., y Linko, P. (2003). Microencapsulation by Spray Drying: Influence of Emulsion Size on the Retention of Volatile Compounds. *Journal of Food Science*, 68(7), 2256-2262.
- Soottitantawat A, Yoshii H, Furuta T, Ohgawara M, Forssell P, Partanen R, Poutanen K y Linko P (2004). Effect of Water Activity on the Release Characteristics and Oxidative Stability of d-Limonene Encapsulated by Spray Drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(5):1269-1276.

52TCA. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE BARRERAS EN LA ELABORACION DE REPOLLO MÍNIMAMENTE PROCESADO

RUIZ LÓPEZ, G.A., TORALES, A. C., QÜESTA, A.G., RODRIGUEZ, S. DEL C.

Inst. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Fac. de Agronomía y Agroindustrias-UNSE. Av. Belgrano 1912. (4200) Santiago del Estero, Argentina.
silviadepece@hotmail.com

Resumen: En este trabajo se evalúa el efecto de diferentes tecnologías (distintos films plásticos, luz UV-C y ozono, asociados con bajas temperaturas), aplicadas en forma combinada en la elaboración de repollo mínimamente procesado, a fin de prolongar su conservación. Para ello se almacenó repollo cortado con las siguientes películas: polietileno de baja densidad de 30 μm , polietileno de baja densidad de 60 μm , polietileno de alta densidad, cloruro de polivinilo y polipropileno. Una vez seleccionado el film en función de la evolución de los parámetros estudiados: pérdida de peso, sólidos solubles, color, acidez, pH, contenido de ácido ascórbico y características sensoriales se realizaron nuevos ensayos donde se evaluó la aplicación de las siguientes dosis de UV-C: 0,6 y 1,2 J/cm^2 y las siguientes concentraciones de ozono gaseoso: 0,5; 1,0; 1,5 y 2 ppm. Periódicamente se evaluó: características organolépticas, fenoles totales, actividad antioxidante y calidad microbiológica del producto, a través del recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales, psicrófilos totales y hongos y levaduras. En función de los parámetros evaluados se propone un diagrama de proceso de elaboración de repollo cortado mínimamente procesado empleando tecnologías de barreras que permitan una mayor conservación del producto.

1. Introducción

La conservación de alimentos mediante la aplicación de tecnologías combinadas es una alternativa de procesamiento en la cual se aplican en forma simultánea o sucesiva las técnicas tradicionales de preservación pero de una manera menos intensa, a fin de mantener las cualidades organolépticas y propiedades nutritivas en el producto final, asegurar la estabilidad y garantizar la seguridad. Las tecnologías combinadas o de barrera que se aplican para la conservación de frutas y hortalizas no requieren el uso de equipos, materiales y procedimientos sofisticados y son relativamente simples (Alzamora et al., 2004).

Por otra parte los vegetales mínimamente procesados (VMP) presentan la desventaja, frente a los productos frescos, que su vida útil es menor debido al procesamiento que han sufrido. Sin embargo, poseen un mayor valor agregado que, desde la perspectiva del productor y de la industria, los hace dignos de ser tenidos en cuenta.

El repollo es una hortaliza de hoja, cuya comercialización en nuestro país, se realiza principalmente en fresco. Desde el punto de vista nutricional se caracteriza por su alto contenido en minerales y vitaminas, especialmente hierro y vitaminas A y C. Es una hortaliza altamente perecedera debido a su alta actividad respiratoria (Kader, 2002) y a su elevada pérdida de agua, que limita su vida útil a menos de 3-4 días a temperatura ambiente y 10-12 días a 0 °C (Cantwell, 2001). Si bien es un producto con baja producción de etileno es altamente susceptible al mismo, lo cual se manifiesta a través del amarillamiento de las hojas, pérdida de antioxidantes solubles tales como vitamina C y glutatión (Hodges y Forney, 2000) y aumento de pudriciones. Por lo tanto, para prolongar su conservación en fresco es necesario reducir la respiración, inhibir la deshidratación y senescencia y controlar la proliferación de microorganismos. Algunos de estos efectos

podrían conseguirse con atmósferas modificadas, pero la extensión de este beneficio a bajas temperaturas aún no es bien conocido (Ko et al., 1996).

En los últimos años, se ha observado una importante demanda por parte de los consumidores de productos más sanos e inocuos, dejando de lado el uso de productos químicos potencialmente nocivos para la salud humana y contaminantes para el medio ambiente. Así, los métodos físicos de conservación y tratamiento postcosecha, tales como la aplicación de ozono, luz UV de onda corta y las atmósferas modificadas activas o pasivas, adquieren mayor relevancia (Artes-Hernandez et al., 2007).

2. Objetivo

Estudiar el efecto de diferentes tecnologías, aplicadas en forma combinada en la elaboración de repollo mínimamente procesado, a fin de prolongar su conservación.

3. Metodología

El repollo (*Brassica oleracea*), libre de defectos, fue cosechado en fincas de la provincia de Santiago del Estero. Se eliminaron las hojas externas de las cabezas del vegetal y la parte interna fue dividida en cuatro partes iguales. Cada cuarto, posteriormente se cortó en tiras de 0,5 cm de ancho, las que fueron lavadas con agua clorada (150 ppm NaClO, 5 min) y escurridas.

En la primera etapa del trabajo se seleccionó el film más adecuado para el envasado. Para ello se realizaron ensayos donde se recubrieron las muestras con las siguientes películas plásticas comerciales: polietileno de baja densidad de 30 μm (PBD 30), polietileno de baja densidad de 60 μm (PBD 60), polietileno de alta densidad (PEAD), cloruro de polivinilo (PVC) y polipropileno (PP). Como control (PERF), el producto fue almacenado en bandejas recubiertas con PDB perforado. Las muestras fueron almacenadas a 3 y 8 °C. Periódicamente se evaluó la pérdida de peso, sólidos solubles (SS), color, acidez, pH, contenido de ácido ascórbico (AA) y características sensoriales empleando un panel entrenado de evaluadores que utilizó una escala estructurada de 9 puntos estableciéndose el valor de 5 puntos como mínimo para ser comercializado.

Una vez seleccionado el film, se realizaron experiencias donde el repollo cortado se sometió a la acción de luz UV-C. Para ello, el producto fue cuidadosamente distribuido en bandejas plásticas y ubicado debajo de lámparas germicidas de UV (TUV G30T8, 30 W, Philips) y fue irradiado a una distancia de 30 cm hasta alcanzar las dosis de 0,6 y 1,2 J/cm². Durante el tratamiento, el producto fue mezclado y rotado a fin de asegurar la incidencia de la luz UV en toda la superficie. La intensidad de la radiación fue medida con un radiómetro digital (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hill, Illinois). Posteriormente el repollo fue envasado (40 g) en bandejas plásticas de PVC y recubiertas con PEBD de 30 μm (film plástico seleccionado en la etapa anterior). Muestras sin tratar se consideraron como control.

Para los tratamientos con ozono, bandejas de PVC con 40 g con el repollo cortado, se sometieron, en un recipiente hermético de plástico, a la acción del ozono durante 10 min, el cual fue generado con un Generador de Ozono Bio3. Modelo: TDZ-1. La concentración de ozono en el recipiente fue determinada con un Medidor: GasAlert O3 Extreme - BW Technology by Honeywell. Se trabajó con las siguientes concentraciones de ozono: 0,5; 1,0; 1,5 y 2 ppm y como control se utilizaron muestras sin tratar.

Las muestras tratadas con ozono y con luz UV-C se almacenaron a 8 °C y periódicamente se evaluaron las características organolépticas, AA, fenoles totales (Singleton et. al., 1999), actividad antioxidante (Brand-Williams et. al., 1995) y calidad microbiológica del

producto, a través del recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales (MT), psicrófilos totales (PT) y hongos y levaduras (HyL) (Banegas y Rodriguez, 2010).

4. Resultados

En los ensayos para determinar el film plástico que permitiera conservar mejor las características generales del repollo, se determinó que la pérdida de peso fue muy baja (< 0,5%) y similar con los distintos films, excepto el PVC (P < 0,05) que al cabo de 10 días de almacenamiento registró una pérdida de peso del 2%, mientras que el control alcanzó una pérdida del 13%.

Los caracteres sensoriales y la temperatura de almacenamiento fueron determinantes en la conservación del repollo mínimamente procesado. En la Figura 1a. se presentan los resultados obtenidos para el atributo Apariencia General observándose que tanto las muestras recubiertas con PVC como el control, a los 15 días de almacenamiento, ya presentaron el mayor deterioro alcanzando puntaje inferiores al establecido como límite de comercialización. El Pardeamiento fue otro atributo importante en la selección del film (Figura 1b.) y los resultados obtenidos fueron similares a los de la apariencia general.

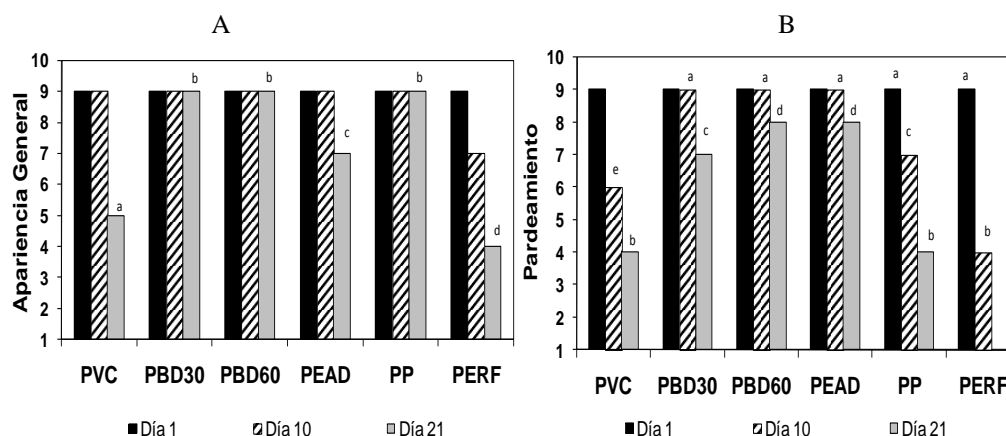


FIGURA 1: A- Apariencia general para repollo mínimamente procesado, envasado en diferentes films a 3 °C. B- Pardeamiento de repollo precortado, envasado en diferentes films a 3 °C.

A partir de estos resultados, se seleccionó el PBD 30 por ser éste de menor costo y estar más difundido en su comercialización en nuestro país.

Con respecto a los parámetros físico-químicos evaluados, en la Tabla 1 se presentan los valores de acidez obtenidos en muestras de repollo cortado recubierto PBD 30 y almacenadas a 3 °C durante 21 días. Como se observa, no hubo variaciones importantes en los valores de acidez determinados durante el tiempo que duró la conservación. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre las muestras conservadas a 3 y 8 °C y recubiertas con los distintos films en la evolución de SS, pH y color.

Al evaluar el contenido de AA se determinó que el contenido inicial en las muestras fue de 12 mg ácido ascórbico/100 g de tejido fresco, y permaneció prácticamente constante a lo largo del almacenamiento no presentando variaciones significativas (P>0,05) en el tiempo que duró la conservación (datos no mostrados).

TABLA 1: Valores de acidez para repollo mínimamente procesado y refrigerado a 3 °C recubierto con PBD 30. $LSD_{(0,05)} = 0,15$. Valores con letras iguales: no hay diferencias significativas.

Tiempo (días)	Acidez (mg Ac. Cítrico / 100 g tejido fresco)
1	1,41 a
4	1,37 a
8	1,46 a, b, c
12	1,60 b,c
16	1,53 a, b, c
21	1,55 a, b

En la segunda etapa del trabajo, al evaluar el efecto de la radiación UV-C, se observó que el pardeamiento en los bordes del producto fue mayor que en el control. Mientras que las muestras de repollo tratadas con 1 y 2 ppm de ozono mantuvieron sus características globales de calidad sensorial y de color, parámetros estos que presentaron una evolución similar al control (datos no mostrados).

En la Tabla 2 se presentan los resultados correspondientes a la evolución de AA en repollo tratado con luz UV-C y con ozono. Se observó que el contenido inicial en el control fue de aproximadamente 13 mg Ac. Ascórbico/100 g de tejido fresco. Luego de realizados los tratamientos con luz UV-C, con ambas dosis, no hubo variaciones significativas en las muestras tratadas, presentando los mismos niveles del valor inicial.

En las muestras tratadas con ozono, sin embargo, se observó que los niveles iniciales de AA fueron mayores cuanto mayor fue la concentración de ozono, alcanzando niveles similares y sin variaciones significativas a partir del segundo día de almacenamiento.

En la Tabla 3 se presenta la evolución de fenoles totales en repollo mínimamente procesado envasado en PEBD 30 y almacenado a 8°C. El contenido de fenoles totales en el control fue de aproximadamente 148 mg Ac. Clorogénico/100 g muestra. Luego de aplicado el tratamiento de luz UV-C se observó que éstos disminuyeron presentando valores inferiores al del control ($P < 0,05$). A su vez los niveles de fenoles en las muestras tratadas con 0,6 J/cm² y con 1,2 J/cm² también fueron significativamente diferentes, presentando, respectivamente, niveles de 136 y 122 mg Ac. Clorogénico/100 g. En las muestras control se observó que hubo una marcada disminución de sus niveles, aproximadamente un 26%, hasta los 2 días de almacenamiento, permaneciendo luego prácticamente constantes hasta el final de la conservación.

Sin embargo, si bien en las muestras tratadas con ozono también hubo una disminución en el nivel de los fenoles hasta el primer día, posteriormente estos compuestos aumentaron lentamente durante el almacenamiento, alcanzando en todas las muestras, valores finales superiores a los iniciales y al control. Comportamiento similar a los fenoles presentó la evolución de la actividad antioxidante en las muestras tratadas tanto con UV-C y con ozono, respectivamente.

TABLA 2: Contenido de ácido ascórbico en repollo mínimamente procesado tratado con de UV-C y Ozono gaseoso, envasado en PEBD 30 y almacenado a 8 °C. $LSD_{(0,05; uv-c)} = 2,5$; $LSD_{(0,05; O3)} = 2,8$.

ACIDO ASCORBICO (mg Ac. Asc. /100 g de muestra)							
UV-C				OZONO			
Tiempo (días)	Control	0,6 j/cm ²	1,2 j/cm ²	0,5 ppm	1,0 ppm	1,5 ppm	2,0 ppm
0	12,91	12,15	12,56	23,60	25,57	27,53	29,50
1	14,30	12,67	12,09	20,83	20,46	19,62	19,16

2	12,71	13,28	12,83	13,10	13,28	13,47	12,53
3	13,99	13,60	13,99	12,96	13,22	12,85	12,35
6	13,13	11,74	12,93	13,30	13,09	12,43	12,26
9	13,90	12,72	13,65	13,43	12,34	12,35	12,45

TABLA 3: Contenido de fenoles totales en repollo mínimamente procesado tratado con diferentes dosis de UV-C y Ozono, envasado en PEBD 30 y almacenado a 8 °C. LSD_(0,05; uv-c) = 2,9; LSD_(0,05; o3) = 2,7.

FENOLES TOTALES (mg Ac. Clorogénico / 100 g muestra)							
UV-C				OZONO			
Tiempo (días)	Control	0,6 J/cm ²	1,2 J/cm ²	0,5 ppm	1,0 ppm	1,5 ppm	2,0 ppm
0	148,29	136,00	122,17	110,30	105,71	120,37	120,27
1	127,77	111,76	112,72	97,44	99,12	114,63	112,85
2	111,42	112,40	113,04	111,25	110,42	123,23	130,07
3	111,58	110,18	111,33	123,12	116,80	136,00	129,28
6	110,17	114,67	117,80	114,49	124,80	127,35	127,95
9	114,47	118,66	118,44	122,09	132,73	138,93	130,31

En la Figura 3 se presenta el recuento de MT para repollo mínimamente procesado tratado con diferentes dosis de luz UV-C y ozono, almacenado a 8 °C. En las muestras tratadas con UV-C prácticamente no se observaron diferencias significativas entre éstas y las muestras control. Los recuentos superaron las 10⁶ UFC/g a los 9 días de almacenamiento.

Las muestras tratadas con ozono presentaron recuentos inferiores de aproximadamente 0,5-0,8 Log respecto del control, en todos los microorganismos evaluados, a partir del tercer día de almacenamiento. A los 12 días el recuento de psicófilos alcanzó el nivel de 10⁶ UFC/g (Figura 8-B), limitando el tiempo de conservación del producto.

Los recuentos de las muestras tratadas con ozono alcanzaron un orden logarítmico inferior que las tratadas con UV-C a los 12 días de almacenamiento, en todos los recuentos realizados, incluso en hongos y levaduras.

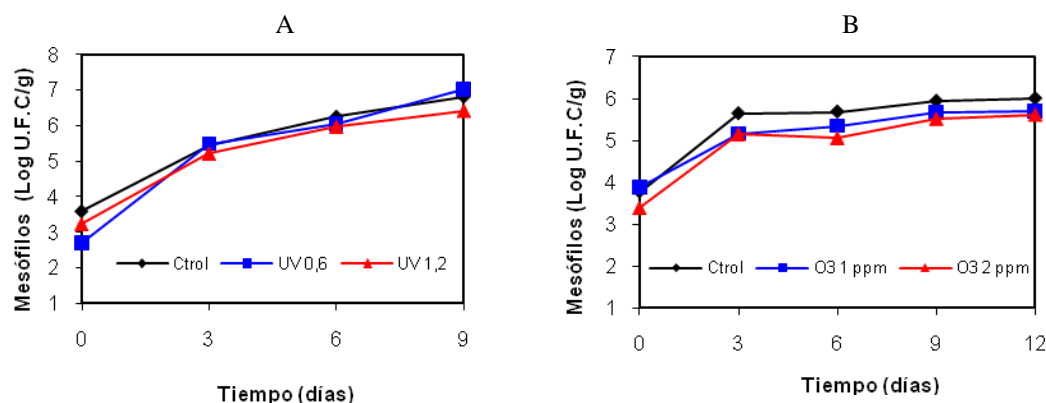


FIGURA 2: a) Recuento de MT en repollo mínimamente procesado: A- tratado con diferentes dosis de UV-C; B- tratado con diferentes dosis de Ozono gaseoso.

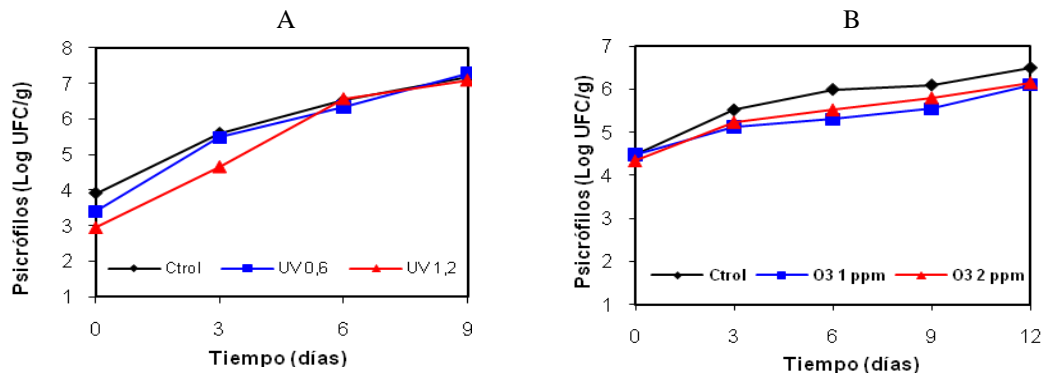


FIGURA 3: a) Recuento PT en repollo mínimamente procesado A: tratado con diferentes dosis de UV-C; B- tratado con diferentes dosis de Ozono.

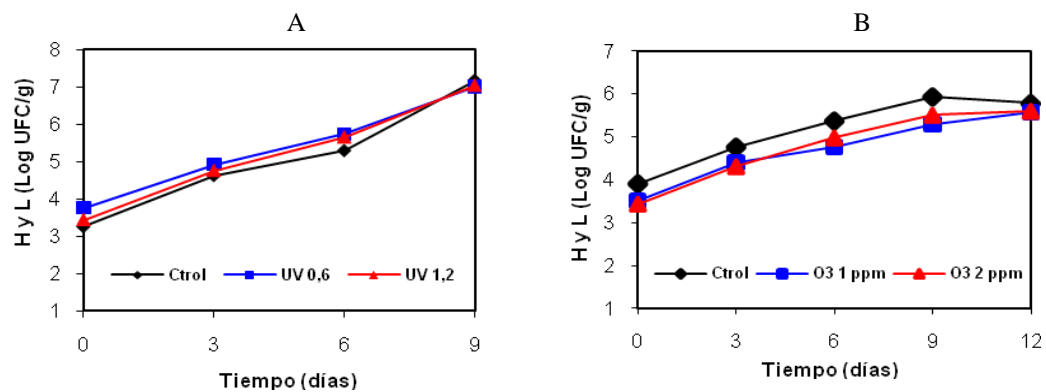


FIGURA 4: Recuento de H y L en repollo mínimamente procesado: A: tratado con diferentes dosis de UV-C; B- tratado con diferentes dosis de Ozono.

5. Conclusiones

En función de los resultados obtenidos se propone el diagrama de proceso de elaboración para repollo cortado mínimamente procesado empleando tecnologías de barreras combinadas (Figura 5), que permiten conservar el producto por 12 días con buenas condiciones de calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial.

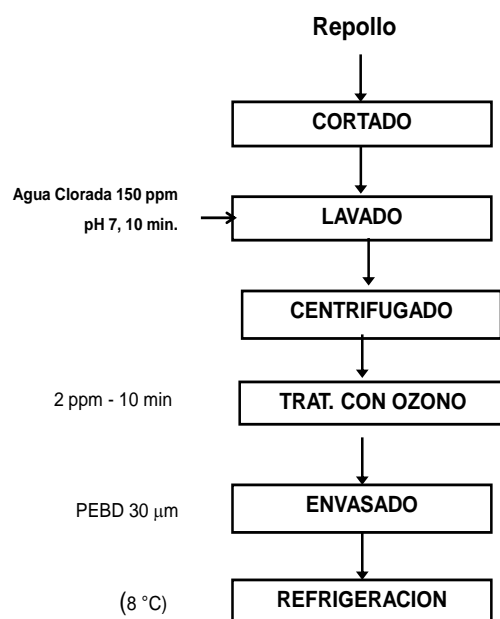


FIGURA 5: Diagrama de bloques de proceso de elaboración propuesto de repollo MP.

6. Bibliografía

- Alzamora, S. M.; Guerrero, S. N.; Nieto, A. B.; Vidal, S. L. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación. F.A.O.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Artés, F., Tomás-Barberán, F. (2007). Enriched ozone atmosphere enhances bioactive phenolics in seedless table grapes after prolonged shelf life. *Journal of Science and Food Agriculture*. 87: 824–831.
- Banegas, M. R. y Rodriguez, S. (2010). Combinación de sanitizantes para retrasar el desarrollo microbiológico de anco mínimamente procesado. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA V. 1*: 530-534.
- Brand-Williams, W, Cuvelier M. E. and Berset C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Cantwell, M. (2001). Características y condiciones recomendadas para el almacenamiento por tiempo largo de frutas y hortalizas frescas. Web site of UC Davis.
- Carvalho, C.R.L.; Mantovani, D.M.B.; Carvalho, P.R.N.; Moraes, R.M. (1990). Análises químicas de alimentos. Campinas: ITAL.
- Hodges, D.M.; Forney, C.F. (2000). The effects of ethylene, depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves. *Journal of Experimental Botanical*. 51: 645-655.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of horticultural crops*. Third Edition. University of California. Publication 3311. Cap. 4.
- Ko, N.P.; Watada, A.E.; Schlimme, D. V.; Bouwkamp, J.C. (1996). Storage of spinach under low oxygen atmosphere above the extinction point. *Journal of Science*, 61(2): 398-406.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent; *Methods in Enzymology*. Vol. 299.

53TCA. INFLUENCIA DE PRETRATAMIENTOS CON OZONO GASEOSO Y LUZ UV-C EN LA CONSERVACION DE RÚCULA CORTADA

GUTIERREZ, D. R.¹; TORALES, A. C.¹; CHAVES, A. R.²; RODRÍGUEZ, S. DEL C.¹

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) Santiago del Estero - Argentina.

E-mail: silviadepece@hotmail.com

2. CIDCA-CONICET-UNLP. 47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina

Resumen: El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de pretratamientos con luz UV-C y ozono gaseoso en la calidad de hojas de rúcula mínimamente procesada. Hojas cortadas se irradiaron con las siguientes dosis de luz UV-C: 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 J/cm² y con ozono gaseoso con las siguientes concentraciones 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 mg/L. El producto acondicionado en bandejas y recubierto con Polipropileno se almacenó a 5°C durante 12 días. Periódicamente se evaluó: características organolépticas (apariencia, marchitamiento, desarrollo de podredumbres y pérdida de color y olor característico), color (L*, a* y b*), sólidos solubles, acidez y ácido ascórbico (AA).

Al analizar en conjunto los descriptores analizados a través del análisis sensorial se determinó que las dosis de UV-C más adecuadas serían 1,5 y 1,0 J/cm² y para ozono 1,0; 1,5 y 2,0 mg/L. En las muestras tratadas con 0,5 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 12%, con 1 J/cm² un 19%, con 1,5 J/cm² 30% y en las tratadas con 2,0 J/cm² hasta un 40%. En el caso del ozono para la concentración de 0,5 y 1,0 mg/L el nivel de AA disminuyó aproximadamente un 10% y para las concentraciones de 1,5 y 2,0 mg/L un 5%. En función de los parámetros evaluados se podrían aplicar las dosis de UV-C de 1,0 y 1,5 J/cm² y concentraciones de ozono de 1,5 y 2,0 mg/L en estudios posteriores, a fin de diseñar un proceso de elaboración para rúcula precortada con el fin de prolongar su vida útil con cargas microbianas lo más bajas posibles y acordes a este tipo de producto.

1. Introducción

La rúcula (*Eruca sativa*, Mill) es una hortaliza que pertenece a la familia de las coles. En la década de los 90 se inició el cultivo a gran escala tanto al aire libre como en invernaderos en Argentina y actualmente su consumo se ha incrementado así como en países europeos. Se la distingue por su sabor amargo agradable y característico y por su contenido de fitonutrientes, con potencial saludable (Barillardi et al., 2005). En el mercado local se la comercializa generalmente en atados y en pocos supermercados en bandejas recubiertas con film autoadherente, sola o mezclada con otras hortalizas. Cantwell (2001) recomienda para la conservación de esta hortaliza una temperatura de almacenamiento 0-1°C y una HR del 95-100%.

Los vegetales mínimamente procesados (VMP), también conocidos como productos de la IV gama, han cobrado gran relevancia a nivel mundial ya que los consumidores prefieren productos de alta calidad y listos para ser empleados o consumidos. Los VMP, frente a los productos frescos, presentan la desventaja de que su vida útil es menor debido al procesamiento que han sufrido.

Una de las innovaciones tecnológicas surgida en los últimos tiempos, encaminada a preservar la calidad del producto vegetal cortado y listo para consumir es el empleo de la radiación UV-C, de una longitud de onda de 254 nm, la cual tiene un efectivo poder

germicida. Se trata por tanto de una radiación no ionizante (tratamiento físico que no deja residuos) con efecto microbicida por dañar el ADN microbiano, llegando a causar la muerte celular, sin alterar la estructura de las células vegetales (Artes et al., 2006). La eficacia de la radiación UV-C no parece depender de la temperatura en el rango de 5-37°C, pero sí de la incidencia sobre el producto (Ben-Yehoshua y Mercier, 2005).

En los últimos años se han llevado a cabo muchos estudios para conocer el efecto de la luz UV-C en diferentes vegetales, con el propósito de reducir la carga microbiana superficial de los vegetales, controlar enfermedades, retardar procesos relacionados con la maduración (Barka et al., 2000) y, también, para estudiar cómo el estrés provocado por esta irradiación afecta el desarrollo del daño por frío en algunos productos sensibles (Vicente et al., 2005). Sin embargo hay pocos estudios relacionados con el efecto de tratamientos de luz UV-C de corta duración en hortalizas de hojas cortadas.

Por otra parte, algunos investigadores han realizado estudios con ozono gaseoso y ozono disuelto en agua, como una alternativa para llevar a cabo la sanitización de frutas y hortalizas durante su preparación para ser comercializados frescos y en productos precortados (Aguayo et al., 2006; Artes-Hernandez et al., 2009).

Es importante tener en cuenta que seleccionar la forma adecuada de aplicación e intensidad de cualquier tratamiento para un vegetal depende del tipo de cultivar, estado fisiológico y sus características particulares. La información sobre rúcula precortada es escasa, y más aún la aplicación de diferentes pretratamientos tal como la luz UV-C y ozono, y el efecto sobre la calidad y conservación.

2. Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación del ozono y de radiación UV-C en la calidad, durante el almacenamiento refrigerado, de rúcula cortada mínimamente procesada.

3. Materiales y métodos

Se trabajó con rúcula obtenida en la provincia de Santiago del Estero. Las hojas fueron cosechadas y seleccionadas, lavadas con agua potable, cortadas en tiras de 1 cm y desinfectadas con solución de HClO (150 ppm, 5 min). Para la aplicación de diferentes dosis de luz UV-C el producto fue cuidadosamente distribuido en bandejas plásticas y ubicado debajo de lámparas germicidas de UV (TUV G30T8, 30 W, Philips) y fue irradiado a una distancia de 30 cm hasta alcanzar las dosis de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 J/cm². El producto fue mezclado y rotado a fin de asegurar la incidencia de la luz UV en toda la superficie. La intensidad de la radiación fue medida por un radiómetro digital (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hill, Illinois). Posteriormente las hojas cortadas se envasaron en bandejas plásticas de PVC (40 g) y se recubrieron con polipropileno (PP) de 30 µm.

Para los tratamientos con ozono, bandejas de PVC con 40 g con hojas del vegetal cortado, se confinaron en un recipiente hermético con la concentración deseada de ozono (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 ppm) durante 10 min. Este gas fue generado en un Generador de Ozono Bio3. Modelo: TDZ-1. La concentración de ozono en el interior de recipiente fue determinada con un Medidor: Gas Alert O₃ Extreme - BW Technology-Honeywell.

Luego del tratamiento las bandejas se recubrieron con PP.

Como control, en ambos casos, se almacenaron muestras sin tratar y se recubrieron con el mismo film. Todas las bandejas se conservaron por 12 días a 5°C. Periódicamente se tomaron muestras y se analizaron los siguientes parámetros:

- Análisis Sensorial: Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 9

puntos. Se evaluaron los siguientes descriptores: apariencia, podredumbres por enfermedades fisiológicas y/o por desarrollo microbiano (decay) y color. Se establecieron como límite de aceptabilidad para su comercialización para los descriptores apariencia general y decay, el valor de 6 puntos (Rodríguez y Questa, 2009). Para color, en el que se empleó una escala de evaluación de 5 puntos, el límite fue el valor de 3 puntos.

- Acidez Total: Según AOAC Official Method 942.15. Los resultados se expresan en mg de ácido cítrico / 100 g de tejido fresco.

- Sólidos Solubles: Se determinaron por refractometría, empleando un refractómetro manual Index Instrumens Ltd. Ref. 113 (0-32 °Brix).

- Medición de color: El color superficial de las hojas cortadas de rúcula fue determinado midiendo los parámetros L^* , a^* y b^* con un colorímetro (Minolta CR 300) cubriendo un área de 5 mm^2 . El Hue se calculó como $\tan^{-1}(b/a)$, cuando $a > 0$ y $b > 0$, o como $\tan^{-1}(b/a) + 360$, cuando $a < 0$ y $b > 0$. Asimismo, se calculó el grado de saturación del color o Croma a partir de los valores de los parámetros a^* y b^* de acuerdo a la siguiente expresión: $\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

- Acido ascórbico (AA) según la metodología de Carvalho et al. (1990). Expresándose los resultados como mg de ácido ascórbico / 100 g de tejido fresco.

4. Resultados y discusión

La vida útil de los vegetales listos para consumir, así como el deterioro del producto por el proceso de senescencia, puede ser determinada a través de la evaluación sensorial de los productos, siendo necesario aplicar la metodología adecuada para estas pruebas (Rodríguez y Questa, 2009). Así, uno de los principales factores de la calidad de estos alimentos es la apariencia general, ya que es uno de los primeros atributos que impacta al consumidor. Así, en estudios realizados por Torales y Rodríguez (2009), se determinó que los principales atributos de calidad para la rúcula cortada mínimamente procesada, que determinan su conservación, son la apariencia general, decay y pérdida de color verde característico. Estos mismos autores determinaron también que el film que permitió conservar mejor la calidad global del producto al cabo de los 15 días fue el polipropileno.

En la Figura 1 A y B se presenta la evolución de la apariencia general y del color en hojas cortadas de rúcula mínimamente procesada sometidas a diferentes dosis de luz UV-C y conservadas a 5°C. Como puede observarse las dosis aplicadas de luz UV-C no ejercieron un efecto negativo, ya que en general todas las muestras presentaron valores similares y próximos a 7, aún a los 12 días de conservación. Sin embargo el control y la dosis de $1,5 \text{ J/cm}^2$ fueron significativamente diferentes del resto y fueron las que mantuvieron la apariencia general del producto en valores más altos. En las muestras tratadas con ozono, se observó que las concentraciones de 0,5 y 2,0 ppm fueron las que presentaron los mayores valores y significativamente diferentes de apariencia general durante el almacenamiento (datos no mostrados).

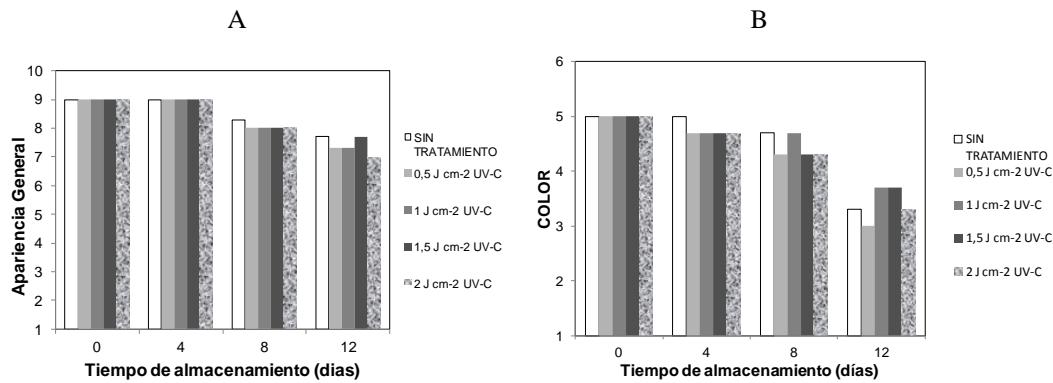


Figura 1: Evolución de: apariencia general (A) y de color (B) de rúcula mínimamente procesada pretratada con diferentes dosis de luz UV-C. (A)- 9: excelente, 7: bueno, 6: limite de comerciabilidad, 5: regular, 3: malo, 1: muy malo. (B)- 5: verde intenso, 4: verde, 3: verde amarillento (no más del 50%), 2: verde amarillento (>50%), 1: > del 75 % amarillo). (A) $LSD_{(0,05)} = 0,4$ (B) $LSD_{(0,05)} = 0,5$.

Uno de los principales factores del acortamiento de la vida comercial de la rúcula es el amarillamiento de las hojas, debido a la pérdida de clorofila (Koukounaras et al., 2007). Como puede observarse en la Figura 1 B, las dosis de 1,0 y 1,5 J/cm² permitieron, aparentemente, conservar por más tiempo el color verde característico de las hojas. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el control y las diferentes dosis aplicadas.

Al evaluarse el decay se observó que con ozono no hubo diferencias importantes entre las muestras tratadas con las distintas concentraciones. Si se encontraron diferencias significativas entre la dosis de 2 ppm y el control, el cual presentó valores inferiores y cercanos a 7. Las muestras tratadas con UV-C presentaron al cabo de los 12 días puntajes superiores a 7, presentando los mayores valores ($P < 0,05$) las muestras tratadas con 1,0 y 1,5 J/cm², con puntajes de aproximadamente 8.

Las principales características que definen la calidad organoléptica de los vegetales son: la apariencia fresca, una textura aceptable, buen sabor y olor (Rodríguez y Questa, 2009). Al analizar en conjunto los descriptores analizados a través del análisis sensorial, se puede resumir que las dosis más adecuadas de luz UV-C serían las de 1,5 y 1,0 J/cm² y las de ozono la concentración de 2 ppm.

Al evaluar el color, se determinó que L* al inicio del almacenamiento, en todas las muestras, presentó valores de aproximadamente 96, posteriormente este parámetro descendió a valores próximos a 65 al cabo de los 4 días y luego se mantuvo en ese nivel hasta el final de la conservación, no encontrándose diferencias importantes entre los valores alcanzados entre las muestras tratadas con las diferentes dosis de UV-C (Figura 2 A). No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las muestras tratadas con las diferentes concentraciones de ozono y entre las tratadas con UV-C (datos no mostrados).

Estos datos son coincidentes con los encontrados por Artes-Hernandez et al. (2009) en espinacas, en las que observó una disminución de la luminosidad durante el almacenamiento refrigerado, probablemente debido al daño del tejido superficial en las hojas tratadas con UV-C con las siguientes dosis 0,45, 0,80 y 1,13 J/cm².

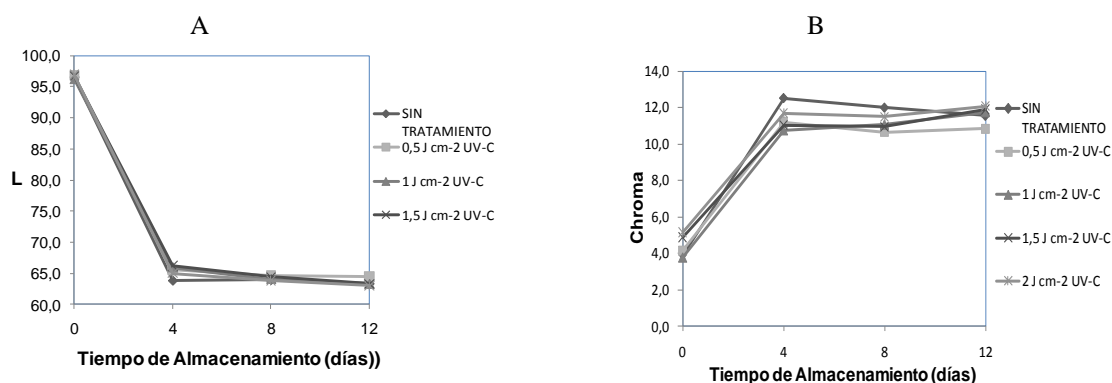


Figura 2: Evolución de L* (A) y Evolución del Chroma (B), en hojas cortadas de rúcula sometidas a diferentes dosis de luz UV-C y posteriormente almacenadas a 5°C. A- $LSD_{(0,05)} = 4,1$. B- $LSD_{(0,05)} = 0,7$.

Al evaluar la evolución del Chroma (Figura 2 B) se observó que en general la tendencia fue la de un ligero aumento para todas las muestras en los primeros días, manteniéndose posteriormente sin variaciones importantes hasta el final del almacenamiento. No se encontraron diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas con luz UV-C y las tratadas con ozono.

Al analizar la evolución del Hue tampoco se encontraron diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas y entre las muestras tratadas con ozono y UV-C, permaneciendo en niveles prácticamente constantes durante todo el almacenamiento. Estos datos son coincidentes con los obtenidos por Torales y Rodríguez (2010), quienes encontraron un comportamiento similar en rúcula mínimamente procesadas, recubierta con bolsas de polipropileno y almacenada a 6°C.

Al evaluar la evolución de los sólidos solubles en las muestras tratadas con UV-C y ozono se observó que luego del tratamiento no hubo efecto sobre este parámetro. Durante el almacenamiento refrigerado se observó que en todas las muestras tratadas con UV-C hubo una ligera disminución significativa en el tiempo encontrándose al final de la conservación una reducción de aproximadamente entre el 25-35%. Sin embargo, en las muestras tratadas con ozono no se encontraron variaciones significativas a lo largo del almacenamiento refrigerado. Por otra parte, se analizó la evolución del contenido de acidez de las distintas muestras no encontrándose diferencias significativas entre ellas así como tampoco en el tiempo que duró el almacenamiento tanto para las muestras tratadas con UV-C como con ozono, permaneciendo en valores aproximados de 0,11 mg ác. cítrico/100 g tejido fresco.

Al analizar el contenido de ácido ascórbico luego de realizados los tratamientos con luz UV-C y en las muestras control, se determinó que la irradiación tuvo un efecto inmediato sobre este parámetro, reduciéndolo en niveles mayores a medida que la intensidad de la radiación aplicada aumentó. Así, luego del tratamiento, en las muestras irradiadas con la dosis 0,5 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 12%, en las tratadas con 1 J/cm² un 19%, con 1,5 J/cm² aproximadamente 30% y en las tratadas con 2,0 J/cm² disminuyó hasta un 40%.

En la Figura 3 se presenta la evolución de ácido ascórbico, en valores relativos (C/C_0), siendo C_0 la concentración inicial de AA del control al tiempo inicial. En la gráfica A, se puede observar que las muestras tratadas con UV-C redujeron su nivel inmediatamente de tratadas, sin embargo durante el almacenamiento refrigerado, si bien hubo una disminución paulatina también en todas las muestras, el porcentaje de reducción fue inferior al control. Es así que en las muestras tratadas con 0,5; 1,0 y 2,0 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 50% al final de la conservación, mientras que en las muestras tratadas

con $1,5 \text{ J/cm}^2$ disminuyó aproximadamente 30%. De esta forma a los 12 días no hubo diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas con $1,5 \text{ J/cm}^2$.

En los tratamientos con ozono (Figura 3 B) se determinó que el contenido de AA también se redujo, pero a diferencia de las muestras tratadas con UV-C, los niveles de reducción fueron menores. Así, luego del tratamiento, en las muestras tratadas con 0,5 y 1,0 mg/l O_3 el AA disminuyó aproximadamente un 10%, y las tratadas con 1,5 y 2,0 mg/l disminuyeron aproximadamente un 5%. Al final del almacenamiento se determinó que en las muestras tratadas con 0,5 y 1,0 mg/l O_3 el nivel de AA disminuyó aproximadamente un 50%, mientras que para las concentraciones de 1,5 y 2,0 mg/l un 15%, encontrándose diferencias significativas entre estas dosis y el control (reducción del 60%).

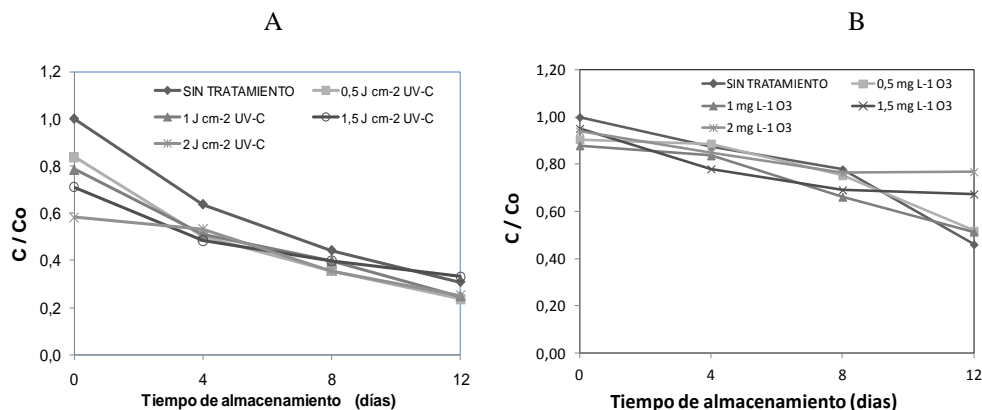


Figura 3: Evolución de AA en hojas cortadas de rúcula: A- tratadas con luz UV-C; B- tratadas con O_3 , almacenadas a 5°C . A- $\text{LSD}_{(0,05)} = 0,5$. B- $\text{LSD}_{(0,05)} = 0,12$.

En los vegetales cortados listos para consumir, el objetivo principal del uso de luz UV-C y del ozono es el de reducir la carga microbiana superficial. Por lo tanto, es importante determinar en primer lugar la mayor dosis que puede emplearse para cada caso en particular, que a su vez permita conservar los otros parámetros que definen la calidad del vegetal. Por lo tanto es importante evaluar las características organolépticas así como nutricionales.

5. Conclusiones

En función de los parámetros evaluados en este trabajo (el cual representa la primera parte de un estudio más completo), se podrían aplicar las dosis de 1,0 y de $1,5 \text{ J/cm}^2$ de luz UV-C y 2 ppm de ozono en estudios posteriores, a fin de diseñar un proceso de elaboración para rúcula precortada con el fin de prolongar su vida útil con cargas microbianas lo más bajas posibles y acordes a este tipo de producto.

6. Bibliografía

- Aguayo, E.; Escalona, V.; Artés, F. (2006). Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 166-177.
- AOAC 15th ED. (1993). Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.
- Artes, F.; Conesa, A.; López-Rubira, V.; Artés-Hernandez, F. (2006). UV-C treatments for improving microbial quality in whole and minimally processed bell

pepers. En: The use of UV as a postharvest treatment: Status and prospects. Edit. Antalya Kros Ofset -Yakup Kublay. 12-17.

- Artés-Hernández, F.; Escalona, V.H.; Robles, P.A.; Martínez-Hernández, G.B.; Artés, F. (2009). Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(3): 414-421.
- Barillari, J.; Canistro, D.; Paolini, M.; Ferroni, F.; Pedulli, G.F.; Iori, R.; Valgimigli, L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475-2482.
- Barka, E.A.; Kalantari, S.; Makhlouf, J.; Arul J. (2000). Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 667-671.
- Ben-Yehoshua, S.; Mercier, J. (2005). UV irradiation, biological agents and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. En: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Edit: CRC Taylor & Francis. Boca Raton. Florida. 265-299.
- Cantwell, M. (2001). Properties and recommended conditions for long-term storage of fresh fruits and vegetables. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/properties-scient.pdf>.
- Carvalho, C.R.L.; Mantovani, D.M.B.; Carvalho, P.R.N.; Moraes, R.M. (1990). Análisis químicos de alimentos. Campinas: ITAL.
- Koukounaras A, Siomos A S, Sfakiotakis E. (2007). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 46 167-173.
- Rodríguez, S. del C.; Questa, A.G. (2009). Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados. *Trabajos Completos del CLICAP*. 1-7.
- Torales, A.C.; Rodríguez, S. del C. (2009). Efecto de películas plásticas en la conservación refrigerada de rúcula (*Eruca sativa*, Mill) mínimamente procesada. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 2: 60-65.
- Torales, A.C.; Rodríguez, S. del C. (2010). Efecto de Películas plásticas en Parámetros fisiológicos relacionados con la capacidad antioxidante y senescencia de rúcula mínimamente procesada. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 571-577.
- Vicente, A.R.; Pineda, C.; Lemoine, L.; Civello, P.M.; Martinez, G.A.; Chaves, A.R. (2005). UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 69-78.

54TCA. CONSERVACION REFRIGERADA DE RUCULA CON PELÍCULAS PLÁSTICAS. INFLUENCIA EN LA SENESCENCIA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.

TORALES, A. C.¹; CHAVES, A. R.²; RODRÍGUEZ, S. del C.¹

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) Santiago del Estero - Argentina.

E-mail: silviadepece@hotmail.com

2. CIDCA-CONICET-UNLP. 47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina

Resumen: El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres películas plásticas comerciales en algunos parámetros relacionados con la capacidad antioxidante y senescencia de rúcula cortada mínimamente procesada. Se trabajó con hojas de rúcula cortadas en tiras de 1 cm e higienizadas con agua clorada, las que se acondicionaron en bandejas plásticas y recubrieron con las siguientes películas plásticas: Policloruro de polivinilo (PVC), Polietileno de baja densidad de 30 µm de espesor (PEBD30) y Polipropileno (PP). Como control se recubrió con PEBD30 perforado. Las bandejas se almacenaron a 6°C durante 15 días y periódicamente se extrajeron muestras para evaluar los siguientes parámetros: composición gaseosa de las bandejas, características organolépticas (apariencia, marchitamiento y pérdida de color característico), color (L*, a* y b*), ácido ascórbico, fenoles totales, clorofila, carotenoides totales y poder antioxidante. El ácido ascórbico disminuyó significativamente durante el almacenamiento, al igual que el contenido de fenoles y poder antioxidante. El film que permitió conservar mejor el color y la calidad global del producto al cabo de los 15 días fue el PP, no encontrándose diferencias significativas, en estos parámetros, con los otros films a tiempos de conservación inferiores a los 10 días.

1. Introducción

Los hábitos de alimentación humana en nuestro país y a nivel mundial han cambiado mucho en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y listos para consumir, como los mínimamente procesados (MP), también denominados de la “IV gama”. Así, la oferta de productos MP ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías emergentes y sostenibles a fin de garantizar la calidad sensorial y nutritiva, al mismo tiempo que la seguridad alimentaria.

Los principales factores, que afectan directamente en la calidad de los vegetales MP, son el cultivar, el estado de madurez al momento de la recolección, la manipulación postcosecha, el acondicionamiento de la materia prima, así como las condiciones de almacenamiento del producto elaborado. Es así que un sistema de embalaje adecuado es fundamental para la conservación, pues debe contener y proteger el producto desde el procesamiento hasta el consumo final, con buena presentación y sin la pérdida de su calidad. Por lo tanto, la elección adecuada del envase se vuelve fundamental en el proceso de elaboración (Martin-Belloso y Rojas-Grau, 2005). Generalmente, los embalajes más utilizados para los vegetales de este tipo son las películas plásticas tales como el policloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta o baja densidad, el polipropileno (PP) y otros films multicapa (Zagory, 1998).

La rúcula (*Eruca sativa*, Mill) es una hortaliza que pertenece a la familia de las coles, y en la década de los 90 se inició el cultivo a gran escala tanto al aire libre como en invernaderos en nuestro país. Actualmente su consumo se ha incrementado y en países europeos se la distingue por su sabor amargo agradable y característico así como por su contenido de fitonutrientes con potencial saludable (Barillardi et al., 2005).

Por otra parte, en los últimos años ha habido un interés creciente en la caracterización de fitoquímicos antioxidantes debido a sus diferentes propiedades bioactivas en alimentos vegetales (Dillard y German, 2000; Shetty y McCue, 2003). Resultados de investigaciones recientes han demostrado que los diversos compuestos fenólicos presentes en las frutas y hortalizas son responsables de la alta capacidad antioxidante encontrada en estos productos (Proteggente et al., 2002).

2. Objetivo

Evaluar la influencia de películas plásticas comerciales en algunos parámetros fisiológicos relacionados con la senescencia y capacidad antioxidante de rúcula cortada mínimamente procesada.

3. Materiales y Métodos

Se trabajó con rúcula obtenida de la provincia de Santiago del Estero. Las hojas fueron cosechadas y seleccionadas, lavadas con agua potable, cortadas en tiras de 1 cm, desinfectadas con solución de HOCl (150 ppm, 5 min) y envasadas en bandejas plásticas. Las bandejas fueron divididas en 4 lotes y cada lote (formado por 20 bandejas) se recubrió con las siguientes películas plásticas: PVC, PP y polietileno de baja densidad de 30 mm (PEBD 30). Como control se almacenó el producto con PEBD perforado. Las bandejas se almacenaron en cámaras de refrigeración a 6°C, a fin de simular condiciones de venta en supermercados. Se tomaron muestras a los 0, 4, 8, 12 y 15 días y se analizaron los siguientes parámetros:

- Análisis Sensorial: Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 9 puntos. Para evaluar el producto los jueces previamente valoraron los atributos del producto y definieron los descriptores que permiten caracterizar el proceso de senescencia del producto (datos no mostrados). Se acordó en evaluar los siguientes descriptores: apariencia, grado de marchitamiento y color. Se estableció como límite de aceptabilidad para su comercialización para todos los descriptores el valor de 5 puntos (Jacxsens et al., 2002; Rodríguez y Questa, 2008 y 2009).
- Composición gaseosa de las bandejas: La concentración de oxígeno y de dióxido de carbono del interior de las bandejas se determinó tomando muestras del espacio de cabeza de las mismas e inyectándolas en un cromatógrafo gaseoso (SRI 8610C, EUA) equipado con una columna concéntrica CTRI y un detector de Conductividad Térmica.
- Medición de color: Los parámetros de color L*, a* y b* se determinaron con un colorímetro (MINOLTA CR 300, Osaka, Japón), calculándose el Croma y el Hue.
- Acido ascórbico (AA): Se realizó según la metodología de Carvalho et al. (1990).
- Fenoles Totales: Determinados según la metodología de Singleton et al. (1999).
- Actividad Antioxidante: Según la metodología de Brand-Williams et al. (1995).
- Contenido de clorofila y carotenoides: El contenido de clorofila a, b y total, así como los carotenoides totales fueron determinados espectrofotométricamente de acuerdo a Lichtenthaler (1987), a partir de extractos de acetona: agua (80:20)
- Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos: Las experiencias se realizaron según un diseño factorial. Se llevaron a cabo por lo menos cuatro ensayos de

almacenamiento y las determinaciones se efectuaron por triplicado para cada tiempo y film empleado. Los resultados fueron analizados por medio de un Análisis de Varianza.

4. Resultados y Discusión

El principio de la conservación de vegetales con atmósferas modificadas pasivas (AMP) se basa en que en ambientes con baja concentración de oxígeno la velocidad de respiración del producto disminuye. Es así que, en general, cuando la concentración de oxígeno cae hasta alrededor del 10%, la respiración comienza a disminuir. El objetivo de las AMP es alcanzar un balance adecuado entre diferentes variables de forma tal que se alcance rápidamente el equilibrio con concentraciones benéficas de oxígeno y de dióxido de carbono. Este equilibrio ocurre cuando la respiración del vegetal consume el oxígeno a la misma velocidad que el film permite ingresar al interior del envase y la respiración del producto produce CO₂ a la misma velocidad que la película plástica permite salir (Zagory, 1998).

En la Tabla 1, se muestran los valores de la concentración gaseosa en el interior de las bandejas, donde se puede observar al cabo de las 24 h de almacenamiento, los niveles de O₂ fueron inferiores al 9%, disminuyendo lentamente hasta los 7 días, a partir del cual permanecieron prácticamente constantes hasta el final del almacenamiento. Las muestras recubiertas con PP y PVC fueron las que presentaron durante el almacenamiento menor concentración de O₂ y mayor concentración de CO₂ (2-3%), siendo significativamente diferentes de las recubiertas con PEBD 30.

TABLA 1: Evolución de la concentración de O₂ (A) y de CO₂ (B) en bandejas de rúcula cortada recubierta con distintas películas plásticas y almacenadas a 6 ° C. LSD_(0,05)= 0,3

Tiempo de almacenamiento (d)	O ₂ (%)			CO ₂ (%)		
	PEBD 30	PP	PVC	PEBD 30	PP	PVC
0	21,0	21,0	21,0	0,03	0,03	0,03
1	8,5	7,7	7,8	0,98	1,72	1,40
2	8,1	7,1	7,7	1,10	2,78	1,56
5	7,6	6,3	6,7	0,55	2,89	2,12
6	7,6	6,3	6,7	0,60	2,95	2,10
7	5,6	4,9	6,9	0,60	2,10	1,40

La vida útil de los vegetales listos para consumir, así como el deterioro del producto por el proceso de senescencia, puede ser determinada a través de la evaluación sensorial de los productos, siendo necesario aplicar la metodología adecuada para estas pruebas (Rodríguez y Questa, 2008). Así, uno de los principales factores de la calidad de estos alimentos es la apariencia general, ya que es uno de los principales atributos que impacta en el consumidor. En nuestros estudios el film que permitió retener mejor el aspecto global del producto fue el polipropileno. No se encontraron diferencias significativas entre las muestra recubiertas con PEBD 30 y PVC.

El amarillamiento de las hojas es uno de los principales factores del acortamiento de la vida comercial de la rúcula, debido a la pérdida de clorofila (Koukounaras et al., 2007). En la Figura 1 se muestra la evolución del color de las hojas cortadas de rúcula, caracterizadas fundamentalmente por su color verde brillante.

Como puede observarse el film que permitió conservar por más tiempo el color verde característico de las hojas fue el PP, el que aún luego de los 15 días de almacenamiento

permaneció verde, al contrario de las recubiertas con PEBD 30 y PVC las que luego de los 12 días comenzaron a amarillarse tenuemente.

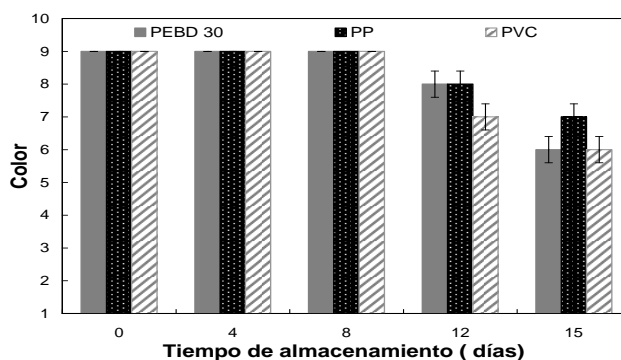


Figura 1: Evolución del color de rúcula MP almacenada con distintos films plásticos. $LSD_{(0,05)} = 0,5$. (9: Verde intenso, 7: verde, 5: v. amarillento (< 20%), 3: verde amarillento (< 50%), 1: > del 75 % amarillo).

Al evaluarse el grado de marchitamiento se observó que no hubo diferencias apreciables en el producto cubierto con los distintos films y al cabo de los 15 días todas las bandejas obtuvieron puntajes de aproximadamente 8.

Es importante destacar que en los gráficos no se presentan los valores correspondientes a las bandejas recubiertas con el film perforado (controles) ya que al cabo de los 4 días de conservación el producto ya no era comercializable por su apariencia, marchitamiento, pérdida del olor característico y grado de amarillamiento, por lo tanto se consideró innecesario seguir evaluando este producto.

Los principales atributos que definen la calidad organoléptica de los vegetales son que tengan una apariencia fresca, una textura aceptable, buen sabor y olor (Rodríguez y Questa, 2009). Al analizar en conjunto los descriptores evaluados a través del análisis sensorial de este estudio, se puede resumir que el film más adecuado para el almacenamiento a la temperatura que se realizó el estudio sería el polipropileno.

Al evaluar la evolución del color en forma objetiva, se determinó que el parámetro L^* , al inicio del almacenamiento, para todas las muestras presentó valores de aproximadamente 93, posteriormente al cabo de los 3 días de almacenamiento este parámetro descendió a valores próximos a 75 y se mantuvo en ese valor hasta el final del almacenamiento, no encontrándose diferencias importantes entre los valores alcanzados con los distintos films a lo largo del almacenamiento (datos no mostrados).

Al evaluar la evolución del Chroma se observó que en general la tendencia fue la de un ligero aumento para todas las muestras recubiertas con los distintos films. Luego de los 8 días los valores correspondientes a las muestras con PP fueron significativamente superiores de las restantes. Al analizar la variación del Hue se encontró que inicialmente las muestras presentaron un valor de 117, notándose una disminución significativa ($P < 0,05$) para todos los casos luego de los 8 días de almacenamiento, salvo para PP que se mantuvo en el valor inicial.

Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Koukounaras et al. (2007) quienes observaron una ligera disminución de los valores de Hue y ligero aumento del Chroma en hojas enteras de rúcula almacenadas a 5°C con 95% HR.

Al estudiar la evolución de clorofila y carotenoides totales (Figura 2) se observó que el contenido inicial de la clorofila a fue aproximadamente tres veces mayor que el de clorofila b (0,32 mg/g de tejido fresco). La clorofila a presentó una disminución paulatina durante el almacenamiento siendo significativamente mayor a los 15 días en las muestras con PP. Por otra parte se observó, a partir del octavo día un aumento significativo del contenido de

carotenoides totales, en todas las muestras. Estos datos se correlacionan con los que se observó al evaluar color sensorial y objetivamente, ya que los 12 días de almacenamiento ya se comenzó a visualizar una disminución del color verde característico de las hojas y la pérdida de la apariencia por este factor.

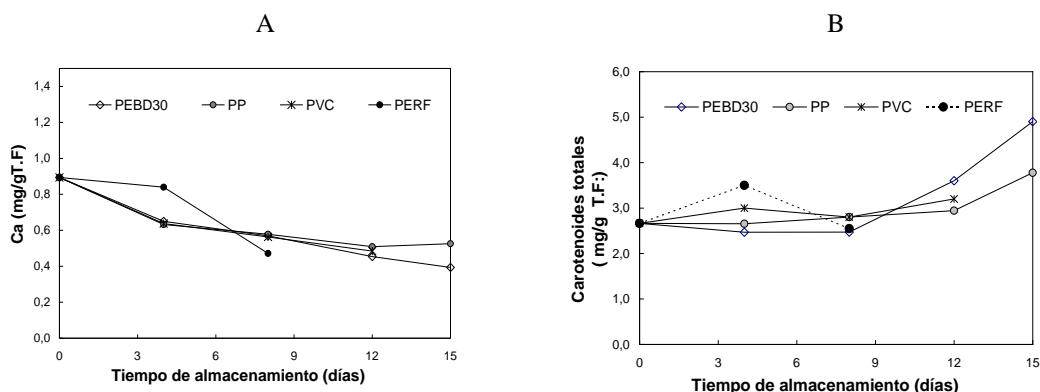


Figura 2: Evolución de clorofila a (A), carotenoides totales (B) en rúcula a 6°C recubiertas con diferentes películas. (A) $LSD_{(0,05)} = 0,21$; (B) $LSD_{(0,05)} = 0,20$

En la Figura 3 se presenta la evolución de AA, donde se observa que en todas las bandejas hubo en general una disminución paulatina de este parámetro, desde valores de 25 mg/100 g de tejido fresco hasta aproximadamente niveles de 70 a 80% inferiores al cabo de los 15 días. No se encontraron diferencias significativas en su evolución durante la conservación, entre las bandejas recubiertas con PEBD 30, PVC y PP. Un comportamiento similar en cuanto a la disminución de los niveles iniciales de AA se observó también en estudios realizados en rúcula en hojas enteras tiernas o jóvenes y hojas maduras (Koukounaras et al., 2007). En ese estudio, si bien hubo una disminución significativa, los valores de reducción fueron de hasta el 25% al cabo de 10 días a 10°C. Estos valores inferiores en la reducción podrían explicarse debido a que en esos estudios se trabajó con hojas enteras y en nuestros ensayos se experimentó con hojas cortadas, en

Las que el metabolismo está más acelerado.

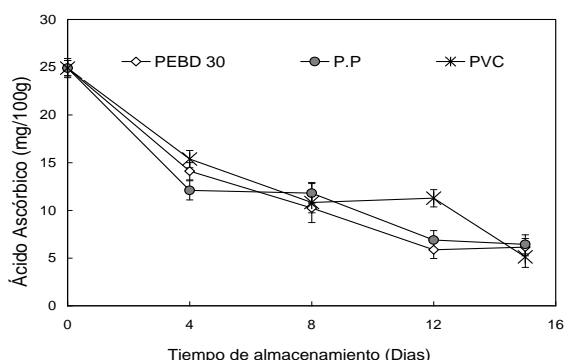


Figura 3: Evolución de AA en rúcula almacenada con diferentes películas a 6°C. $LSD_{(0,05)} = 2,1$

Al evaluar como influían los distintos films en la conservación de rúcula, se observó que el contenido de fenoles totales (Figura 4 A) presentó inicialmente niveles de 9 mg Eq. de ácido clorogénico/g de tejido fresco. Durante el almacenamiento este parámetro tendió a disminuir, alcanzando valores de aproximadamente 22% inferiores para todos los films, salvo para el PVC que fue significativamente inferior.

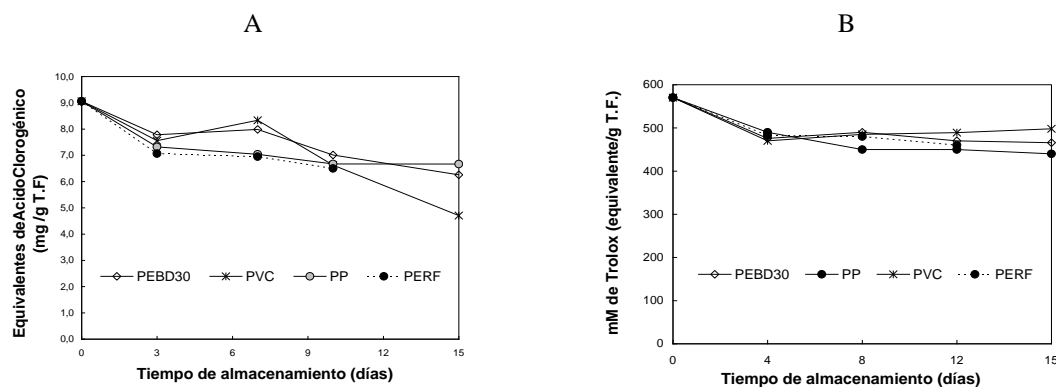


Figura 4: (A) Fenoles solubles totales, (B) actividad antioxidante en rúcula cortada almacenada a 6°C y recubierta con distintas películas plásticas. $LSD_{(0,05)} A = 0,5$. $LSD_{(0,05)} B = 45,2$.

El AA y los fenoles solubles contribuyen a la actividad antioxidante de los tejidos. Durante el almacenamiento de las muestras se observó que en general hubo una disminución de ambos parámetros, por lo tanto es de esperar que la actividad antioxidante también tenga una tendencia a disminuir, tal como se observa en la Figura 4 B. Inicialmente el tejido presentó un contenido de 580 mM de Trolox equivalente/g, disminuyendo significativamente en todas las muestras durante los primeros 4 días y manteniéndose prácticamente sin variaciones importantes hasta el final de la conservación, alcanzando valores de aproximadamente 20% del contenido inicial.

5. Conclusiones

Los principales atributos que se modificaron con la senescencia de las hojas de rúcula fueron: apariencia general y pérdida de color verde característico. El AA disminuyó notablemente durante el almacenamiento, al igual que el contenido de fenoles y poder antioxidante. El film que permitió conservar mejor la calidad del producto por 15 días fue el PP, no encontrándose diferencias apreciables hasta 10 días de conservación.

6. Bibliografía

- Barillardi, J.; Canistro, D.; Paolini, M.; Ferroni, F.; Pedulli, G. F.; Iori, R.; Valgimigli, L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475-2482.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Carvalho, C. R. L.; Mantovani, D. M. B.; Carvalho, P. R. N.; Moraes, R. M. (1990). Análisis químicos de alimentos. Campinas: ITAL.
- Dillard, C. J.; German, J. B. (2000). Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1744-1756.
- Koukounaras, A.; Siomos, A. S.; Sfakiotakis, E. (2007). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 167-173.
- Jacxsens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J. (2002). Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium

- modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 59–73.
- Lichtenthaler, H. L. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes. En: *Methods in Enzymology*, vol. 148. *Plant Cell Membranes*. Ed by Packer, L. and Douce, R. Academic Press Inc. (pp. 350-382).
 - Martín-Belloso, M. y Rojas-Grau, M. A. (2005). Factores que afectan la calidad. En: *nuevas tecnologías de conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Gonzales Aguilar, G.; Gardea, A.; Cuamea-Navarro F. (Eds). México (pp. 78-93).
 - Proteggente, A. R.; Pannala, A. S.; Paganga, G.; Van Buren, L.; Wagner, E.; Wiseman, S. (2002). The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research*, 36: 217-233.
 - Rodríguez, S. del C.; Questa, A. G. (2008). Aplicación del Análisis sensorial para evaluar calidad en frutas y hortalizas. *Inv. en Facultades de Ing. del NOA. II*: 29-34.
 - Rodríguez, S. del C.; Questa, A. G. (2009). Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados. *Trabajos Completos del CLICAP* (pp. 1-7).
 - Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, Vol. 299. (pp.152-178).
 - Shetty, K.; McCue, P. (2003). Phenolic antioxidant biosynthesis in plants for functional food application: integration of systems biology and biotechnological approaches. *Food Biotechnology*, 17: 67–97.
 - Zagory, D. (1998). www.nsf.org/business/nsf_agriculture/articles_map.pdf.

55TCA. ALTERNATIVA DE USO DE RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE TOMATE, ZAPALLO, MELÓN Y SANDÍA.

MATEO, C. M.; COCCONI, M.; NOLASCO, S.M.

Facultad de Ingeniería, Núcleo TECSE, UNCPBA, Av. del Valle 5737, (B7400JWI)
Olavarría, Buenos Aires, Argentina. Tel./Fax: (54-2284) 45-1055
E-mail: cmateo@fio.unicen.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se analiza el potencial uso del aceite de tomate, zapallo, sandía y melón, de producción argentina y de otros orígenes geográficos, para la obtención de biodiesel, como alternativa de aprovechamiento de las semillas, residuo de la industrialización de los frutos. Los valores de composición ácida fueron utilizados para predecir las propiedades del biodiesel, analizándose la aptitud de cada aceite para obtener el mismo, considerando las especificaciones establecidas en las normas ASTM D6751 (Estados Unidos), EN 14214 (Europa) e IRAM 6515-1 (Argentina). Para el conjunto de las muestras, el contenido de aceite estuvo comprendido entre 14,5 - 51,0% b.s., constituyendo, en general, interesantes fuentes de este subproducto. Los valores de la densidad, poder calorífico y viscosidad cinemática calculados presentaron rangos de 0,878 a 0,885 g/mL, 39,7 a 39,8 MJ/kg y 3,9 a 4,3 mm²/s, respectivamente; cumpliendo, en todos los casos, las normas consideradas. Los valores de número de cetanos (49 a 61) fueron superiores al mínimo establecido por las normas de Argentina y Estados Unidos, observándose algunas excepciones para melón con valores levemente inferiores al mínimo establecido por la norma europea. Los valores de índice de yodo calculados (89 a 134) fueron inferiores al máximo establecido por la norma IRAM 6515-1, pero mayoritariamente la sandía y el melón presentaron valores superiores al permitido por la norma europea. Los resultados obtenidos muestran una muy buena potencialidad, desde el punto de vista de calidad, de la utilización del aceite de estas semillas para la obtención de biodiesel, aunque, en algunos casos, con algunas deficiencias respecto a las exigencias europeas.

1. Introducción:

En la actualidad existe gran interés en reformular los combustibles, como una alternativa para controlar las emisiones y satisfacer las demandas energéticas. El biodiesel se obtiene por transesterificación de aceites vegetales o grasas animales con un alcohol (metanol o etanol), en presencia de un catalizador alcalino, y son los substitutos potenciales para diesel derivado del petróleo. Las industrias alimenticias generan importante cantidad de desperdicios, siendo conveniente su aprovechamiento para la obtención de otros productos. El problema de los residuos industriales es cada vez más difícil de resolver, sólo una pequeña porción de material vegetal se utiliza directamente para el consumo humano. La parte restante puede utilizarse para producir alimentos, piensos, fertilizantes y como materia prima en ciertas industrias. Esa utilización podría no sólo ayudar a maximizar los recursos disponibles, sino también minimizar los problemas de eliminación de residuos. En la búsqueda de materias primas alternativas de bajo costo para producción de biodiesel, Giannelos et al. (2005) evaluaron el aceite de semilla de tomate de origen griego para su uso directo en motores diesel, destacando la potencialidad de este producto. Por otra parte, Schinas et al. (2009) evaluaron los ésteres metílicos obtenidos a partir de aceite de semillas de zapallo (*Curcubita pepo* L.) cultivados en Grecia, observando que todas las propiedades evaluadas reunían los requisitos de calidad exigidos por las normas europeas para

biodiesel. El tomate, perteneciente a la familia de las Solanáceas (*Solanum lycopersicum* L.) es comercialmente importante en todo el mundo tanto por su consumo en fresco como industrializado, constituyendo aproximadamente el 30% de la producción hortícola mundial. En la industrialización del tomate hacia la producción de diversos tipos de conservas, se obtienen como subproducto las cáscaras y las semillas, cuyo residuo corresponde alrededor del 33-40% de la materia prima, siendo importante para las industrias procesadoras encontrar usos para estos materiales de desecho, reduciendo los problemas de su deposición final. En Argentina, el consumo anual de frutos del género de las Cucurbitáceas (zapallo, melón, sandía, etc.) es alto, siendo importante la generación de residuos provenientes de la industrialización de los mismos. Anualmente se producen aproximadamente setecientos mil toneladas de zapallo calabaza (*Cucurbita pepo* L.), que se destinan al consumo en fresco o deshidratado (polvo, escamas y cubos), siendo incipiente la industrialización de la semilla en aceites y confituras. El melón (*Cucumis melo*) se consume en fresco y se lo utiliza para elaborar jugos, dulces, conservas, congelados. La sandía (*Citrullus vulgaris*, *Citrullus lanatus*), cuya producción nacional no es muy elevada ya que por cuestiones de suelo y clima sólo se cultiva en las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa, es consumida principalmente en fresco.

Es esencial al crecimiento de la industria del biodiesel que el producto reúna la calidad adecuada para su uso, habiéndose establecido en diversos países o regiones del mundo, los correspondientes estándares de calidad (Knothe, 2006). Estas normas se basan en las propiedades físicas y químicas necesarias para un satisfactorio funcionamiento de los motores diesel. Diferentes parámetros de calidad del biodiesel (por ejemplo densidad, viscosidad cinemática, poder calorífico, número de cetanos, índice de yodo) dependen en gran medida de su composición acídica y pueden estimarse a partir de la misma.

2. Objetivo:

En el presente trabajo se analiza el potencial uso del aceite obtenido de semillas de tomate, zapallo, melón y sandía para la obtención de biodiesel, como alternativa del aprovechamiento de los residuos generados en procesos industriales.

3. Metodología

Composición acídica: Se consideran datos bibliográficos de composición acídica de aceites provenientes de semillas de zapallo, sandía, melón y tomate, de producción argentina, procedentes de cultivos de distintas regiones del país. Asimismo, se evalúan datos de semillas provenientes de otras regiones del mundo, como de tomate (Brasil y Grecia), zapallo (Grecia, Arabia Saudita, Egipto, Canadá y Malasia), sandía (Arabia Saudita, Egipto y Malasia) y melón (Grecia, Brasil, Malasia y Sudán) (Tabla 1 y 2).

Predicción de propiedades del biodiesel: Los valores de composición acídica de los diferentes aceites de semillas de tomate, zapallo, sandía y melón fueron empleados para predecir las propiedades de calidad de biodiesel: densidad, viscosidad cinemática, poder calorífico, número de cetanos, índice de yodo.

La densidad, poder calorífico y número de cetanos fue predicho usando una regla lineal simple de mezcla (Van Gerpen et al., 2004), basada en los valores de los ésteres metílicos puros:

$$\ddot{a}_{mix} = \sum (A_i \times \ddot{a}_i) \quad (1)$$

$$H_{mix} = \sum (A_i \times H_i) \quad (2)$$

$$CN_{mix} = \sum (A_i \times CN_i) \quad (3)$$

donde: A_i es la fracción del ácido graso, \bar{a}_i , H_i y CN_i son la densidad, poder calorífico (Clements, 1996) y número de cetanos (Knothe et al., 2003) de cada metil éster de ácido graso puro.

Una regla logarítmica fue empleada para predecir la viscosidad cinemática (Allen et al., 1999; Azian et al., 2001; Van Gerpen et al., 2004), según la ecuación (4)

$$\ln(v_{mix}) = \sum [A_i \times \ln(v_i)] \quad (4)$$

donde: v_i es la viscosidad cinemática de cada metil éster de ácido graso puro (Knothe y Steidley, 2005).

El índice de iodo es una medida de los enlaces insaturados del aceite y se expresa como gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de aceite. El índice de iodo fue calculado desde la composición de ésteres metílicos de los ácidos grasos con la ecuación (5).

$$IV_{mix} = \sum (A_i \times 100 \times 253,82 \times db / MW_i) \quad (5)$$

donde: db es el número de doble ligaduras y MW_i el peso molecular de cada éster metílico. 253,82 es el peso atómico de dos átomos de iodo que son teóricamente los adicionados a cada doble ligadura (AOCS, 1998; Knothe, 2002).

A partir de estas propiedades calculadas se analizó la aptitud de cada aceite para obtener biodiesel, considerando las especificaciones establecidas en las normas ASTM D6751 (Estados Unidos), EN 14214 (Europa) e IRAM 6515-1 (Argentina).

4. Resultados:

El contenido de aceite, para el conjunto de semillas de tomate abarcó un rango de 14,5 a 36,9% (base seca, b.s.), estando comprendido el contenido de aceite observado para semillas de origen nacional (20,7-27,4% b.s.). En la Tabla 1 se pueden observar las propiedades predichas (densidad, poder calorífico, número de cetanos, viscosidad cinemática, índice de iodo) de mezclas de ésteres metílicas de los ácidos grasos de los aceites de estas semillas y el porcentaje de ácido linoleico (18:3) correspondiente a la composición ácida. Los valores de densidad, que variaron entre 0,878 a 0,884 g/mL, encontrándose dentro de los límites especificados por la norma europea (0,860–0,900 g/mL) y argentina (0,875–0,900 g/mL), variable no considerada por la normativa de EE.UU. La normativa europea es la única que establece especificaciones para el valor del poder calorífico neto o menor para biodiesel a partir de aceite de fritura, especificando como valor mínimo 35 MJ/kg (EN14213). A través de la simulación se obtiene el valor del poder calorífico total que es aproximadamente alrededor de un 6 y 7% superior al poder calorífico neto del diesel y biodiesel (Pereyra-Irujo et al., 2009), significando que esta norma se cumplirá con valores de calor específico estimado superior a 37,5 MJ/kg. Por lo tanto, el biodiesel obtenido a partir de aceite de tomate cumple esta norma (variación entre 39,7- 39,8 MJ/kg).

Tabla 1. Densidad (δ_{mix} , g/mL), poder calorífico (H_{mix} , MJ/kg), número de cetanos (CN_{mix}), viscosidad cinemática (v_{mix} , mm²/s), índice de iodo (IV_{mix}) predichas de mezclas de ésteres metílicos de los ácidos grasos de tomate argentino y de otras regiones del mundo y su porcentaje de 18:3.

Especie	Propiedades					
	δ_{mix}	H_{mix}	CN_{mix}	v_{mix}	IV_{mix}	18:3
Tomate “perita”, Mendoza (#)(I)	0,883	39,7	53	4,1	118	1,1
Tomate “común platense”, Mendoza (#)(I)	0,882	39,7	54	4,1	116	1,2
Tomate “común”, Río Negro (#)(I)	0,883	39,7	54	4,1	118	1,8

Tomate “redondo”, Buenos Aires (Bs.As.) (#)(I)	0,883	39,7	53	4,0	120	2,1
Tomate mezcla, Mendoza (#)(I)	0,883	39,7	54	4,0	119	1,5
Tomate, Grecia (II)	0,884	39,6	53	4,0	124	2,8
Tomate, Grecia (III)	0,884	39,6	52	4,0	125	4,0
Tomate, Grecia (IV)	0,883	39,6	53	4,0	121	2,0
Tomate, Brasil (V) *	0,879	39,5	58	4,0	98	0,7
Tomate, Brasil (V) **	0,878	39,4	61	4,2	90	Traza s

(#) Argentina; (I) Vigo et al., 1977; (II) Giannelos et al., 2005; (III) Lazos y Kalathenos, 1988; (IV) Lazos et al., 1998; (V) Cantarelli et al., 1993. * tratamiento “Hot Break” ** tratamiento “Cold Break”

Las especificaciones de las normas ASTM D6751 (Estados Unidos) e IRAM 6515-1 (Argentina) con respecto al número de cetanos (mínimo 47) y la europea (EN 14214, mínimo 51) fueron ampliamente cumplidas por todas las semillas de tomate analizadas (52 a 61). Asimismo, en todos los casos, la viscosidad cinemática (4,0-4,2 mm²/s), se encuentra dentro de los límites de calidad establecidos por las tres normativas consideradas (EE.UU. 1,9–6,0 mm²/s; Europea y Argentina, 3,5–5,0 mm²/s). Mientras la norma argentina establece 150 como valor máximo para el índice de yodo, la norma europea es más severa, estableciendo un límite superior de 120; esta propiedad no es considerada por la normativa americana. Los valores calculados de índice de yodo (90 a 125) fueron inferiores al establecido en la norma argentina. Sin embargo, los ésteres metílicos correspondientes a semillas de origen griego presentaron índices de yodo mayor al valor límite establecido por la norma europea (Tabla 1), concordante con un mayor contenido de ácido linoleico. Si bien en todos los aceites de tomate se observó la presencia de ácido linolénico (trazas- 4,0%), en ningún caso se superó el límite máximo establecido por la norma EN 14214 (12%).

El contenido de aceite, para el conjunto de semillas de zapallo, sandía y melón, estuvo comprendido entre 20,7-51,0% b.s.; 20,7-46,1% b.s.; 22,2-37,8% b.s., respectivamente, observándose bajos rendimientos de aceite en las semillas de zapallo y melón de origen argentino (20,7-27,4% b.s., 22,2-23,8% b.s., respectivamente) respecto a otras regiones del mundo consideradas. Los valores de la densidad, poder calorífico, viscosidad cinemática y número de cetanos presentaron rangos de 0,879 a 0,885 g/mL, 39,7 a 39,8 MJ/kg, 3,9 a 4,3 mm²/s, 49 a 61, respectivamente (Tabla 2). Las muestras cumplieron en todos los casos con los valores de densidad, poder calorífico y viscosidad cinemática requeridos por las normas consideradas. Con respecto al número de cetanos, si bien todos los valores son superiores al mínimo establecido por las Normas de Argentina y Estados Unidos, algunos biodiesel obtenidos a partir de aceite de semilla de melón presentaron valores levemente inferiores (49, 50) al mínimo requerido por la norma europea (51). Los valores de índice de yodo calculados presentaron un rango de 89 a 134, siendo inferiores al máximo establecido por la norma IRAM 6515-1 (Argentina), sin embargo la mayoría de muestras de sandía y melón presentaron índices de yodo superiores al permitido por la norma europea (EN 14214, máximo 120), dado el elevado contenido de ácidos poliinsaturados (C18:2: 62,2-69,0 % y C18:3: 0,1-1,1% para sandía; C18:2: 62,0-69,0 % y C18:3: 0,2-1,1% para melón). En ningún caso se superó el límite máximo establecido por la norma EN 14214 para el contenido de ácido linolénico.

Tabla 2. Densidad (δ_{mix} , g/mL), poder calorífico (H_{mix} , MJ/kg), número de cetanos (CN_{mix}), viscosidad cinemática (ν_{mix} , mm²/s), índice de yodo (IV_{mix}) predichas de mezclas de ésteres metílicos de los ácidos grasos de *Curcubitaceas* argentinas y su porcentaje de 18:3.

Especie	Propiedades					
	δ_{mix}	H_{mix}	CN_{mix}	ν_{mix}	IV_{mix}	$I8:3$
Zapallo Inglés (<i>C. maxima</i>), Mendoza (#)(VI)	0,882	39,7	55	4,1	113	--
Zapallo Angola (<i>C. pepo</i>), Bs.As., partida 1 (#)(VI)	0,879	39,8	61	4,3	89	--
Zapallo Angola (<i>C. pepo</i>), Bs.As., partida 2 (#)(VI)	0,883	39,7	53	4,1	116	--
Zapallo Pink banana (<i>C. maxima</i>), Mendoza (VI)	0,880	39,7	59	4,2	99	--
Zapallo Pink banana jumbo (<i>C. máxima</i>), Mendoza (#)(VI)	0,881	39,7	57	4,1	106	--
Zapallo Red Hubbard (<i>C. maxima</i>), Mendoza (#)(VI)	0,883	39,7	53	4,0	120	--
Zapallo Criollo (<i>C. máxima</i>), Mendoza (#)(VI)	0,881	39,8	57	4,2	105	--
Zapallo Plomo criollo (<i>C. maxima</i>), Mendoza (#)(VI)	0,883	39,7	54	4,0	119	--
Zapallo (<i>C. pepo</i> y <i>C. maxima</i>) Grecia (VII)	0,881	39,8	56	4,2	108	0,3
Zapallo (<i>C. pepo</i>), Malasia (VIII)	0,879	39,8	61	4,3	90	--
Zapallo, Egipto (<i>C. pepo</i>) (IX)	0,882	39,8	56	4,2	108	0,9
Zapallo (<i>C. moschata</i>), Egipto (IX)	0,878	39,7	54	4,1	115	0,1
Zapallo (<i>C. pepo</i>), Grecia (X)	0,880	39,8	56	4,2	108	0,2
Zapallo (<i>C. maxima</i>), Corea (XI)	0,881	39,8	58	4,2	104	---
Zapallo (<i>C. pepo</i>), Egipto (XII)	0,882	39,7	59	4,1	114	---
Sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>), Entre Ríos (#)(XIII)	0,883	39,8	55	4,1	118	--
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), Malasia (VIII)	0,884	39,7	52	4,0	125	1,1
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), Egipto (IX)	0,884	39,8	53	4,0	122	0,1
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), Irán (IX)	0,885	39,8	52	4,0	125	0,1
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), China (IX)	0,886	39,8	51	4,0	131	0,1
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), Egipto (XII)	0,882	39,7	54	4,1	120	0,4
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Buenos Aires (#)(XIII)	0,883	39,7	51	4,0	128	1,1
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Grecia (VII)	0,884	39,7	50	4,0	130	0,3
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Ghibaish, Sudan (XIV)	0,883	39,8	53	4,1	123	0,2
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Gezira, Sudan (XIV)	0,880	39,8	54	4,1	122	0,2
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Brasil (XV)	0,884	39,7	51	4,0	129	0,2
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Malasia (XVI)	0,885	39,7	49	3,9	134	---
Melón (<i>Cucumis melo</i>), Brasil (XVII)	0,883	39,8	53	4,1	118	0,2

(VI) Karman de Sutton et al., 1971; (VII) Lazos, 1986; (VIII) Nyam et al., 2009; (IX) Al-Khalifa, 1996; (X) Schinas et al., 2009; (XI) Mitra et al., 2009; (XII) El-Adaway, 2001; (XIII) Vigo et al., 1973; (XIV) Mariod y Matthaus, 2008; (XV) Melo et al., 2000; (XVI) Yanty et al., 2008; (XVII) Mello et al., 2001; (#) Argentina.

5. Conclusiones:

El conjunto considerado de semillas de tomate, zapallo, sandía y melón de procedencia Argentina y de otras regiones del mundo, en general presentaron un contenido de aceite significativo para su procesamiento. Los valores de la densidad, el poder calorífico, la viscosidad cinemática del biodiesel predichos a partir de la composición acídica (ésteres metílicos) de los aceites considerados cumplen en todos los casos, las especificaciones establecidas en las normas ASTM D6751 (Estados Unidos), EN 14214 (Europa) e IRAM 6515-1 (Argentina). Con respecto al número de cetanos, si bien todos los valores fueron superiores al mínimo establecido por las Normas de Argentina y Estados Unidos, algunos biodiesel obtenidos a partir de aceite de semilla de melón presentaron valores levemente inferiores al mínimo requerido por la norma europea. Asimismo, los valores de índice de

iodo calculados si bien fueron inferiores al máximo establecido por la norma IRAM 6515-1, la mayoría de las muestras de sandía y melón y algunos aceites de tomate presentaron índices de iodo superiores al permitido por la norma europea. Los resultados obtenidos muestran una muy buena potencialidad, desde el punto de vista de calidad, de la utilización del aceite de estas semillas para la obtención de biodiesel, aunque con algunas deficiencias respecto a las exigencias europeas. Se considera conveniente ampliar los estudios incluyendo otras propiedades requeridas así como aspectos económicos.

6. Bibliografía:

- Al-Khalifa, A.S. (1996). Physicochemical characteristics, fatty acid composition, and lipoxygenase activity of crude pumpkin and melon seed oils. *J. Agric. Food Chem.* 44:964-966.
- Allen, C.; Watts, K.; Ackman, R.; Pegg, M. (1999). Predicting the viscosity of biodiesel fuels from their fatty acid ester composition. *Fuel*, 78: 1319–1326.
- AOCS (1998), *Official and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, 5th edn., edited by D. Firestone, AOCS Press, Champaign Illinois.
- Azian, M.; Kamal, M.A.; Panau, F.; Ten, W. (2001). Viscosity estimation of triacylglycerols and of some vegetable oils, based on their triacylglycerol composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78: 1001-1005.
- Cantarelli, P.R.; Regitano-D'Arce, M.A.B., Palma, E.R. (1993). Physicochemical characteristics and fatty acid composition of tomato seed oils from processing wastes. *Sci. Agric., Piracicaba*, 50 (1): 117-120.
- Clements, L. (1996). Blending rules for formulating biodiesel fuel. The National Biodiesel Board.
- El-Adawy, T.A.; Taha, K.M. (2001). Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chemistry*, 74: 47-54.
- Eller, F.J.; Moser, J.K.; Kenar, J.A.; Taylor, S.L. (2010). Extraction and analysis of tomato seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87 (7): 755-763.
- Giannelos, P.N.; Sxizas, S.; Lois, E.; Zannikos, F.; Anastopoulos, G. (2005). Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines. *Industrial Crops and Products*, 22: 193–199.
- Karman de Sutton, G.; Vigo, M.S.; Bertoni, M.H.; Cattaneo, P. (1971). Estudio sobre semillas de cucurbitáceas argentinas. I. Composición química de la semilla y de los aceites de semilla de variedades de zapallo. *Anales de la Asoc. Química Argentina*, 59:297-304.
- Knothe, G. (2002), Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value? *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79: 847–854.
- Knothe, G.; Matheaus, A.; Ryan III, T. (2003). Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester small star, filled. *Fuel*, 82: 971–975.
- Knothe, G.; Steidley, K. (2005), Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel*, 84: 1059–1065.
- Knothe, G. (2006). Analyzing biodiesel. Standards and other methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 823-833.
- Lazos, E.S. (1986). Nutritional, fatty acid, and oil characteristics of pumpkin and melon seeds. *Journal of Food Science*, 51(5), 1382-1383.

- Lazos, E.S.; Kalathenos, P. (1988). Composition of tomato processing wastes. *International Journal of Food Science and Technology*, 23: 649-652.
- Lazos, E.S.; Tsaknis, J.; Lalas, S. (1998). Characteristics and composition of tomato seed oil. *Grasas y Aceites.*, 49(5-6): 440-445.
- Mariod, A.; Matthäus, B. (2008). Fatty acids, tocopherols, sterols, phenolic profiles and oxidative stability of *cucumis melo* var. *agrestis*. *Journal of Food Lipids*, 15:56-67.
- Mitra, P.; Ramaswamy, H.S.; Chang K.S. (2009). Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. *Journal of Food Engineering*, 95: 208–213.
- Pereyra-Irujo, G.A.; Izquierdo, N.G.; Corvi, M; Nolasco S.M.; Quiroz, F.; Aguirrezábal, L.A.N. (2009). Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: a simulation study. *Biomass and Bioenergy*, 33: 459-468.
- S. de Mello, M.L.; Bora, P.S.; Narain, N. (2001). Fatty and amino acids composition of melon (*Cucumis melo* var. *saccharinus*) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 69-74.
- S. de Melo, M.L.; Narain, N.; Bora, P.S. (2000). Characterisation of some nutritional constituents of melon (*Cucumis melo* hybrid AF-522) seeds. *Food Chemistry*, 68: 411-414.
- Schinas, P.; Karavalakis, G.; Davaris, C.; Anastopoulos, G.; Karonis, D.; Zannikos, F.; Stournas, S.; Lois, E. (2009). Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil as an alternative feedstock for the production of biodiesel in Greece. *Biomass and Bioenergy*, 33: 44–49.
- Van Gerpen, J; Shanks, B; Pruszko, R; Clements, D; Knothe, G. (2004). Biodiesel analytical methods: NREL/SR-510-36240. Colorado, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Vigo, M.S.; Bertoni, M.H.; Cattaneo, P. (1973). Estudios sobre semilla de Curcubitaceas Argentinas. II. Composición química de la semilla y de los aceites de sandía, melón y esponja vegetal. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 61: 121-127.
- Vigo, M.S.; Dasso, I.; Cattaneo, P. (1977). Estudios sobre semilla residual de la industrialización de tomate. Aceites seminales, harinas de extracción y “aislado” proteico. *Anales de la Academia de Cs. Exactas, Físicas y Naturales*, 29: 193-203.
- Yanty, N.A.M.; Lai, O.M.; Osman, A.; Long, K.; Ghazali, H.M. (2008). Physicochemical properties of *cucumis melo* var. *inodorus* (honeydew melon) seed and seed oil. *Journal of Food Lipids*, 15: 42-55.

56TCA. MODELADO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE CANOLA SOMETIDA A DISTINTOS PRETRATAMIENTOS

ZÁRATE, V.¹; PEREZ, E.E.²; CRAPISTE, G.H.²; NOLASCO., S.M.¹;
FERNÁNDEZ, M.B.^{1,*}

¹Grupo TECSE – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, – Argentina. ²Planta Piloto de Ingeniería Química – CONICET - Universidad Nacional del Sur – Argentina. *mbfernan@fio.unicen.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se proponen diferentes modelos que permiten explicar la cinética de extracción de aceite a partir de granos de canola variedad primaveral sometidos a distintos pretratamientos (hidrotérmico y laminado). Muestras de canola partidas fueron sometidas a un pretratamiento hidrotérmico con vapor de agua (393 K, 5 min). Por otro lado, granos enteros fueron laminados hasta un espesor de lámina de 0,2 – 0,3 mm. La diferencia entre las estructuras generadas por estos pretratamientos y la muestra sin tratar pudo observarse mediante SEM. El aceite de muestras molidas (sin tratar) y de las muestras pretratadas hidrotérmicamente fue extraído con hexano en un sistema batch agitado a distintos tiempos y temperaturas. La extracción a partir de los granos laminados fue llevada a cabo por percolación en un equipo Soxhlet (hexano). El modelo propuesto para explicar el proceso de extracción a partir de las muestras de canola sin tratar y pretratadas hidrotérmicamente considera dos mecanismos principales: un proceso de lavado del aceite en la superficie del grano y un proceso de difusión. De esta manera se pudieron ajustar los parámetros del modelo, obteniendo, a partir de ellos, valores de la fracción de aceite obtenida en la etapa de lavado y del coeficiente de difusión efectivo. Este último mostró una dependencia con la temperatura del tipo Arrhenius en canola sin tratar, pero fue constante con esta variable cuando se analizó la difusión del aceite utilizando canola pretratada hidrotérmicamente. Por otro lado, la extracción de aceite a partir de láminas de canola se ajustó al modelo propuesto por Duggal para láminas de soja.

1. Introducción:

En los últimos años se ha dado gran importancia a la canola debido a las características nutricionales del aceite (bajo contenido de grasas saturadas y significativa cantidad de ácidos grasos esenciales) y a sus propiedades como materia prima para la producción de combustibles alternativos al petróleo (biodiesel) por su alto contenido de aceite y rendimiento por hectárea, así como a la buena calidad del aceite. Actualmente, la extracción por solvente es la operación más utilizada para la obtención del aceite. La conformación de las microestructuras celulares juega un papel importante afectando la permeabilidad de los solutos durante la extracción. Existen reportes que indican que las paredes celulares lignificadas reducen la transferencia de masa de los aceites y modifican la fisicoquímica de sorción. Asimismo, estos materiales contribuyen a la retención del contenido de humedad evitando que el solvente acceda a sitios activos para la extracción del aceite (Fernández y et al., 2008). Debido a esto, normalmente se requiere un acondicionamiento de la semilla, previo a la extracción ya que el aceite se encuentra dentro de membranas y es necesario romper la estructura celular para permitir que se libere y sea más accesible para el solvente. Los pretratamientos aplicados a las semillas modifican o rompen esta estructura de modo que se facilite la liberación del aceite. El proceso de extracción puede ser afectado por muchas variables físicas y químicas, las cuales suelen ser difíciles de evaluar cuanti y cualitativamente. En la literatura se han propuesto diferentes modelos para analizar la cinética de extracción de aceite a partir de girasol parcialmente

descascarado, colza, collets de girasol, y girasol silvestre y cultivable (Perez y et al., 2011). Sin embargo, en general los modelos no presentan un exhaustivo análisis estadístico de los mismos; además, están basados en alguna oleaginosa sin hacer diferenciación de la variedad. De acuerdo a algunos autores las ecuaciones teóricas fallan al tratar de explicar el fenómeno solamente por simple teoría de difusión (Duggal, 1987). El modelo más ampliamente aceptado para explicar el proceso de extracción considera dos mecanismos principales: un proceso de lavado del aceite en la superficie de la partícula y un proceso de difusión, que puede llevarse a cabo en una o dos fases, en función de la proporción de células rotas e intactas que permanecen después de los tratamientos de pre – extracción (Perez y et al., 2011).

2. Objetivo:

Evaluar el efecto del pretratamiento hidrotérmico y de laminado sobre la cinética de extracción del aceite de canola y analizar modelos que permitan explicar los distintos fenómenos involucrados en este proceso.

3. Metodología:

1. Pretratamientos hidrotérmicos: Granos de canola variedad primavera partidos (con partículas en un rango de 1,00 – 2,00 mm) fueron sometidos a un pretratamiento hidrotérmico con vapor de agua (393 K, 5 min) en un autoclave VZ (Argentina). Estas condiciones fueron seleccionadas en función de los valores óptimos encontrados por Burnet y et al. (2010). Las muestras pretratadas fueron secadas a 298 K en un secadero túnel de circulación forzada hasta una humedad de 6,5-7,4% en base seca.

2. Laminado: Granos enteros se pretrataron con vapor de agua (403 K, 30 min) en el autoclave VZ, a los fines de lograr una mayor elasticidad. Luego, se laminaron utilizando una máquina accionada manualmente con rodillos de acero inoxidable de 20 cm de largo y separados entre ellos de 0,2-0,3 mm.

3. Caracterización de muestras sin tratar y pretratadas: Se tomaron micrografías de las muestras en un Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) marca LEO, modelo EVO40 VP (Inglaterra). Previamente, las muestras se metalizaron con oro en un sputter coater marca PELCO 91000.

4. Ensayos cinéticos:

4.1. Extracción por agitación de muestras sin tratar y pretratadas hidrotérmicamente: Los ensayos se llevaron a cabo a diferentes tiempos y temperaturas. El proceso de extracción se realizó en un sistema batch agitado. 5 g de granos molidos (granulometría: 0,42-1,00 mm) y 85 mL de n-hexano, previamente llevados a la temperatura de extracción, se pusieron en contacto en un erlenmeyer y se mantuvieron en agitación a temperatura constante. Se separó la harina de la miscela por filtración. El solvente se evaporó en un ratavapor y el resto de hexano se eliminó bajo corriente de nitrógeno. La cantidad de aceite obtenido se determinó gravimétricamente.

4.2. Extracción por percolación a partir de canola laminada: Los ensayos se llevaron a cabo en un equipo Soxhlet, empleando 10 g de muestra y n-hexano como solvente. La extracción se realizó a la temperatura de 335-340K durante diferentes intervalos de tiempos. El solvente se evaporó en un rotavapor y el resto de hexano se eliminó bajo corriente de nitrógeno. La cantidad de aceite obtenida se determinó gravimétricamente.

5. Modelado de la cinética de extracción:

5.1. Aceite extraído por agitación: Se propuso un modelo difusivo modificado de la ley de Fick, considerando estado no estacionario y partículas de geometría esférica, suspendidas en un medio de concentración constante sin restricción de volumen (Perez y et al., 2011). La solución de la ley de Fick está dada en la Ec. 1.

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-B_n t} \tag{1}$$

M_t y M_∞ representan la masa de aceite que difunde en el tiempo t e infinito, respectivamente. A_n y B_n son los coeficientes del modelo.

Se propone una modificación a este modelo incorporando un tiempo de lavado M_0 (Perez y et al., 2011). Este modelo está dado por la Ec. 2 y su forma simplificada en la Ec. 3 donde sólo se considera el primer término de la serie, simplificación adecuada considerando largos períodos de tiempo.

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \left(1 - \frac{M_0}{M_\infty}\right) \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-B_n (t-t_0)} \tag{2}$$

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - A e^{-Bt} \tag{3}$$

siendo $A = \left(1 - \frac{M_0}{M_\infty}\right) \frac{6}{\pi^2} e^{-B t_0}$ y $B = \frac{D_{eff} \cdot \pi^2}{R^2}$, M_0 es el contenido de aceite involucrado en la fase de lavado, R el radio de la partícula de harina; R_g la constante de los gases y T temperatura de ensayo en escala absoluta.

5.2. Comparación de los modelos no lineales en función de la temperatura

Se utilizó el principio de suma de cuadrados extra (SCE) para testear la dependencia de los parámetros del modelo no lineal propuesto con la temperatura. La hipótesis nula (H_0) y la alternativa (H_1) que se plantearon son las siguientes:

H_0 : Los parámetros del modelo A y/o B no dependen de la temperatura en el rango de temperaturas en estudio (modelo *Global* en el caso de que ambos sean constantes con la temperatura; modelo *A fijo*, cuando sólo B varía con la temperatura; y modelo *B fijo* si sólo A depende de la temperatura).

H_1 : Los parámetros del modelo A y B dependen de la temperatura en el rango de temperaturas en estudio (modelo de *parámetros individuales*).

A partir de la Suma de Cuadrados Extra de cada uno de los modelos se obtuvo el estadístico de contraste F_0 , que permitió comparar los modelos referidos a cada una de las hipótesis (Zárate y et al., 2011). La falta de ajuste del modelo fue testada mediante una comparación directa utilizando el estadístico de contraste F_0^{dc} (Kobashayi y Salam, 2008; Zárate y et al., 2011).

5.3. Aceite de canola laminada: La cinética de la extracción de aceite se evaluó mediante el modelo original (Ec. 4) y el modelo modificado (Ec. 5) propuesto por Duggal (Kashyap y et al., 2007).

$$E = 1 - \frac{Mt}{M_\infty} = C e^{-kt} \tag{4}$$

$$E = 1 - \frac{Mt}{M_\infty} = e^{-k_1 t^n} \tag{5}$$

donde E es la fracción de aceite residual en la harina en el tiempo t de extracción, expresado como % del total de aceite; M_t y M_∞ el contenido de aceite extraído en el t e infinito, respectivamente; k y k_1 son tasas de extracción constantes, y C y n son las constantes del modelo.

4. Resultados:

En la Figura 1 se muestran las micrografías de las muestras de canola molida, pretratada hidrotérmicamente y molida y laminada, observándose distintas conformaciones de la estructura dependiendo de los pretratamientos aplicados. El tratamiento hidrotérmico mejora la disponibilidad del aceite ya que la matriz sólida cambia debido a la desnaturalización de la proteína y reduce la viscosidad del aceite por acción de la temperatura. Este efecto se puede observar en las microfotografías a) y b), en donde se aprecia que la muestra tratada tiene un aspecto aglomerado (Szydłowska-Czerniak et al., 2010).

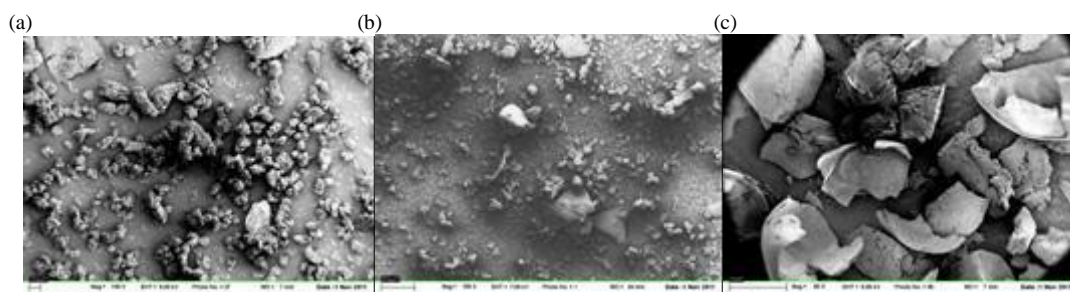


Figura 1 - Micrografías de las muestras de canola molida (a), pretratada hidrotérmicamente y molida (b) y laminada (c)

6. Modelado de la cinética de extracción

6.1. Extracción por agitación de aceite de canola sin tratar y pretratada hidrotérmicamente: En la Tabla 1 se muestran los coeficientes obtenidos del ajuste y el coeficiente de determinación R^2 de los diferentes modelos planteados cuando se trabajó con la semilla de canola sin tratar y pretratada hidrotérmicamente.

Cuando se analizó la cinética de extracción de aceite a partir de granos de canola sin tratar, en función de las hipótesis planteadas, se encontró que sólo el modelo *B fijo* presentaba diferencias significativas respecto al de parámetros individuales. Por lo tanto, el modelo elegido para representar la cinética de extracción de aceite de canola primaveral sin tratar fue el modelo con *A fijo*. Al evaluar la falta de ajuste del modelo, se obtuvo $F_o^{dc} = 0,76$, valor menor al crítico $F_c^{dc} = 1,84$ (falta de ajuste no significativa a un nivel de confianza del 95 %), demostrando que el modelo elegido es adecuado. Considerando que el tiempo de lavado es muy corto, t_0 tiende a cero, el cociente M_o/M_∞ puede ser evaluado a partir del coeficiente A . El valor obtenido fue de 0,27, ilustrando una cantidad significativa de aceite extraído durante la etapa de lavado.

Tabla 1 - Coeficientes estimados para los distintos modelos propuestos

Modelo	T (K)	Canola sin tratar			Canola pretratada hidrotérmicamente		
		A x 10 ²	B x 10 ⁴	R ²	A x 10 ²	B x 10 ⁴	R ²
Global	313 - 333	45,46 ± 2,04	3,40 ± 0,32	0,88	30,39 ± 2,53	7,34 ± 1,08	0,85
<i>Parámetros individuales</i>	313	48,08 ± 1,91	2,60 ± 0,24	0,95	23,23 ± 3,80	5,79 ± 1,78	0,81
	323	41,03 ± 2,39	3,58 ± 0,46	0,94	36,70 ± 4,62	8,33 ± 1,80	0,90
	333	48,66 ± 5,07	6,08 ± 1,00	0,91	31,48 ± 4,16	7,61 ± 1,77	0,88
<i>A fijo</i>	313		2,37 ± 0,17	0,94		8,46 ± 1,52	0,77
	323	45,46	4,16 ± 0,40	0,93	30,39	6,73 ± 1,11	0,88
	333		5,59 ± 0,58	0,91		7,27 ± 1,07	0,88
<i>B fijo</i>	313	50,14 ± 1,47		0,94	25,45 ± 2,78		0,80
	323	38,88 ± 1,75	3,40	0,93	34,55 ± 2,68	7,34	0,89
	333	34,46 ± 3,26		0,81	30,92 ± 2,52		0,88

Por otro lado, en el análisis de extracción de aceite a partir de canola pretratada hidrotérmicamente, no se encontraron diferencias significativas entre el modelo de parámetros individuales y el modelo *global* ($F_0 < F_c$), demostrando que ni el coeficiente A ni el B dependen de la temperatura. Del análisis estadístico para testear la bondad de ajuste del modelo seleccionado (*global*) se obtuvo un $F_o^{dc} = 1,55$, menor al valor crítico $F_c^{dc} = 1,98$ (falta de ajuste no significativa a un nivel de confianza del 95 %).

En las Figuras 2 y 3 se muestran las respuestas de M_t/M_∞ simuladas mediante los modelos seleccionados.

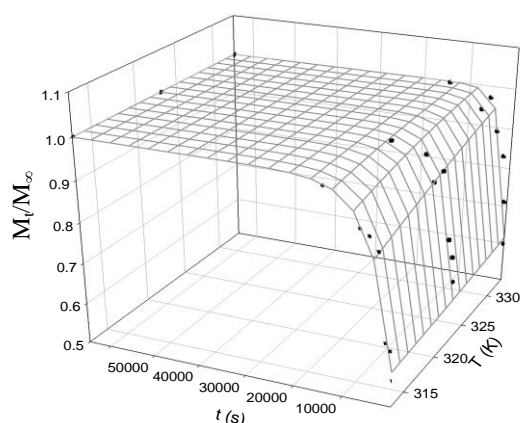


Figura 2 - Cinética de extracción de aceite de canola sin pretratamiento: fracción de aceite extraída (M_t/M_∞) en función del tiempo y la temperatura de extracción. Puntos llenos representan los datos experimentales y la malla los datos simulados por el modelo *A fijo*

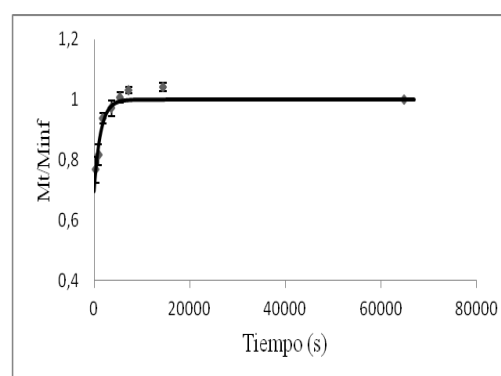


Figura 3 - Cinética de extracción de aceite de canola con pretratamiento hidrotérmico: fracción de aceite extraída (M_t/M_∞) en función del tiempo. Puntos llenos representan datos experimentales y la línea representa los datos simulados por el modelo *global*. T = 313-333K

Los valores del coeficiente de difusión efectivo (D_{eff}), evaluados a partir del parámetro B, se muestran en la Tabla 2. Estos valores se hallan en el mismo orden de magnitud que los informados para otros aceites de oleaginosas extraídos con hexano, como por ejemplo para girasol cultivable ($1,43 \cdot 10^{-12}$ - $1,96 \cdot 10^{-12}$ m²/s) y para girasol silvestre ($1,49 \cdot 10^{-12}$ - $2,07 \cdot 10^{-12}$ m²/s) según datos reportados por Perez y et al., 2011.

Tabla 2 - Coeficientes de difusión efectivo (m²/s)

Temperatura	40 °C	50 °C	60 °C
Canola sin pretratar	3,15 10 ⁻¹²	4,90 10 ⁻¹²	7,44 10 ⁻¹²
Canola pretratada hidrotérmicamente	9,37 10 ⁻¹²		

Se utilizó la función de Arrhenius para representar la dependencia de D_{eff} con la temperatura en la muestra sin pretratar. La solución del ajuste de la linealización de esta expresión dio origen a la siguiente expresión (Ec. 6).

$$\ln(D_{eff}) = -15,5(\pm 2,24) - \frac{4484(\pm 723)}{T} \quad (6)$$

generando un R^2 igual a 0,975, un valor del coeficiente preexponencial y de energía de activación de $5,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ y $37,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, respectivamente.

6.2. Extracción de aceite a partir de canola laminada: En la Tabla 3 se presentan los valores de los parámetros y el coeficiente de correlación de los modelos original y modificado de Duggal (Kashyap et al., 2007).

Tabla 3 - Valores de los parámetros ajustados según el modelo de Duggal

Modelo Original			Modelo Modificado		
C	K	R ²	n	k ₁	R ²
0,6338 ± 0,021	0,3397 ± 0,019	0,98	0,5582 ± 0,020	0,8361 ± 0,019	0,98

La bondad de ajuste de los modelos fue testada utilizando comparación directa (Kobashayi y Salam, 2008). Para el modelo original y modificado de Duggal se obtuvo un F_o^{dc} igual a 0,33 y 0,19 respectivamente, siendo ambos menores al valor crítico $F_c^{dc}=3,18$ (falta de ajuste no significativa a un nivel de confianza del 95 %). Por lo tanto, el modelo modificado representa en forma más adecuadamente la cinética de extracción de aceite de las láminas de canola estudiadas. Los resultados obtenidos son del mismo orden que los hallados por otros autores para la cinética de extracción con hexano de láminas de soja, obtenidas comercialmente y en laboratorio (C, k, n y k₁ de 0,5232-0,6297, 0,1012-0,1059, 0,5467-0,6518 y 0,3442-0,4816 respectivamente, Seth et al., 2007). El ajuste de la cinética de extracción de aceite a partir de canola laminada y los datos experimentales pueden observarse en la Figura 4.

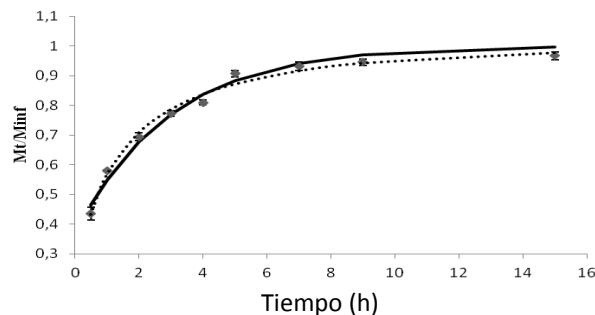


Figura 4 - Cinética de extracción de aceite de canola primaveral laminada: fracción de aceite extraída (M_t/M_∞) en función del tiempo. Los puntos llenos representan los datos experimentales, la línea recta representa los datos simulados por el modelo original y la línea punteada representa los datos simulados por el modelo modificado.

5. Conclusiones:

Tanto para la muestra de canola sin tratar como la pretratada, el rendimiento de aceite en el extracto aumentó a medida que transcurrió el tiempo de extracción. Se pudo observar una etapa inicial muy rápida en la que se eliminó una fracción mayoritaria del aceite presente, luego la extracción del aceite fue lenta. Este comportamiento puede ser atribuido a que los pretratamientos previos de las semillas, molienda, pretratamiento hidrotérmico y laminado, facilitan la extracción de aceite por lavado, debido a la ruptura de la estructura donde se aloja el aceite. La primera etapa de lavado es mucho más rápida que la etapa subsiguiente (etapa de difusión).

La extracción de aceite de canola por agitación se describió satisfactoriamente mediante un modelo difusivo modificado, obtenido a partir de la segunda Ley de Fick, que involucra dos parámetros: A, asociado a la fracción extraída durante la primera etapa de lavado y B, asociado al coeficiente difusivo. En el caso de la extracción de aceite por agitación a partir de canola sin tratar (molida), el modelo seleccionado fue el *A fijo* (donde sólo el coeficiente B variaba con la temperatura). Sin embargo, cuando se utilizó canola pretratada ni el parámetro A ni el B fueron afectados por la variación de temperatura, aceptándose el modelo *Global*. Por otro lado, pudo encontrarse una relación del coeficiente de difusividad efectivo (asociado al parámetro B) con la temperatura para la muestra sin tratar mediante la expresión de Arrhenius. En cambio, para la muestra pretratada hidrotérmicamente este coeficiente se mantuvo constante en el rango de 313 a 333 K. Asimismo, la extracción de aceite de la muestra de canola laminada se describió adecuadamente mediante el modelo matemático de Duggal, tanto en su versión original, como modificada, esta última se ajustó más apropiadamente.

6. Bibliografía:

- Burnet, M.A.; Perez, E.E.; Crapiste, G.H., Nolasco, S.M.; Fernández M.B. (2010) Condiciones óptimas de operación en pretratamientos hidrotérmicos aplicados a granos de canola. VI Congreso Argentino de Ingeniería Química, Mar del Plata, Argentina..
- Duggal, A. (1987). Solvent extraction characteristics of dehusked soy cotyledons and soy flakes. Unpublished M.Sc. thesis. Dep. Food Sc. and Tech., G.B.
- Fernández, M.B.; Perez, E.E.; Nolasco, S.M.; Crapiste, G.H. (2008). Estudio comparativo de la dependencia con la temperatura del coeficiente de difusión de aceite de canola y girasol durante la extracción con hexano. III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina.
- Kashyap, M.C.; Agrawal, Y.C.; Ghosh P.K., Jayas, D.S.; Sarkar, B.C.; Singh B.P.N. (2007). Oil extraction rates of enzymatically hydrolyzed soybeans. *Journal of Food Engineering* 81: 611 – 617.
- Kobayashi, K.; Salam, M U. (2000). Comparing Simulated and Measured Values Using Mean Squared Deviation and its Components. *Agron. J.* 92: 345 - 352.
- Perez, E.; Carelli, A.; Crapiste, G. (2011). Temperature – dependent diffusion coefficient of oil from different sunflower seeds during extraction with hexane. *Journal of Food Engineering*, 105:180-185.
- Seth, S.; Agrawala, Y.C.; Ghoshb, P.K.; Jayasb, D.S.; Singh B.P.N. (2007). Oil extraction rates of soya bean using isopropyl alcohol as solvent. *Biosystems Engineering* 97:209 – 217.
- Szydłowska-Czerniak, A; György Karlovits, Hellner, G.;Dianoczki, C.; Szlyk, E.(2010). Effect of enzymatic and hydrothermal treatments of rapeseeds on quality of the pressed rapeseed oils Part I: Antioxidant capacity and antioxidant content. *Process Biochemistry* 45:7–17.
- Zárate, V.; Perez, E.E.; Crapiste, G.H., Nolasco, S.M.; Fernández M.B. (2011). Extracción de aceite de canola variedad primaveral: comparación de parámetros en modelos no lineales. XVI EMCI. Olavarría, Argentina.

57TCA. DESARROLLO DE UN ALIMENTO TIPO “SNACK” A PARTIR DE RODAJAS DE MANZANA VERDE

TAVERA QUIROZ, M. J.¹, URRIZA, M.¹, PINOTTI, A.^{1,2}, BERTOLA, N.¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA) CONICET, Facultad de Ciencias Exactas. ²Facultad de Ingeniería, UNLP. 47 y 116, La Plata (1900). Buenos Aires, Argentina.

E-mail: nbertola@cidca.org.ar

Resumen: En el presente trabajo se desarrollaron snacks de manzana horneados a partir de manzana verde (*Granny Smith*). Se estudió el efecto de diferentes pretratamientos (escaldado con vapor, impregnación con Ca y azúcares como maltodextrina y fructosa) sobre los parámetros de color, textura, humedad y a_w . Asimismo se determinó la temperatura de transición vítrea (T_g) a través de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis dinámico mecánico (DMA). Los resultados obtenidos del análisis de la microestructura por SEM indicaron que el agregado de calcio en el pretratamiento resultó beneficioso ya que se observó la reducción de los poros en la estructura tisular, relacionado con mayor firmeza. La solución de impregnación formulada con 15% de fructosa y 15% de maltodextrina (snack A) dio como resultado el snack de manzana con mayor aceptabilidad por los consumidores en los diferentes atributos evaluados (color, sabor ácido, dulzor, textura). El mismo presentó diferencias significativas en los parámetros de textura y de color b^* respecto de las demás formulaciones probadas. Del análisis térmico obtenido por DSC y DMA se observó que los snacks tuvieron una temperatura de transición vítrea alrededor de los 60°C. El contenido de polifenoles se mantuvo y hubo un aumento en la concentración de carbohidratos para el snack A.

1. Introducción

Los alimentos tipo “snack” a partir de manzana, puede ser una elección saludable respecto a los snacks tradicionales que tienen elevados contenidos de sodio y grasas saturadas. Los alimentos deshidratados tienen especial importancia debido a que las reacciones de deterioro y la contaminación microbiana están reducidas y su calidad se encuentra mayormente afectada por los cambios inducidos durante el proceso (Telis y Telis-Romero, 2005). El tratamiento térmico produce cambios en la microestructura, y por lo tanto en la textura. La textura ha sido reconocida como uno de los más importantes los atributos de calidad en los alimentos tipo snacks y durante la deshidratación de frutas y vegetales se asocia fuertemente con la composición y estructura de las paredes de las células. La pérdida de agua es acompañada por la pérdida de presión interna y las contracciones del tejido celular el cual se ablanda. Esta presión se conoce como la presión de turgencia y desempeña un papel importante en las propiedades texturales de los tejidos vegetales (Ramos et al., 2003). Una alternativa para mitigar los efectos de este proceso sobre el tejido de la fruta, optimizar el proceso, otorgar al snack características organolépticas atractivas para el consumidor y mantener las propiedades nutricionales es la utilización de diversos pretratamientos para evitar el pardeamiento enzimático y mejorar la firmeza del tejido. El agregado de calcio combinado con tratamiento térmico resulta en un aumento de la firmeza del tejido vegetal debido a su capacidad de interactuar con las pectinas (Alzamora et al, 2000). Numerosos investigadores han estudiado la influencia del pretratamiento con sales de calcio en distintos sistemas vegetales, analizando su influencia desde el punto de vista tanto de las propiedades mecánicas (Sousa et al., 2007) como de las características nutricionales (Alzamora et al., 2005). Además también se integra la adición

de solutos al proceso porque permite aumentar la estabilidad del producto, reduce el tiempo de deshidratación y otorga color y sabor ideales a productos de este tipo.

2. Objetivos:

Desarrollar un snack libre de grasa a partir de rodajas de manzana verde horneadas aplicando diferentes pretratamientos (escaldado con vapor, impregnación con Ca y azúcares).

- 1) Analizar las propiedades físicas y sensoriales del snack obtenido.

3. Materiales y métodos

Preparación de las rodajas de manzana

Se trabajó con manzanas *Granny Smith*, seleccionadas por tamaño y apariencia. Para el desarrollo de las experiencias se estandarizaron lotes de manzanas con humedades del 85% y contenido de sólidos solubles de 11 ± 1 ° Brix y se almacenaron a 4-6 °C.

Las manzanas fueron lavadas y cortadas en rodajas 2 ± 0.2 mm de espesor, seccionadas a 35 ± 1 mm de diámetro con un sacabocados y secadas con papel absorbente. Grupos de muestra de 10 rodajas se sumergieron en una solución de carbonato de calcio (CaCO_3) al 2,5% durante 2 min y se escaldaron con vapor durante 3 min.

Pretratamiento con soluciones de azúcares (maltodextrina/fructosa)

Una vez enfriadas las rodajas de manzana se sumergieron en soluciones acuosas de maltodextrina (M) y fructosa (F) al 30% p/p a 30°C. La solución A tuvo una relación entre los azúcares M: F de 15%:15%, la solución B de 20%:10% y la C de 10%:20%. A cada una de las soluciones se agregó ácido ascórbico al 2%. En cada experiencia se tomaron muestras a distintos tiempos entre 0 y 290 min, se escurrieron sobre papel filtro y se pesaron. A cada muestra se le analizó el contenido de humedad y el contenido de sólidos solubles. A partir de estos valores se determinaron los parámetros de pérdida de agua (WL, $\text{g}_{\text{agua}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$) y ganancia de sólidos (SG, $\text{g}_{\text{ss}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$) a partir de las siguientes ecuaciones (Kaymak-Ertekin y Sultanoglu (2000):

$$WL = \frac{M_0 X_0^W - M_t X_t^W}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{M_t X_t^{SS} - M_0 X_0^{SS}}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

Donde M_0 es la masa inicial de la muestra, M_t la masa de la muestra en el tiempo t , X_0^W la cantidad de agua inicial de la muestra, X_t^W la cantidad de agua de la muestra en el tiempo t , X_0^{SS} la concentración de sólidos solubles iniciales de la muestra y X_t^{SS} la concentración de sólidos solubles a tiempo t .

Las curvas obtenidas se modelaron a partir de un modelo empírico desarrollado por Azuara (1992) a partir de los balances de masa, obteniéndose ecuaciones que requieren dos parámetros ajustables:

$$WL = \frac{A_1 t (WL_{\infty})}{1 + A_1 t} \quad (3)$$

$$SG = \frac{A_2 t (SG_{\infty})}{1 + A_2 t} \quad (4)$$

Donde: WL es la fracción de agua pérdida en el tiempo t, WL_{∞} la fracción de agua pérdida en el equilibrio, SG la ganancia de sólidos en el tiempo t, SG_{∞} la ganancia de sólidos en el equilibrio y A_1 y A_2 son parámetros que pueden definirse como constantes de velocidad relativas a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos respectivamente.

Horneado

Para la obtención de los snacks se utilizó un horno de convección forzada Multiequip HCE-3 a 85°C. El tiempo de horneado que fue de 1h, se estableció en base a consideraciones de humedad y color. Los snacks obtenidos a partir de cada solución se denominaron A, B y C.

Determinación de humedad, contenido de sólidos solubles y actividad acuosa (a_w)

Con la finalidad de caracterizar la manzana fresca se determinaron el contenido de agua inicial, sólidos solubles y la actividad acuosa. La humedad de la fruta fresca se determinó, mediante secado en estufa de vacío a 70°C hasta pesada constante. La determinación de sólidos solubles se realizó con un refractómetro Hanna HI96801. La actividad acuosa fue medida en un equipo Aqualab 3TE (Decagon Devices, Inc., Estados Unidos). Las determinaciones de humedad y a_w también se realizaron sobre los snacks obtenidos.

Análisis de textura y color

Para evaluar la textura se utilizó un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido) utilizando una sonda semi-esférica de 5 mm de diámetro. Se determinó la fuerza máxima en el punto de ruptura (N). Para cada lote (A, B y C) se analizaron 10 rodajas por duplicado.

El color superficial de las muestras se determinó por cuadruplicado con un colorímetro Minolta CR400 (Japón), obteniéndose los parámetros de cromaticidad a^* y b^* y luminosidad L^* .

Microscopia electrónica de barrido

Se examinaron muestras con y sin agregado de carbonato de calcio, mediante SEM (LEO 1420VP, Carl Zeiss SMT AG, Alemania) sin revestimiento metálico y bajo vacío. Las muestras fueron analizadas con aumentos de 150 x, 300x, 600 x y 1200 x.

Análisis de las propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de cada uno de los snacks de manzana obtenidos y de la fruta fresca se determinaron a través de un DSC TA Instruments Q100 (USA) a 10°/min entre -70°C y 200°C, enfriamiento hasta -70°C y calentamiento hasta 250°C. También fueron determinadas en un DMA TA Instruments Q800 con un cantilever con apoyo central. Se realizó una deformación dinámica a distintas frecuencias desde -100 hasta 200 °C obteniéndose los valores de las propiedades viscoelásticas de las muestras: módulo de pérdida y almacenamiento y la tan delta (relacionada con las relajaciones producidas en las temperaturas cercanas a la transición vítrea).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras de snack de manzana (A, B y C) se realizó con 40 panelistas no entrenados. Las muestras fueron codificadas al azar y se dispusieron en bandejas. Se evaluaron color, textura, dulzor, sabor ácido y aceptabilidad general

utilizando una escala hedónica de 9 puntos para cada uno. Además se pidió a cada evaluador que otorgara un puntaje a cada una de las muestras.

Determinaciones de aporte nutricional de manzana fresca y el snack de manzana Para la determinación de azúcares totales se utilizó el método de Antrona. Se realizó una curva de calibración, utilizando una solución de glucosa como patrón para obtener concentraciones en el rango de 5 a 30 $\mu\text{g/ml}$. Los resultados se expresaron como g de glucosa/100 g de tejido.

La extracción de los polifenoles totales se realizó de acuerdo al método de Folin Ciocalteu. Los resultados se expresaron en mg equivalentes ácido gálico (EAG) por 100 g de materia seca.

La determinación de proteínas se llevó a cabo por el método de Kjeldhal utilizando un factor de 6.25 para convertir nitrógeno a proteínas.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para evaluar el efecto de los factores analizados utilizando el programa Systat. Para los ensayos de comparación de medias se empleó el test de menor diferencia significativa (LSD) con $P < 0,05$.

4. Resultados y discusión

Los valores obtenidos de pérdida de agua y ganancia de sólidos se modelaron según las ecuaciones (3) y (4). En la Fig. 1 se puede observar el ajuste de los datos al modelo propuesto para las muestras que se sumergieron en la solución C ($R^2 = 0,944$). Los valores de las constantes hallados fueron: $WL_{\infty} = 37,79 \text{ g}_{\text{agua}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$, $SG_{\infty} = 4,45 \text{ g}_{\text{ss}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$, $A_1 = 0,084 \text{ min}^{-1}$ y $A_2 = 0,139 \text{ min}^{-1}$. Se estableció como tiempo de tratamiento el tiempo al cual SG fue el 70% de SG_{∞} (16 min).

Las micrografías obtenidas por SEM de la muestra sin ningún pretratamiento mostraron un tejido altamente colapsado con una distribución no uniforme de poros, mientras que para las muestras con calcio se observaron poros de tamaños más pequeños y una distribución uniforme de los mismos (Fig.2). Según González-Fésler et al (2008) los tratamientos térmicos moderados activan las enzimas pépticas presente en la fruta, que hidrolizan las pectinas, permitiendo que se unan con los átomos de Ca proporcionando una estructura más rígida en la lamela media de la pared celular. Se observó que la fuerza máxima en la ruptura de los snacks B y C fue superior a los valores obtenidos a partir de la solución A (Tabla 1). En las imágenes obtenidas por SEM se pudo observar que la muestra A presentó una estructura más porosa que los chips B y C, lo que explica la disminución de la dureza (Fig. 2 b, c, d).

La humedad y la actividad acuosa de los discos de manzana horneados no presentaron diferencias significativas respecto a la composición de la solución de azúcares utilizadas al igual que la luminosidad (L^*) (Tabla 1). La muestra sometida a impregnación con una solución de maltodextrina/fructosa en relación 1:1 presentaron menores valores de b^* (disminución del color amarillo respecto de las otras muestras) (Tabla 1 y Fig. 3)

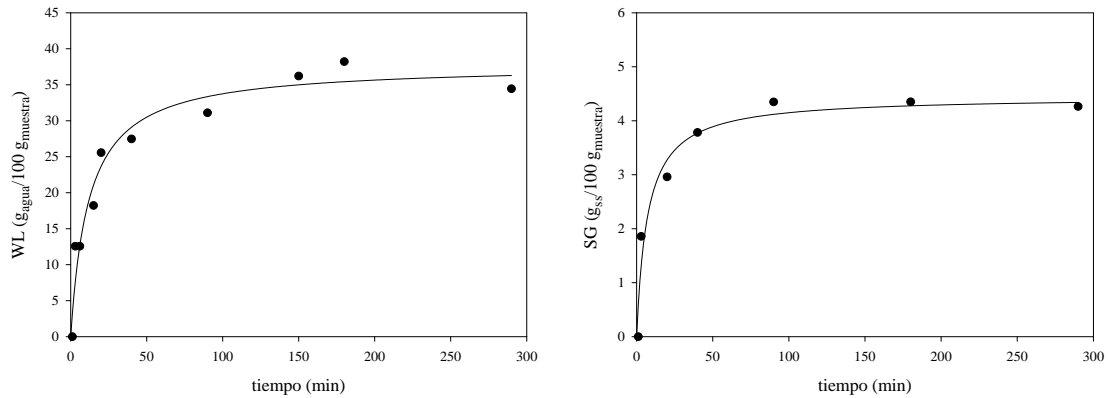


Fig. 1. Curvas de pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos (SG) en rodajas de manzanas pretratadas en soluciones de maltodextrina/fructosa al 30% (1:2). (●) Valores experimentales, (—) modelo.

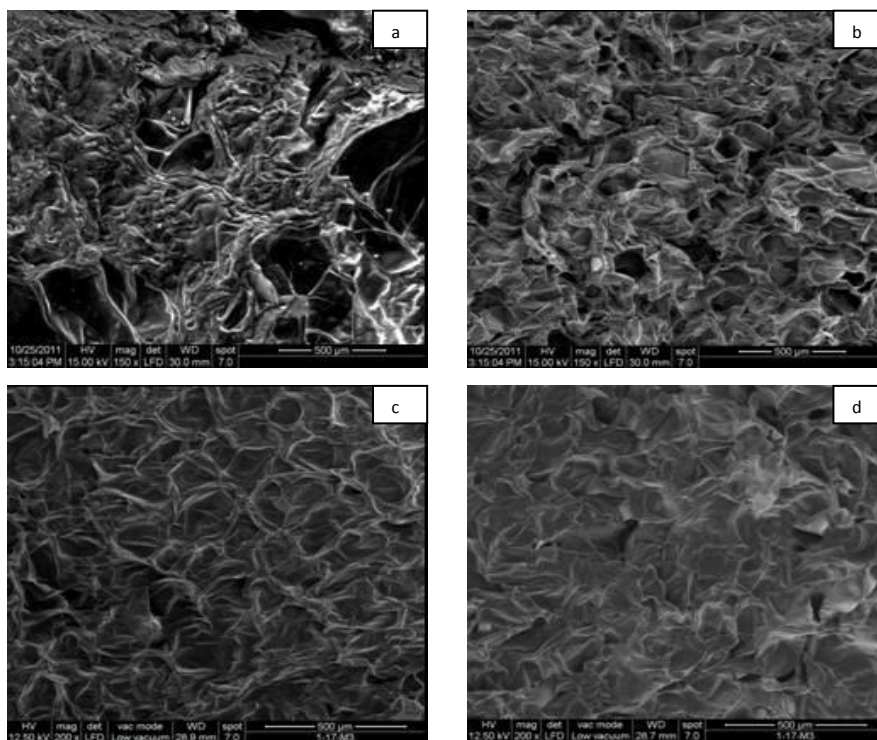


Fig. 2. Micrografías obtenidas por SEM a) snack de manzana sin pretratamiento, b), c) y d) snacks de manzana tratadas con calcio y maltodextrina/fructosa 1:1, 1:2, 2:1 respectivamente.

El puntaje otorgado por el panel de evaluación sensorial no entrenado para cada snack probado fue de 7,06 para la muestra A, 6,4 para B y 5,52 para C.

La fuerza máxima en la ruptura y la crocancia en las medidas de textura tienen una relación inversa, esto explica la mayor aceptabilidad para dicho atributo de la muestra A (Tabla 2) que presentó los menores valores de fuerza máxima (Tabla 1). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Lue-Lue et al (2011) estudiando la textura en chips de papas y manzanas.

Tabla 1. Propiedades físicas de snacks de manzana A, B, C obtenidos por horneado a 85 °C

	<i>Dureza (N)</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>Humedad</i> (<i>g agua/100g muestra</i>)	<i>a_w</i>
<i>A</i>	2,5 ^a	60,2 ^a	3,3 ^a	26,7 ^a	6,2 ^a	0,362 ^a
<i>B</i>	4,0 ^b	59,9 ^a	4,0 ^a	27,5 ^{a,b}	5,8 ^a	0,361 ^a
<i>C</i>	5,6 ^b	59,0 ^a	5,7 ^b	29,1 ^b	5,3 ^a	0,351 ^a

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$

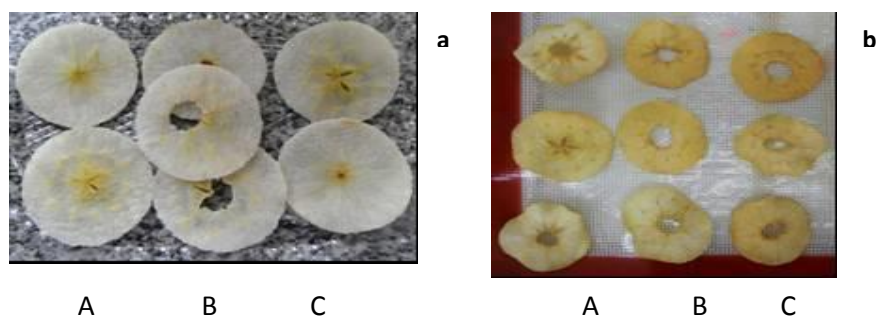


Fig. 3. a) Rodajas de manzanas escaldadas con vapor e impregnadas con calcio y azúcares b) Snacks obtenidos por horneado. A, B y C corresponden a cada relación maltodextrina /fructosa utilizada.

Tabla 2. Resultados de evaluación sensorial para los snacks A, B y C

	<i>Aceptabilidad global</i>	<i>Textura</i>	<i>Color</i>	<i>Dulzor</i>	<i>Sabor ácido</i>
<i>A</i>	6,77 ^a	6,15 ^a	6,87 ^a	6,52 ^a	6,57 ^a
<i>B</i>	6,10 ^{a,b}	5,15 ^a	6,62 ^a	5,97 ^a	5,91 ^{a,b}
<i>C</i>	5,47 ^b	3,92 ^b	6,50 ^a	6,30 ^a	5,55 ^b

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$

A partir de los termogramas obtenidos por DSC se determinaron las temperaturas de transición vítrea de los chips de manzana obteniéndose valores de 54,5 °C, 65,5°C y 56,0°C para las muestras A, B y C respectivamente. Para la fruta fresca se obtuvieron valores de -40°C y para la fruta horneada sin pretratamientos de 8,5°C. Por DMA se obtuvieron valores entre 40-60°C para los snacks obtenidos por horneado (Fig. 4).

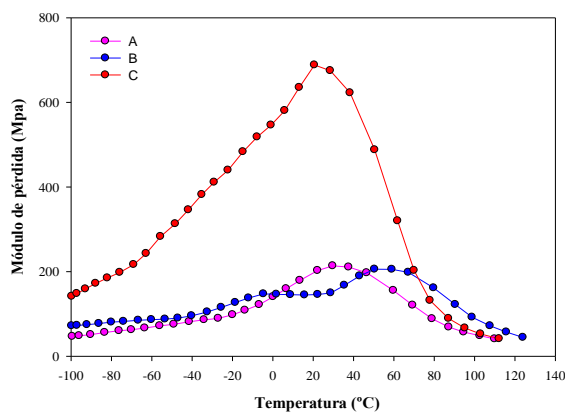


Fig. 4. Curva de módulo de pérdida (Mpa) de los snacks de manzana A, B y C (15 Hz).

Para el snack A los resultados obtenidos de las determinaciones de aporte nutricional muestran un aumento en la concentración de carbohidratos debido a la impregnación con azúcares y no presentan modificaciones significativas en la concentración de polifenoles (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de aporte nutricional de manzana verde fresca y el snack de manzana horneado A

	<i>Manzana verde fresca</i>	<i>Snack de manzana A</i>
<i>Proteínas (g)*</i>	0,46	0,25
<i>Carbohidratos totales (g)*</i>	6,85	13,12
<i>Polifenoles totales (mg)*</i>	4,75	5,65

*valores expresados en b.s

5. Conclusiones

La utilización de pretratamientos de impregnación con calcio y azúcares (maltodextrina y fructosa) permitió obtener un producto tipo snack libre de grasa con buena aceptabilidad por los consumidores. El uso de maltodextrinas permitió aumentar el contenido de sólidos sin afectar mayormente el sabor natural de la fruta fresca. Además por tratarse de un polisacárido de alto peso molecular generó corrimientos a valores mayores de transición vítrea respecto de la fruta fresca horneada sin agregado de azúcares, lo que se traduce en una mayor resistencia de la estructura a cambios de temperatura y humedad relativa.

6. Referencias

- Alzamora, S.M.; Salvatori, D.; Tapia, M.; López-Malo, A.; Welti-Chanes, J.; Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering*, 67: 205-2014.
- Azuara, E., Cortes, R., García, H.S, Beristain, C.I. (1992). Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *International Journal of Food Science and Technology*, 27: 239-242.
- González-Féslser, M., Salvatori, D., Gómez, P., Alzamora S.M. (2008). Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation. *Journal of Food Engineering*. 87: 323–332.
- Kaymak–Ertekin, F., Sultanoglu, M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*. 46: 243-250.
- Lue-Lue Huang, Min Zhang, Arun S. Mujumdar, Rui-xin Lim (2011). Comparison of four drying methods for re-structured mixed potato with apple chips. *Journal of Food Engineering*. 103: 279-284.
- Ramos, I. N., Brandao, T. R. S., Silva, C. L. M. (2003). Structural changes during air drying of fruits and vegetables. *Food Science Technology International*, 9(3): 201–206.
- Sousa, M.; Canet, W.; Álvarez, M.; Fernández, C. (2007). Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv. *Heritage*) and blackberry (cv. *Thornfree*). *Journal of Food Engineering*, 78: 9-21.
- Telis, V. R. N., Telis-Romero, J. (2005). Solids rheology for dehydrated food and biological materials. *Drying Technology*, 23: 759–780.

58TCA. ESTUDIO COMPARATIVO DE ENZIMAS FOSFOLIPASAS Y ACILTRANSFERASAS APLICADAS AL PROCESO DE DESGOMADO DE ACEITES DE GIRASOL.

D.L. LAMAS, L.N. CECI, G.H. CRAPISTE y D.T. CONSTENLA

PLAPIQUI Universidad Nacional del Sur – CONICET. Camino La Carrindanga Km 7, C.C. 717, 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. E-mail: dlamas@plapiqui.edu.ar

Resumen: Diversas enzimas microbianas han sido desarrolladas para aplicar al proceso de desgomado de aceites vegetales. Esta técnica mejora la calidad del producto y permite aumentar el rendimiento del aceite, disminuyendo su contenido de fósforo.

Los ensayos de desgomado fueron realizados utilizando la enzima aciltransferasa LysoMax Oil de Danisco® y la enzima fosfolipasa A1 Lecitase Ultra de Novozymes. El diseño de experimentos permitió estudiar simultáneamente los efectos de todos los factores de interés sobre el proceso, resultando significativos el pH, la temperatura, la concentración de la enzima y el tiempo. El desgomado se evaluó a través de la determinación del contenido de fósforo residual en el aceite (respuesta del diseño experimental), obteniéndose valores menores a 3 ppm cuando las enzimas trabajan a: pH 5, 50°C de temperatura y concentración de enzima de 200 U/kg de aceite.

Palabras clave: aceites vegetales, desgomado enzimático, fosfolipasa, aciltransferasa, diseño experimental.

1. Introducción:

Mientras que en las últimas décadas, las metodologías convencionales de procesos fisicoquímicos se han desarrollado a niveles que permitieron la producción, separación y determinación analítica de una enorme variedad de productos, se siguen buscando metodologías alternativas que además de ser eficientes y seguras no sean perjudiciales para el medio ambiente.

En este sentido, una de las estrategias más prometedoras es la utilización de enzimas que son catalizadores biológicos altamente específicos, biodegradables y fácilmente removibles.

Este conjunto único de características de las que gozan las enzimas para su uso como catalizadores ha sido explotado a nivel industrial, habiéndose introducido hace más de una década, en el refinado de aceites comestibles.

En los últimos años, se han propuesto algunos procesos de desgomado enzimático, a escala laboratorio y de plantas piloto. Esta técnica mejora la calidad del producto y permite aumentar el rendimiento del aceite, disminuyendo su contenido de fósforo.

Las diferentes enzimas que se encuentran comercialmente disponibles para el desgomado de aceites vegetales, varían en el modo en que actúan sobre los fosfolípidos, pero todas aumentan el rendimiento de la fase oleosa recuperada durante este proceso (Galhardo & Hitchman, 2011).

Existen varios tipos de enzimas de interés para el procesamiento de aceites vegetales, como la fosfolipasa A1, PLA₁, y la fosfolipasa A2, PLA₂ que remueven el ácido graso de la posición 1 y 2 respectivamente con respecto al glicerol, formando lisofosfolípidos de fácil hidratación; la fosfolipasa B, PLB que elimina ambos ácidos grasos del grupo glicerol, la fosfolipasa C, PLC, que cataliza la hidrólisis del enlace fosfato-glicerol en la fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina, y entre otro grupo de enzimas microbianas, la

aciltransferasa (p.e. LysoMax Oil de Danisco) que transfiere un ácido graso a un esteroil que se encuentre presente en el aceite para convertirlo en un éster de ácido graso.

La fosfolipasa C (Purifine® C de Verenium), produce la formación de diacylgliceroles que permanecen en el aceite durante el refinado (Dijkstra, 2011).

La enzima microbiana Lecitase Ultra (PLA₁, de *Thermomyces lanuginosus*) de Novozymes, trabajando a valores de pH cercanos a 5, a 50°C de temperatura y 200 U/kg durante 180 minutos, permite obtener aceites con valores de fósforo residual menores a 5 mg/kg de aceite (Lamas et al., 2010).

Lysomax Oil logra reducir el fósforo residual a valores inferiores a 3 ppm en ese rango de variables, a tiempos que oscilan entre 30 y 90 minutos, (Lamas et al., 2011).

El ensayo de desgomado de laboratorio estándar comprende el tratamiento del aceite con buffer (0,1 M de citrato de sodio/hidróxido de sodio) para lograr el pH deseado, enfriamiento o calentamiento para alcanzar la temperatura de reacción, y el agregado de la correspondiente concentración de enzima. Durante el tiempo que dura el experimento completo, el aceite circula en un reactor con agitación continua (Clausen, 2001; Lamas et al., 2010).

El uso de enzimas en el proceso de desgomado requiere particular atención a las condiciones de reacción. Para optimizar el proceso, es necesario conocer qué variables influyen significativamente en el sistema objeto de estudio, y cómo estas afectan el proceso.

El diseño de experimentos permite estudiar simultáneamente los efectos de todos los factores de interés sobre un determinado proceso, y la posible interacción entre ellos.

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo fue aplicar el diseño experimental factorial (diseño factorial fraccionario 2^{5-1} con dos réplicas) al proceso de desgomado enzimático de aceite de girasol para evaluar el efecto del pH, temperatura, concentración de la enzima, tiempo de desgomado y relación buffer/sustrato, sobre la eficiencia del mismo.

El proceso de desgomado se efectuó utilizando dos enzimas, una aciltransferasa y una fosfolipasa A1, mediante ensayos individuales simultáneos y en paralelo, para realizar un análisis comparativo del efecto que provocan las mismas, sobre el contenido de fósforo residual del aceite.

3. Materiales y Métodos:

La muestra de aceite.

En este trabajo se utilizaron muestras de aceite de girasol crudo de extracción, provistas por la Empresa Oleaginosa Moreno Hermanos S.A., y muestras de aceite desgomado en el laboratorio.

El aceite de extracción corresponde al producto oleoso obtenido de la extracción por solventes, luego de los pasos iniciales de limpieza, descascarado, laminado, cocción y prensado.

Las enzimas.

Para el ensayo de desgomado enzimático se utilizó la enzima microbiana Lecitase Ultra (fosfolipasa A1, PLA₁, de *Thermomyces lanuginosus*) de Novozymes. Dicha enzima presenta selectividad para todos los fosfolípidos, pero los tiempos de reacción son distintos para cada caso en particular (Galhardo et al., 2010).

El bloque comparativo se realizó con la enzima LysoMax Oil de Danisco®, una aciltransferasa lipídica con actividad PLA2, que puede extraer una fracción de ácido graso de un fosfátido y transferirlo a un esteroles que se encuentre presente en el aceite para convertirlo en un éster de ácido graso. Si no hay esteroides libres presentes, la enzima da lugar a que se formen ácidos grasos libres.

Esta enzima actúa sobre todos los fosfolípidos presentes en el aceite, así, en un momento dado, la totalidad de los fosfátidos de la solución enzimática líquida terminan convertidos en lisofosfátidos, que retienen una cantidad menor de aceite que los fosfátidos originales. (Dijkstra, 2011).

El ensayo de desgomado enzimático.

El ensayo fue realizado en un sistema batch con agitación continua, variando la relación de buffer/sustrato (0,1 M de citrato de sodio/hidróxido de sodio), la temperatura, el tiempo, el pH y la concentración de enzima. Alícuotas de la mezcla de reacción fueron extraídas a los 30 y 90 minutos después del agregado de la solución de enzima y se calentaron durante 30 minutos a 100°C para detener la reacción enzimática. Luego se centrifugaron (15 minutos a 3500 rpm) para recuperar las fases oleosa y acuosa. Las muestras procesadas se conservaron hasta su análisis a temperatura de 5°C, protegidas de la luz.

Las técnicas de análisis utilizadas.

Para caracterizar el aceite crudo, se determinó la humedad de la muestra, usando la técnica AOCS Ca 2d-25, y el contenido de material insoluble en hexano por el método AOCS Ca 3a-46, ambos ensayos se realizaron por duplicado. La respuesta seleccionada para evaluar el diseño experimental fue la determinación de fósforo, en este caso, la determinación se realizó por triplicado, usando la técnica AOCS Ca 12-55.

El diseño experimental

A fin de determinar qué variables del proceso (factores) influyeron significativamente sobre el contenido de fósforo (respuesta). Se planteó un diseño experimental factorial, para poder luego optimizar el proceso de desgomado enzimático del aceite de extracción.

Luego de la revisión bibliográfica y la realización de ensayos preliminares se seleccionaron las variables del proceso (factores) y los niveles de los factores más relevantes. Considerando que las variables de interés fueron muchas ($k = 5$) se optó por un diseño factorial fraccionario 2^{k-1} (Montgomery Douglas, 2005), con dos réplicas, resultando un total de 32 ensayos para cada enzima. El experimento fue diseñado utilizando el programa Desing Expert 7.0. En la **Tabla 1** se muestran los factores y niveles seleccionados.

Tabla 1. Diseño factorial fraccionario 2^{5-1}

FACTORES	NIVELES	
A. pH	5	6
B. Temperatura (°C)	50	60
C. Concentración de enzima U/kg de aceite	100	200
D. Tiempo (min)	30	90
E. Relación Buffer/Sustrato % v/m	1	3
<i>Respuesta: Concentración de fósforo, ppm.</i>		

4. Resultados y Discusión:

En la **Tabla 2** se muestran los resultados obtenidos en la caracterización del aceite crudo de girasol de extracción.

Tabla 2. Caracterización de la muestra de aceite crudo.

Muestra	Humedad %	Insolubles en hexano %	Contenido de fósforo ppm
Aceite crudo	1,135±0,007	0,087±0,002	487±3

Para el estudio de la reacción de desgomado enzimático con ambas enzimas, se realizaron las determinaciones correspondientes a una matriz de ensayos generada por el diseño. A partir del análisis de los efectos significativos de cada factor, y de las interacciones entre ellos, se obtuvo un modelo predictivo cuyos coeficientes fueron analizados mediante ANOVA.

Para el estudio con Lysomax Oil, el contenido de fósforo osciló entre $2,61 \pm 0,04$ y $17,07 \pm 0,15$ ppm. Los datos obtenidos, no requirieron transformación para el análisis estadístico. Los resultados del análisis de varianza indican que el modelo fue significativo, (valor $F=308.91$) y que el contenido de fósforo fue significativamente influenciado por el pH, temperatura, concentración de enzima, tiempo y por las interacciones entre dos factores AB, AC, AE, BC, CD y DE (ver Tabla1), siendo, el valor p en todos los casos < 0.0001 .

La ecuación final del modelo en función de los factores codificados fue:

$$\text{Contenido de fósforo} = 8,98 - 0,58 * A - 0,54 * B - 1,97 * C - 2,81 * D + 0,028 * E - 2,47 * A * B - 0,38 * A * C + 0,73 * A * E + 1,08 * B * C + 0,72 * C * E + 0,69 * D * E$$

$$R^2 = 0,9941$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0,9909$$

$$R^2 \text{ predicho} = 0,9850$$

El mínimo contenido de fósforo predicho por el modelo (2,58 ppm) se obtuvo de aceite desgomado, a pH 5,5, con una temperatura aproximada de 55°C durante 90 minutos, y utilizando una concentración de enzima de 200 U/kg de aceite (**Figura 1**).

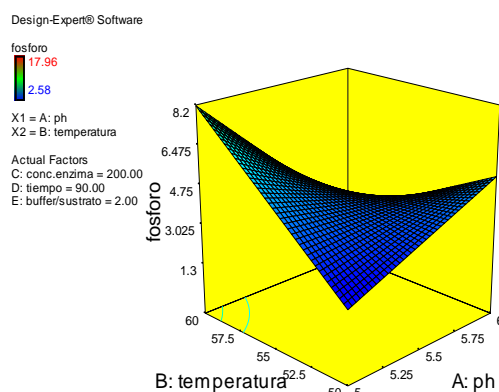


Figura 1. Contenido de fósforo vs. pH y Temperatura para Lysomax Oil.

Este gráfico de interacción de la temperatura con el pH permite observar las variaciones en la concentración de fósforo al modificar los parámetros evaluados. Si se fija la temperatura del ensayo de desgomado enzimático a 50°C o a 60°C de temperatura, el menor contenido de fósforo se obtiene a pH 6 y 200 U/kg de aceite, para cualquier tiempo de reacción, en cada caso.

Para los ensayos realizados con Lecitase Ultra, el contenido de fósforo osciló entre $2,64 \pm 0,07$ y $19,66 \pm 0,17$ ppm. Los datos obtenidos, no requirieron transformación para el análisis estadístico. Los resultados del análisis de varianza indican que el modelo fue significativo, (valor $F=374.64$) y que el contenido de fósforo fue significativamente influenciado por el pH, temperatura, concentración de enzima, tiempo, relación buffer/sustrato y por las interacciones entre dos factores AB, AC, AD, AE, BC, CD y DE, siendo, el valor p en todos los casos < 0.0001 .

La ecuación final del modelo en función de los factores codificados fue

$$\text{Contenido de fósforo} = 12.06 - 0.65 * A + 0.97 * B - 0.39 * C - 1.48 * D - 0.88 * E - 1.91 * A * B - 1.00 * A * C + 0.73 * A * D + 1.72 * A * E + 2.68 * B * C - 0.15 * B * D + 0.19 * B * E - 1.54 * C * D + 0.19 * C * E + 1.29 * D * E.$$

$$R^2 = 0,9972$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0.9945$$

$$R^2 \text{ predicho} = 0.9886$$

Si se analiza la interacción de la temperatura con el pH para Lecitase Ultra, se puede observar que el menor contenido de fósforo se obtiene a pH 5, durante 90 minutos, con 50°C de temperatura, una relación buffer/sustrato del 3% y 200 U/kg de aceite.

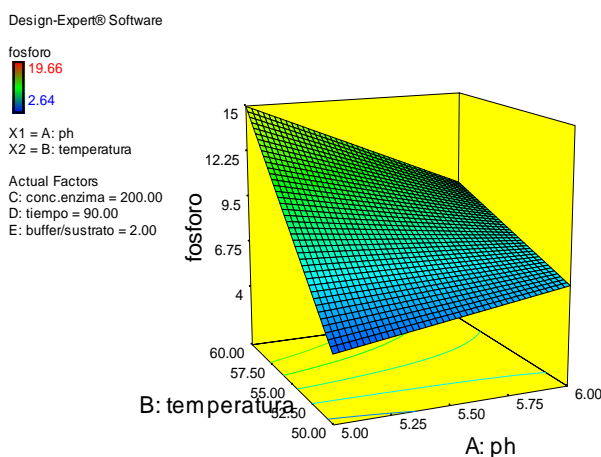


Figura 2. Contenido de fósforo vs. pH y Temperatura para Lecitase Ultra.

5. Conclusiones:

El proceso de desgomado con las enzimas Lysomax Oil y Lecitase Ultra permite aumentar el rendimiento del aceite, disminuyendo su contenido de fósforo desde 500 ppm aproximadamente para el aceite crudo, a contenidos menores a 3 ppm para el aceite desgomado.

Las condiciones de reacción tienen un efecto significativo sobre la calidad final del producto.

La concentración de enzima resultó la variable más significativa sobre el proceso de desgomado enzimático para ambas enzimas.

Lecitase Ultra presenta un comportamiento más homogéneo en las diferentes condiciones de reacción pero es afectada por todos los factores estudiados.

Lysomax Oil no se ve afectada por la relación buffer/sustrato.

El menor contenido de fósforo residual se consiguió con la concentración de enzima más alta a 90 minutos en ambos casos, aunque Lecitase Ultra arroja valores inferiores si se trabaja a pH 5, 50 °C de temperatura y relación buffer/sustrato del 3%, mientras que Lysomax Oil no se ve afectada por esos parámetros.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Empresa OMHSA Oleaginosa Moreno Hermanos SA por proporcionar las muestras de aceite, a NOVOZYMES y DANISCO ARGENTINA SA. por proveer las enzimas, y a CONICET, ANPCyT, y UNS, por el apoyo financiero .

6. Referencias

AOCS (2010), "Official Methods and Recommended Practices of American Oil Chemist Society" 5th ed. D. Firestone (ed.), Champaign, IL.

Clausen, K. (2001), "Enzymatic oil-degumming by a novel microbial phospholipase" Eur.J. Lipid Sci. Technol. 103, pp 333-340.

Dijkstra, A. (2011), "Un Nuevo análisis del proceso de desgomado de aceites vegetales" A&G Tomo XXI Vol.1, pp. 120-123.

Dijkstra, A. (2011), "Enzymatic degumming". Lipid Technology XXI Vol.23 No 2, pp. 1-3

Galhardo, F.; Dayton, C.; Autino, H.; Odone, M.; Imoda, V.; Lascano, A. (2010), "Desgomado enzimático de Aceites Vegetales" A&G Tomo XX Vol.2, pp. 204-212.

Galhardo, F.; Hitchman, T. (2011), "Has degumming with enzymes come of ages?", International News on Fats, Oils, and Related Materials. Vol. 22, pp. 331-334.

Lamas, D.L.; Ceci, L.N.; Constenla, D.T y Crapiste, G.H- (2010), "Enzymatic degumming of sunflower oil" 101st AOCS Annual meeting & Expo. Disponible en actas del congreso.

Lamas, D.L.; Ceci, L.N.; Constenla, D.T y Crapiste, G.H- (2011), "Análisis y diseño de experimentos aplicado al estudio del desgomado enzimático de aceites de girasol". Disponible en CD.

Montgomery, D.C. (2005), "Desing and analysis of experiments". 6th edition. John Wiley & Sons, INC.

59TCA. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN BASTONES DE CALABAZA DURANTE EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

GÓMEZ NORIEGA, M.A.², RODRÍGUEZ, A.¹, GARCÍA, A.¹, CAMPAÑONE, L.¹

1 CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos) (CCT La Plata - CONICET y UNLP). 47 y 116, 1900 La Plata, Argentina,

2 Universidad Nacional de Quilmes, Roque Saénz Peña, Bernal, Quilmes Argentina
e-mail: lacampa@ing.unlp.edu.ar

Resumen: La deshidratación osmótica (DO) se utiliza como pretratamiento para muchos procesos mejorando las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales de los alimentos sin alterar su integridad. Un problema que se observa en la DO de ciertas frutas y vegetales es la incorporación de grandes cantidades de soluto, impartiendo características sensoriales que no son siempre deseables para el consumidor. Con este fin, en este trabajo se estudiaron experimentalmente la aplicación de distintas películas comestibles (alginato de sodio-cloruro de calcio, cloruro de calcio-alginato de sodio-cloruro de calcio) para el recubrimiento de productos vegetales, en particular calabazas, sometidos al proceso de deshidratación osmótica, con el fin de evaluar la capacidad de las mismas para reducir la incorporación de solutos durante el proceso de inmersión.

1. Introducción

La deshidratación osmótica (DO) se utiliza como tratamiento previo para muchos procesos y mejora las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales de los alimentos sin alterar su integridad. Esta técnica consiste en colocar las frutas u hortalizas (enteras o en trozos) en soluciones de sales o de azúcares, y se caracteriza por un intercambio de flujos de agua y solutos que permite que la fruta gane sólidos y pierda agua, dependiendo de las condiciones del proceso (Chiralt y Fito, 2003; Ramallo y Mascheroni, 2005).

La velocidad de pérdida de agua del producto y los cambios en su composición química dependen de la naturaleza y del tamaño del producto a deshidratar, del tipo y la concentración del agente osmótico, de la relación fruta-solución, de la temperatura y del tiempo de proceso. La agitación periódica del sistema también produce un importante aumento en la velocidad de deshidratación (Maldonado y col., 2008). En general, durante las dos primeras horas de contacto entre el fruto y la solución se logra una alta velocidad de pérdida de peso, luego de este período la velocidad empieza a decrecer debido a una menor diferencia de presiones osmóticas y a una mayor resistencia a la transferencia de masa en esta etapa del proceso (Barbosa-Cánovas y col., 2000).

Un problema que se observa en la DO de ciertas frutas y vegetales es la incorporación de grandes cantidades de soluto, impartiendo características sensoriales que no son siempre deseables para el consumidor. Con este fin, uno de los más novedosos desarrollos, es la aplicación de recubrimientos comestibles actuando como barrera al ingreso de solutos. Con respecto a este tema, existe una tendencia creciente a desarrollar recubrimientos a partir de biopolímeros, como una alternativa viable para disminuir los problemas de contaminación ambiental asociados a los materiales sintéticos. Los hidrocoloides permiten formular películas biodegradables con distintas propiedades, dependiendo de la estructura química del polímero y del método de obtención. La utilización de biopolímeros provenientes del sector agrícola o desechos industriales es una opción económicamente sostenible para la

elaboración de envases y películas biodegradables (Bertolini y col., 2008; López y col., 2010).

En la actualidad existen pocos trabajos en la temática de aplicación de recubrimientos comestibles para impedir la incorporación de solutos durante la DO. En este sentido, Matuska y col. (2006) emplearon recubrimientos comestibles de alginato, carragenano y goma guar en frutillas observando una reducción significativa en la absorción de sacarosa durante la DO. Khin y col. (2007) evaluaron la performance de recubrimientos de alginato y pectina de bajo metoxilo en la deshidratación de manzanas con dos medios osmóticos, soluciones de sacarosa y glucosa, obteniendo buenos resultados de barrera en el caso de sacarosa.

2. Objetivo

Teniendo en cuenta que existe poco desarrollo en este área, el objetivo del presente trabajo consiste en estudiar experimentalmente la aplicación de distintas películas comestibles para el recubrimiento de productos vegetales, en particular calabazas, sometidos al proceso de deshidratación osmótica, con el fin de evaluar la capacidad de las mismas para reducir la incorporación de solutos durante el proceso de inmersión.

3. Experimental

2.1 Materiales

2.1.1 Materia Prima

Se utilizaron calabazas compradas en un mercado local (La Plata) y cuya selección se realizó por tamaño y forma. Los zapallos seleccionados fueron lavados manualmente y secados con papel absorbente. Luego se pelaron y se cortaron en bastones de 0,5 cm x 0,5 cm x 1 cm, para esto se utilizó un cuchillo de acero inoxidable.

2.1.2 Recubrimientos

Para la obtención de los recubrimientos, se emplearon alginato de sodio (Fluka Ag, Suiza) y cloruro de calcio (Anedra, Argentina). Se preparó un solución de alginato de sodio al 1 % p/p; para su preparación se utilizó un agitador magnético con control de temperatura. La solución de cloruro de Calcio se formuló al 10 % (p/p).

2.1.3 Agentes Deshidratantes

Para el proceso de deshidratación se utilizaron soluciones de glucosa (Lampex, Argentina) y sacarosa comercial, las mismas se prepararon a una concentración del 60% p/v.

2.2 Métodos

2.2.1- Preparación de las muestras y aplicación de los recubrimientos

Se ensayaron distintas configuraciones, para el recubrimiento de los bastones de calabaza:

- Configuración Alginato de Sodio - Cloruro de Calcio (Alg-Ca): Los bastones fueron sumergidos durante 5 minutos en la solución del polisacárido; luego se sumergieron nuevamente durante 5 minutos en la solución de cloruro de calcio. Luego se retiraron de la solución y se dejaron drenar durante 15 minutos.
- Configuración Cloruro de Calcio – Alginato de sodio – Cloruro de Calcio (Ca-Alg-Ca): Los bastones fueron sumergidos primero en la solución de cloruro de calcio durante 5

minutos; luego se dejaron drenar durante 15 minutos, y luego se procedió como en la configuración anterior.

2.2.2- *Deshidratación Osmótica*

Las muestras fueron pesadas (con y sin recubrimiento) y colocadas en vasos de precipitado con solución deshidratante a 20 ° C con una relación muestra/solución de 1:20 (p/v).

Los ensayos fueron realizados en un baño termostático, marca FERCA TT400 con agitación constante (80 ciclos por minuto) y los tiempos de duración fueron 30, 60, 120 y 180 minutos respectivamente.

Al finalizar el proceso, las muestras fueron colocadas en papel absorbente para la remoción de la solución en exceso y pesadas nuevamente para la determinación de la pérdida de la peso (P.P.).

2.2.3- *Determinación del contenido de azúcar*

El contenido de sólidos solubles (°Brix) fue medido en un refractómetro (Bellinham + Stanley Ltd.).

Los resultados se expresaron según un parámetro adimensional (Sólidos ganados) definido como:

$$\text{Sólidos ganados} = \frac{\text{Contenido de sólidos (° Brix)}}{\text{Contenido inicial de sólidos (° Brix)}} \quad (1)$$

2.2.4- *Determinación de humedad*

Las muestras fueron pesadas al inicio y al final de cada corrida y fue determinado su contenido de agua secando en una estufa de vacío a 60°C (A.O.A.C, 2000) hasta obtener peso constante. Los resultados están expresados en contenido de agua (C.A.) definido como:

$$C.A. = \frac{\text{Humedad}}{\text{Humedad inicial}} \quad (2)$$

4. **Resultados y Discusión**

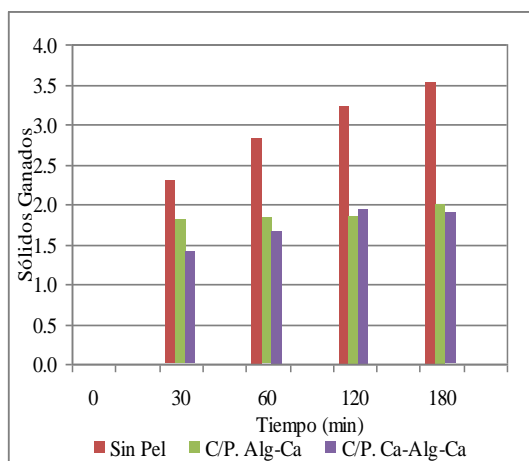
La Figura 1 muestra la evolución de la ganancia de sólidos en función del tiempo de proceso durante la DO en la solución de sacarosa. Se observa que en los primeros 30 minutos del tratamiento osmótico se obtiene la mayor velocidad de ganancia de sólidos; y esto es consecuente con la mayor diferencia de presiones osmóticas existente entre la solución y la muestra.

Además se puede observar de acuerdo a los valores obtenidos de sólidos ganados, que la configuración Calcio – Alginato – Calcio resultó la mejor película actuando como barrera al ingreso de sacarosa.

La Figura 2 corresponde a la determinación de sólidos ganados durante la DO en solución de glucosa, y, como en el caso anterior en los primeros 30 minutos del tratamiento la velocidad de ingreso es mayor. Por otra parte se observa que, el comportamiento de las muestras en glucosa es muy diferente al observado en sacarosa; ya que la mejor barrera para el ingreso de sólidos es la de configuración Alginato – Calcio.

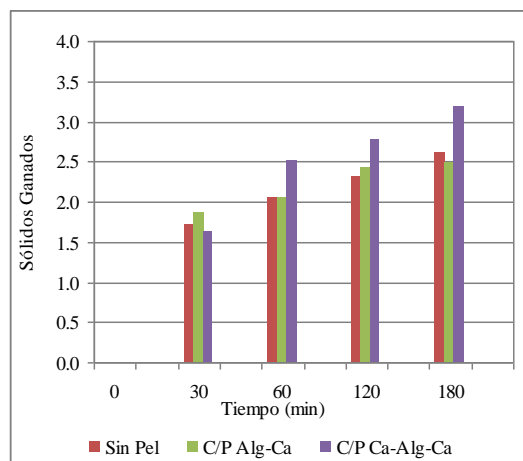
A partir de las Figuras 1 y 2 se puede advertir que las muestras sin recubrimiento ganan menos sólidos en solución de glucosa con respecto a sacarosa. Otros autores reportan los mismos resultados para otros productos (Mascheroni, 2005).

Figura 1: Ganancia de Sólidos en



Sacarosa 60 %.

Figura 2: Ganancia de Sólidos en



Glucosa 60 %.

La Figura 3 corresponde a la pérdida de peso (P.P.) en solución de sacarosa, se observa que el mayor valor se presenta en las muestras sin recubrimiento; por otra parte la configuración Ca-Alg-Ca muestra un resultado muy bajo; esto se puede deber a que el film se rehidrata durante el proceso. También se observa como en el caso de sólidos ganados, que la mayor velocidad de pérdida de peso se presenta en los primeros 30 minutos.

La Figura 4 corresponde a la P.P. en la solución de glucosa, se observa que la mayor velocidad de pérdida de peso se genera en los primeros 30 minutos, además la pérdida fue mayor que en sacarosa durante este período. El comportamiento de las muestras durante la DO en glucosa es muy diferente al que se presenta en sacarosa, la configuración Alg-Ca tiene el mayor valor de P.P. final (51 %) superando a las muestras sin recubrimiento.

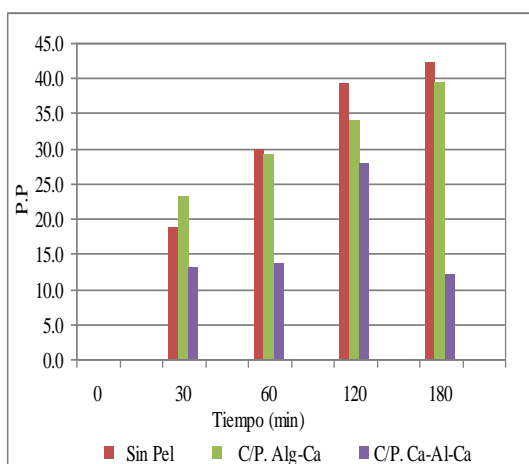


Figura 3: Pérdida de Peso en Sacarosa 60 %.

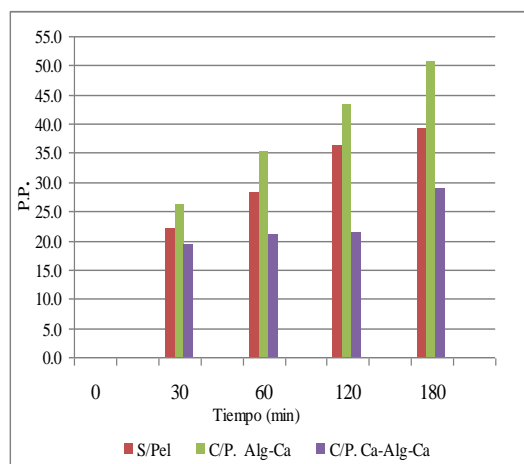


Figura 4: Pérdida de Peso en Glucosa 60 %.

La Figura 5 corresponde al contenido de agua (C.A.) en solución de sacarosa y la Figura 6 en solución de glucosa, estos valores se obtuvieron a través de la determinación de humedad. Se observa que el menor contenido final de agua se presenta en la muestra con recubrimiento de Ca-Alg-Ca. Este recubrimiento en apariencia presenta un comportamiento dual, mayor pérdida de agua y menor pérdida de peso. Esto se debe a que

la pérdida de peso se obtiene pesando las muestras antes y después del tratamiento, y las mismas presentan hinchamiento e hidratación superficial después de 180 minutos de tratamiento, por este motivo la pérdida de agua no es un buen parámetro para evaluar la performance del film, ya que incluye la humedad del mismo y de la muestra.

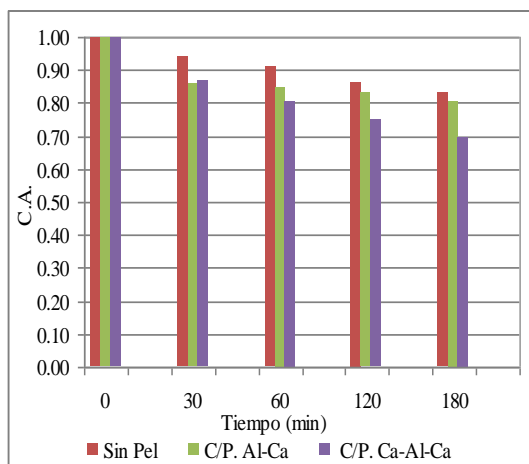


Figura 5: Contenido Normalizado de Agua (C.A.) en Sacarosa 60 %

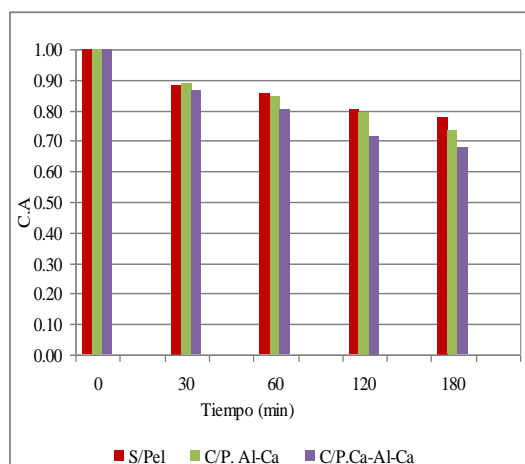


Figura 6: Contenido Normalizado de Agua (C.A.) en Glucosa 60 %

Con el fin de obtener un análisis más profundo de los resultados obtenidos, los mismos fueron evaluados con el programa SYSTAT 12. A partir de los resultados obtenidos se observa que el tipo de recubrimiento, el tiempo de proceso y la interacción agente osmótico-recubrimiento tienen efectos significativos sobre la ganancia de sólidos de las muestras ($p < 0.05$).

En la determinación de pérdida de peso, hay efectos significativos de los agentes osmóticos, el tipo de recubrimiento y el tiempo de proceso ($p < 0.05$). En cuanto a los tiempos de proceso se observa que no hay variación significativa entre los 120 y los 180 minutos, por lo tanto, es posible reducir costos a través del empleo de menores tiempos de proceso.

En la pérdida de agua se determinó que analizando las variables independientes en forma aislada presentan diferencias entre sí; y que la interacción película – tiempo tiene influencia en el proceso.

5. Conclusiones

Finalmente podemos concluir que los recubrimientos aplicados sobre los bastones de calabaza cumplen la función de barrera frente a la ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica. También que la solución de glucosa presenta mejores resultados en términos de pérdida de peso y de pérdida de agua que en ganancia de sólidos; a partir de las dos configuraciones, resultó mejor barrera a la ganancia de sólidos la película Alginato – Calcio.

6. Referencias

- Arballo, J.R. Campañone, L.A. y Mascheroni, R.H. (2010). Modeling of Microwave Drying of Fruits. *Drying Technology*, 28, 1178-1184.
- Barbosa-Cánovas, G.V. and H. Vega-Mercado (2000), *Deshidratación de Alimentos*, Zaragoza, España, Ed. ACRIBIA S.A., pp. 296.

- Bertolini Suárez R., Campañone L.A., García M. A. y Zaritzky N.E. (2008). Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *Journal of Food Engineering*, 84, 383–393,
- Chiralt, A. y P. Fito (2003), Transport mechanisms in osmotic dehydration, The role of the structure, *Food Science and Technology International*, Vol. 9(3), pp. 179–186.
- Khin M.M, Zhou W. y Perera (2007). Impact of process conditions and coatings on dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Eng.*, 79, 817-827.
- López O, García M.A. y Zaritzky N.E. (2010). Novel sources of edible films and coating. *Stewart Postharvest Review*, 3, 3.
- Maldonado, S., J.E. Santapaola, J. Singh, M. Torrez y A. Garay (2008), Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, Vol. 28(1), pp. 251–256.
- Mascheroni, R.H. (2005). Métodos combinados en deshidratación de alimentos: Desarrollos actuales. Congreso Latinoamericano Ingeniería y Ciencias Aplicadas Clicap, San Rafael, Mendoza, Marzo de 2005
- Matuska M., Lenart A. y Lazarides H. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72, 85–91.

60TCA. ESTUDIO DE LA DESHIDRATACIÓN DE MANZANAS Y ESPINACAS EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR Y MICROONDAS.

MACKEPRANG M. (1), PAOLA C.A.(3) y CAMPAÑONE L.A. (1, 2)

(1) CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), (CONICET La Plata –UNLP). Calle 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.

(2) Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina.

(3) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina.

E-mail: lacampa@ing.unlp.edu.ar

Resumen: En este trabajo se realizó un estudio comparativo de distintos métodos de deshidratación, en particular secado solar (DS) y microondas (DM). Para los ensayos se empleó un equipo de deshidratación solar prototipo y un equipo microondas comercial empleando distintos ciclos de potencia intermitente: 10%, 30% y 50%. Muestras de rodajas de *manzanas* se deshidrataron empleando un horno solar, microondas, y en forma combinada. Muestras de *espinacas* fueron sometidas a la deshidratación solar y a microondas. Se registraron la *temperatura* y el *peso* de los productos durante el proceso. Los experimentos se realizaron hasta alcanzar un valor de humedad final de 15% para manzanas y 5% para espinacas. A partir de los resultados obtenidos, se observó que existe una relación inversa entre el tiempo de proceso y la temperatura máxima alcanzada en los ensayos. La aplicación de microondas en forma individual o combinada provoca un mayor aumento de la temperatura y así, reduce el tiempo de proceso con respecto a DS. A medida que aumenta la potencia de microondas, el tiempo de proceso disminuye en ambos productos. La DS de manzanas presentó una menor temperatura promedio en el interior del producto (44.6°C) y el tiempo de proceso más prolongado (20hs.), al igual que en espinacas. Se observó que la potencia de microondas tiene un importante efecto en la velocidad de deshidratación, la cual aumenta con el incremento de la potencia, las curvas de pérdida de peso están directamente relacionadas con el tiempo y temperatura de exposición.

1. Introducción:

La importancia de la *conservación de alimentos* radica en la disponibilidad de una gran variedad de productos perecederos en épocas y zonas donde la producción agrícola es más escasa. Las frutas y vegetales juegan un rol muy importante en la nutrición humana, ya que además de proveer sabor y variedad a la dieta, son una fuente importante de vitaminas, minerales y fibra dietaria. La mayoría contienen aproximadamente 80% de agua por lo cual, en su estado fresco son altamente perecederos (Bogert et al., 2000).

La *deshidratación* es uno de los métodos más antiguos, económicos y naturales de conservación de frutas y hortalizas. La mayor ventaja de la aplicación de la técnica de deshidratación es la reducción del contenido de humedad a un nivel seguro, que permite extender la vida útil del producto deshidratado (Cheftel, et al., 1989; Dikbasan, 2007; Perumal, 2007). La remoción de agua provee estabilidad microbiológica y reduce las reacciones químicas de deterioro. Además, el proceso permite una sustancial reducción de masa y volumen, cuyos requerimientos de envasado, almacenamiento y costos de transporte son más convenientes (Cheftel et al., 1989; Dikbasan, 2007; Perumal, 2007). La deshidratación convencional con aire caliente se considera que es un proceso que consume mucha energía. Dicha energía en general proviene de productos derivados del petróleo, biocombustibles o energía eléctrica, fuente de energía no renovable y de fácil agotamiento y, desde el punto de vista industrial, implica costos muy elevados.

La utilización de energía solar para la producción de alimentos deshidratados es una buena alternativa. Con respecto al empleo de energía solar en la deshidratación de alimentos, existen trabajos científicos recientemente publicados en los cuales se evalúa la posibilidad de deshidratar frutas y hortalizas (Chemkhi et al., 2004; Romano et al. 2009; Arslan et al., 2010).

Otra alternativa para la deshidratación es la aplicación de microondas. La deshidratación por microondas (DM) es aplicada como único proceso o combinado con otros métodos de secado convencionales. El calentamiento por microondas, tiene la habilidad de penetrar y calentar el interior del producto expuesto. Entre las ventajas con respecto a los métodos convencionales de calentamiento, se incluye la eficiencia energética y un rápido ascenso de temperatura y por lo tanto, menor tiempo de proceso.

2. Objetivos:

- 1-Emplear un horno solar prototipo y microondas para deshidratar manzanas y espinacas.
- 2-Registrar experimentalmente las cinéticas de pérdida de peso y el aumento de temperaturas de los productos sometidos a los distintos procesos de deshidratación.

3. Materiales y métodos:

Muestras:

Muestras de manzanas (variedad *Red Delicious*) compradas en el mercado local, se pelaron manualmente y se cortaron en forma de rodajas de 1cm de espesor (37.7 ± 5.8 g). Por otro lado se eligió una verdura de hoja para los ensayos: espinacas (*Spinacia oleracea L.*). Las plantas fueron compradas en el mercado local, se seleccionaron las hojas más uniformes (2.3 ± 0.7 g).

Proceso de deshidratación:

Los experimentos se llevaron a cabo durante los meses de Marzo y Abril del año 2010, en el CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos) ubicado en la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Se seleccionaron dos procesos de deshidratación: solar (DS) y microondas (DM). En el caso de las manzanas también se utilizó la combinación de ambos métodos, con el fin de aprovechar un método de bajo costo y otro de corto tiempo.

Para la deshidratación solar se empleó un equipo tipo cajón diseñado y construido en el Instituto (CIDCA). El mismo consiste en una caja de 60 cm de largo x 40 cm de ancho y 15 cm de espesor, de chapa galvanizada y pintada con pintura en aerosol de color negro. Posee una puerta frontal por donde se introduce el producto a deshidratar y se coloca sobre una bandeja de barras metálicas, que permiten circular el aire entre las caras del producto. La caja negra esta revestida por una caja de vidrio que permite la retención de la radiación infrarroja (efecto invernadero) debido a que el vidrio es un material transparente a la radiación solar de alta energía y onda corta pero casi opaco a las radiaciones infrarrojas de onda larga emitidas por la superficie del absorbedor (Alustiza, 2002).

A su vez se trabajo con la combinación solar-microondas: en el caso de manzanas, las rodajas fueron colocadas en el interior del horno solar y luego en el microondas durante el tiempo necesario para lograr la humedad deseada: en 3 jornadas de aproximadamente 8 hs y 20-170 minutos dependiendo del nivel de potencia utilizado. Al terminar la jornada de secado, las muestras se almacenaron en bolsas herméticas debidamente rotuladas, refrigeradas a 4°C hasta el día siguiente o hasta realizar los ensayos correspondientes.

La deshidratación por microondas se realizó en un equipo comercial (BGH, potencia máxima nominal 900 W, frecuencia 2450 MHz), empleando distintos ciclos intermitentes

de potencia: 10%, 30% y 50%. Las muestras se colocaron dentro del horno en un soporte plástico que permitió la incidencia de la radiación por ambas caras. En el caso de espinacas se aplicaron las técnicas individualmente; las hojas se colocaron en el interior de horno solar y microondas durante el tiempo necesario para alcanzar la humedad deseada: 3 hs y 8-65 minutos dependiendo del nivel de potencia empleado. Por último se almacenaron en bolsas herméticas debidamente rotuladas refrigeradas a 4°C hasta realizar los ensayos. Los experimentos realizados en manzanas y espinacas se realizaron hasta alcanzar un valor de humedad final de 15% y 5% respectivamente.

Determinación de peso y temperatura:

En el caso de DS, en ambos productos se determinó la temperatura ambiente y en el interior del horno. En manzanas, se registró además la temperatura en el interior del producto cada dos horas mediante termocuplas tipo “T” Cu-Ct asociadas a un adquisidor de datos (Keithley, USA). El peso de las rodajas de manzanas se registró individualmente al iniciar los experimentos y cada dos horas con una balanza granataria (Dever Instrument XE-4100, USA) y el de las hojas de espinaca cada una hora con balanza analítica (Mettler Toledo AB204, Suiza).

La medida de temperaturas de las muestras de manzana durante la DM se realizó empleando un sensor óptico (Fiso Technol., Canadá) debido a la imposibilidad de utilizar sensores metálicos (termocuplas metálicas tipo “T”) con las microondas. En los ensayos con espinacas no se determinó la temperatura del producto debido a la dificultad del uso del sensor con este tipo de producto. Se determinó el peso de las muestras de manzana individualmente cada 5 minutos (balanza granataria), hasta lograr humedad final deseada. Las hojas de espinaca se pesaron con balanza analítica cada 3 a 5 minutos dependiendo de la potencia utilizada hasta lograr la humedad final deseada.

Según el método de deshidratación utilizado, se determinó el tiempo final de proceso.

La humedad relativa del ambiente se registró en función del tiempo con un higrómetro (Testo 125-H2, Alemania).

Determinación del contenido de humedad:

La determinación del contenido de humedad de los productos se determinó según el método A.O.A.C (2000) para calcular el peso al cual debe llegar cada muestra luego del proceso de deshidratación, para lograr la humedad final determinada (15% para las manzanas y 5% para las espinacas). También se utilizaron para el cálculo de la cinética de pérdida de peso.

4. Resultados y discusión:

Temperatura y peso del producto:

Durante los ensayos de deshidratación se obtuvieron los tiempos para los cuales las muestras llegaron a una humedad de 15% y se determinó la máxima temperatura alcanzada en el interior del producto y la temperatura media para cada método utilizado. Estos valores se presentan en la Tabla 1.

Durante el secado solar, se observó un aumento de la temperatura del producto cuando aumenta la temperatura del horno y chapa. A su vez, la temperatura en el interior del horno siempre es menor a la de la chapa superior y la temperatura del producto generalmente es menor a estas dos, como es esperable. Se observa que las temperaturas varían de acuerdo a las condiciones climáticas del día.

El aumento de la temperatura es más brusco en el caso de DM y el producto experimenta una temperatura mayor que en DS lo cual puede deberse a que los mecanismos de aumento de temperatura del producto durante el proceso en cada caso son completamente diferentes.

A partir de los resultados, se observa que existe una relación inversa entre el tiempo de proceso y la temperatura máxima alcanzada en los ensayos. Existe una reducción del tiempo de proceso de 85 - 98% para DM y 55 - 60% para la combinación solar-microondas, con respecto al método solar. La temperatura alcanzada en la deshidratación solar no superó los 60 °C, mientras que en microondas sobrepasó los 100 °C. Se puede observar que DS presentó la menor temperatura promedio en el interior del producto (44.6°C) y el tiempo de proceso más prolongado (20hs.).

En el caso de espinacas, sólo se determinó el tiempo requerido para alcanzar la humedad final deseada, el proceso más lento fue el método de deshidratación solar (Tabla 2). Alibas Ozkan et al., (2007) encontraron resultados similares en espinacas deshidratadas en microondas bajo diferentes potencias (entre 90 y 1000 W).

Se puede observar a partir de la Tabla 2 que el tiempo de deshidratación para las microondas (10, 30 y 50 %) se redujo con respecto al método solar, en un 63.9, 91.6 y 95.6% respectivamente. Resultados similares fueron reportados por otros autores (Soysal, 2004).

Tabla 1. Tiempos de deshidratación y temperaturas según el método de deshidratación.

Método	Tiempo de proceso (min)		Temp. media de producto (°C)		Temp. máx. de producto (°C)		Temp. chapa (°C)	Temp. horno (°C)	Temp. ambiente (°C)	HR (%)
<i>Solar</i>	1200		44.6 ± 9.6		57.6		69.7±7.8	58.8±8.0	25.7±1.9	49.8±7.7
<i>Mw10%</i>	170		64.7 ± 10.5		82.3		-	-	20-30	70-90
<i>Mw30%</i>	31.5		93.8 ± 16.5		123.3		-	-	20-30	70-90
<i>Mw50%</i>	22.5		94.7 ± 23.5		129.5		-	-	20-30	70-90
	<i>Solar</i>	<i>Mw</i>	<i>Solar</i>	<i>Mw</i>	<i>Solar</i>	<i>Mw</i>				
<i>Solar + Mw10%</i>	480	50	41.7±6.5	90.6±10.8	45.7	106.9	56.9±15.9	43.9±7.7	24.9±2.2	42.9±8.7
<i>Solar + Mw30%</i>	480	25	41.7±6.5	90.0±19.3	45.7	117.9	56.9±15.9	43.9±7.7	24.9±2.2	42.9±8.7
<i>Solar + Mw50%</i>	480	10	41.7±6.5	100.2±21.9	45.7	121.1	56.9±15.9	43.9±7.7	24.9±2.2	42.9±8.7

Tabla 2. Temperaturas medias y tiempos de deshidratación para espinacas.

Método	Tiempo de proceso (min)	Temp. de chapa (°C)	Temp. de horno (°C)	Temp. ambiente (°C)	HR promedio (%)
<i>Solar</i>	180	71.4±9.4	59.6±9.9	25.2±1.3	50.6±5.9
<i>Mw10%</i>	65	-	-	25-30	70-90
<i>Mw30%</i>	15	-	-	25-30	70-90
<i>Mw50%</i>	8	-	-	25-30	70-90

Cinéticas de pérdida de peso (PP):

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los resultados de la pérdida de peso de las manzanas de acuerdo al método empleado.

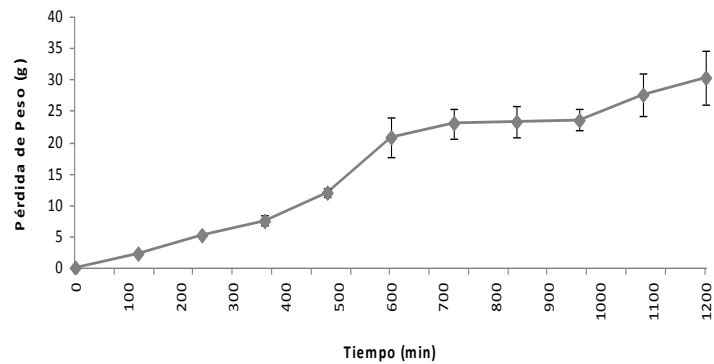


Figura 1. Pérdida de peso de manzanas durante la deshidratación en horno solar.

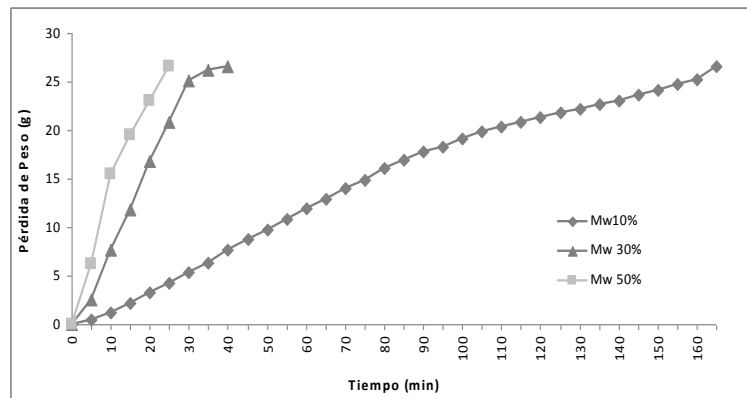


Figura 2. Pérdida de peso de manzanas durante la deshidratación por microondas.

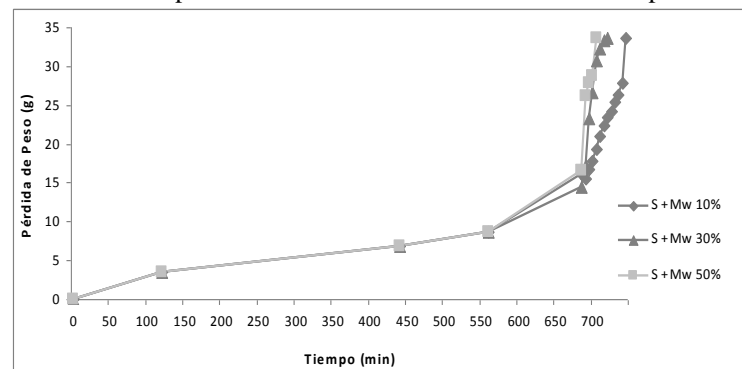


Figura 3. Pérdida de peso de manzanas durante la deshidratación por métodos combinados: solar + microondas a las distintas potencias (10%, 30% y 50 %)

En los gráficos de pérdida de peso (PP) se observa que las muestras deshidratadas con DS tardan más tiempo en llegar a una PP del 80-85%, mientras que las muestras que menos tardaron fueron las deshidratadas por DM. Los resultados indican que cuanto mayor temperatura alcanza el producto, menor es el tiempo en el cual llega a la humedad final deseada.

La mayor velocidad de pérdida de peso fue para las muestras deshidratadas con microondas al 50% de potencia y la menor para las procesadas en el horno solar.

En la Figura 4, se presentan las curvas de PP correspondientes a los diferentes métodos de deshidratación en espinacas.

Según informaron Alibas Ozkan et al. (2007), el tiempo de deshidratación de vegetales de hoja se reduce notablemente con el aumento de la potencia de las microondas.

Las muestras deshidratadas con DS tardan más tiempo en llegar a una pérdida de peso de 90-95%. El uso de microondas, reduce hasta un 95.5% el tiempo de deshidratación según la potencia empleada. Cuanto mayor es la potencia utilizada, la velocidad de PP aumenta.

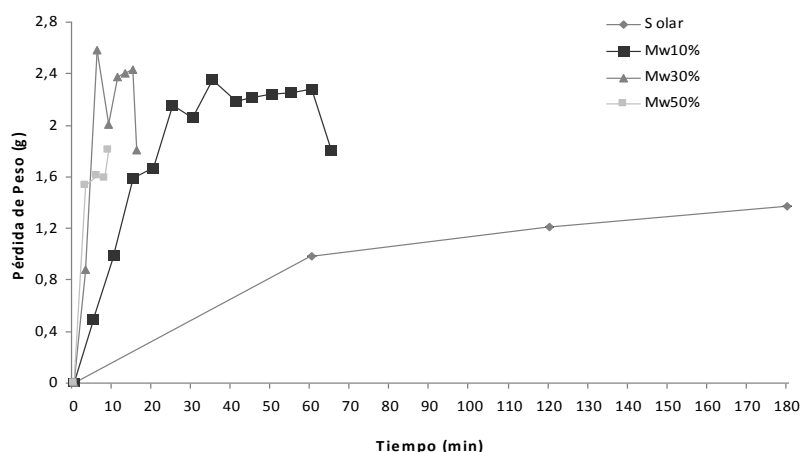


Figura 4. Pérdida de peso (g) de hojas de espinaca deshidratada por diferentes métodos.

Al igual que en el caso de manzanas, la velocidad de PP fue mayor para las muestras deshidratadas con microondas al 50% de potencia y la menor para las procesadas en el horno solar.

Estudios previos informados por Alibas Ozkan et al. (2007) muestran que el contenido de humedad del material es alto durante la primera fase del proceso de deshidratación como el resultado de una absorción alta de potencia de microondas y alta velocidad de secado debido a la alta difusión de humedad. A medida que el proceso de deshidratación progresa, la pérdida de humedad en el producto causa un descenso en la absorción de potencia de microondas y por lo tanto, la velocidad de deshidratación cae. También se ha observado que la potencia de microondas tiene un importante efecto en la velocidad de deshidratación, la cual aumenta con el incremento de la potencia.

5. Conclusiones:

A partir del estudio realizado, se determinó la influencia de las condiciones de proceso sobre la variación de la temperatura y el peso del producto. Se observó que cuanto más agresivo es el método de deshidratación, mayor temperatura alcanza el producto y menor es el tiempo en el cual llega a la humedad final deseada. Lo cual puede deberse a los mecanismos puestos en juego en los diferentes procesos de deshidratación. La aplicación de microondas en forma individual o combinada provoca un mayor aumento de la temperatura y así, reduce el tiempo de proceso con respecto a DS.

6. Bibliografía:

- Alibas Okzan, I., Akbudak, B., Akbudak, N. (2007) Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78, 577–583.
- Alustiza, H. R., (2002). Energía solar. Universidad Nacional de La Plata, Fac. de Ingeniería. Cátedra Termotecnia V.
- Arslan, D., Ozcan, M. M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1121-1127.
- Bogert, J. L., Briggs, G. M. and Calloway, D. H., (2000). *Nutrition and Physical Fitness* 9th Edition, WB Saunders Company, Philadelphia.
- Chemikhi, S., Zagrouba, F. y Bellagi, A. (2004). Drying of agricultural crops by solar energy. *Desalination*, 168, 101-109.
- Cheftel, J. C., Cheftel, H., Besacon, P., 1989. *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Ed. Acribia. 2 vol. (333, 404 p.)
- Dikbasan, T. (2007). Determination of effective parameters for drying of apples. Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology. Tesis M. S. 78 p.
- Perumal, R. (2007) Comparative performance of solar cabinet, vacuum assisted solar and open sun drying methods. Tesis M.S. Department of Bioresource engineering McGill University, Montreal, Canada. 89 p.
- Romano, G., Kocsis, L. y Farkas, I. (2009). Analysis of energy and environmental parameters during solar cabinet drying of apple and carrot. *Drying Technology*, 27 574-579.
- Soysal, Y. (2004). Microwave Drying Characteristics of Parsley. *Biosystems Engineering* 89 (2), 167–173

61TCA. PREDICCIÓN DEL COLOR EN PASTAS COMESTIBLES MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS

GAISCH A.M., PAVIONI O.D., KESSLER T.

Facultad de Ingeniería. Grupo INTELYMEC – UNCPBA

Av. del Valle 5737 (7400) Olavarría – Argentina.

agaisch@fio.unicen.edu.ar, opavioni@fio.unicen.edu.ar, tkessler@fio.unicen.edu.ar

Resumen: En las industrias alimenticias es frecuente tener que determinar la cantidad exacta a utilizar de un colorante para poder obtener un color específico. Estas situaciones pueden resolverse a través de la experimentación o del empleo de técnicas estadísticas.

El diseño de experimentos es una metodología de trabajo que aplica técnicas estadísticas a situaciones prácticas, usando diferentes principios y cálculos sobre un conjunto de datos experimentales previamente seleccionado. En este trabajo, se presenta un ejemplo de utilización del diseño de mezclas para relacionar las proporciones de tres colorantes en pasta con el color obtenido en la mezcla final. Se informan las distintas ecuaciones obtenidas con los diferentes arreglos ensayados, las cuales permiten estimar toda una gama de colores a partir de tres colores básicos por medio de un número pequeño de experimentos.

1. Introducción

Los procesos industriales requieren del manejo de numerosas variables. El departamento de producción de una empresa debe reunir información acerca de la demanda y datos de definición del propio producto para establecer las operaciones del negocio. A efectos de disminuir los costos y los tiempos requeridos para optimizar un sistema productivo, es posible aplicar modelos computacionales de simulación, programas estadísticos y/o recursos matemáticos. El diseño de experimentos representa un plan ordenado de trabajo experimental para asegurar información apropiada la cual permite obtener conclusiones válidas en relación al objetivo concreto de la experiencia. Reunida la información relacionada al proceso bajo estudio, se establecen las variables que se denominan factores en el estudio estadístico. Los cambios debidos a las variables, que se observan sobre una determinada propiedad de interés, constituyen la respuesta. Existen diferentes métodos de diseño de experimentos: comparativos, de efectos principales, de regresión, superficies de respuesta, diseño de mezclas.

La aplicación de la técnica del diseño de experimentos presenta las siguientes ventajas:

- la importancia relativa de las variables seleccionadas y la interrelación de los factores involucrados pueden ser determinadas en forma efectiva.
- la influencia de las variables de control en la respuesta puede ser predicha (Montgomery, 1991).

En este trabajo se utiliza el diseño de mezclas para relacionar las proporciones de tres pastas coloreadas, consideradas base, con el color resultante de la mezcla. El objetivo final es el de conseguir un modelo predictivo que permita estimar el color final, a partir de la realización de pocos experimentos.

Como la percepción del color es una interpretación subjetiva, la determinación de los parámetros de color está establecida en diferentes sistemas. En esta presentación se utilizan las coordenadas de color expresadas en el sistema CIELAB (Lozano, 1978). Para el análisis estadístico se emplea el programa STATGRAPHICS Centurion XV (StatPoint Technologies, 2009).

2. Técnicas estadísticas

A través del diseño de experimentos se consigue que los datos recolectados contengan el máximo de información posible y se determina de manera cuantitativa la influencia de los factores sobre las variables de respuesta. En todos los casos se pretende encontrar un modelo matemático, por lo general polinomial, que conecte los factores con las respuestas. Cuando las variables del proceso con las que se trabaja son totalmente independientes, es posible utilizar un diseño factorial a dos niveles. En el caso de tener mezclas físicas de componentes donde no existe total independencia entre las variables, los diseños factoriales no tienen la misma sensibilidad. Al presentarse las condiciones antes señaladas, los experimentos de mezcla son la única opción estadísticamente válida para encontrar la respuesta óptima y su región de confianza, porque la variable respuesta depende tanto de las proporciones de los ingredientes como de la cantidad total. Los diseños de mezcla son adecuados para explorar cómo los cambios en la composición de la mezcla pueden afectar las propiedades de éstas (Anderson y Whitcomb, 2002).

Para controlar el diseño de mezclas se establece que la sumatoria de las composiciones de los factores debe ser igual a la unidad y cada una de las proporciones no puede tener valores negativos. La región de trabajo de interés está definida por los valores de las proporciones. En el caso de tener tres componentes, el espacio factorial, formado por todas las posibles fracciones de los componentes, es un triángulo donde los vértices se corresponden con los componentes puros.

En los problemas de mezclas, el objetivo es encontrar un modelo matemático, que sea útil para la estimación de los valores de respuesta en función de sus componentes usando una regresión polinomial. La ecuación polinómica tiene tres componentes, una lineal, una cuadrática y otra cúbica. Sin embargo, debido a las restricciones incluidas en las fracciones, estos modelos no incluyen términos que sean constantes. Los coeficientes de primer orden indican la respuesta de los componentes puros. Si el modelo lineal es satisfactorio, es posible usar esos términos para determinar la eficacia relativa de cada componente. Los términos de segundo orden, como el AB, ponen de manifiesto las interacciones existentes. Aquellos coeficientes correspondientes a las interacciones que presentan signo positivo ponen de manifiesto un sinergismo y los que tienen signo negativo muestran un efecto antagónico (Cornell, 1990).

Los diseños experimentales de mezclas más frecuentes son el llamado de red simple (*simplex-lattice*), el centrado simple (*simplex-centroid*) y el diseño simple aumentado (*augmented simplex design*). En el caso del modelo de red simple, se consideran tres parámetros, pero el error experimental y la validez del ajuste no pueden ser establecidos. Estas limitaciones se pueden resolver utilizando un diseño centrado simple, el cual agrega el punto central de coordenadas (1/3,1/3,1/3). Un estudio más completo se puede realizar usando un diseño simple aumentado, el cual tiene en cuenta puntos conocidos como ensayos axiales. También el usuario puede definir modelos diferentes donde se utilicen otros puntos dentro del plano triangular (Yandell, 1997).

3. Determinaciones experimentales

Se utilizaron tres colorantes comestibles comerciales, los cuales se adicionaron a una pasta para cubrir tortas. Los colores seleccionados de las tinturas fueron azul (B), amarillo (Y) y rojo (R). Se comenzó con el armado del listado de las experiencias usando el software Statgraphics Centurion XV. Se definieron los nombres de los factores y de las variables de respuesta. Los factores fueron los distintos colorantes. Los niveles seleccionados fueron las fracciones en masa de cada una de las pastas consideradas (x_R , x_B , x_Y) y las variables de respuesta fueron las coordenadas de color medidas. Se mezclaron diferentes proporciones

de las tres pastas básicas y a las muestras obtenidas se les midió las coordenadas de color, expresadas en el sistema CIELAB. Se utilizó un colorímetro HunterLab Miniscan XEPlus. El arreglo a utilizar para el diseño de mezclas puede ser seleccionado a través del programa o bien utilizar un diseño específico. En este caso se utilizó un diseño simple aumentado (DSA) y otro diseño específico (DE). Ambos están presentados en la Tabla 1. En la Figura 1 se muestran las coordenadas de los diferentes puntos a los que se les midió el color y en la Tabla 1 las coordenadas de color obtenidas para los diferentes experimentos y factores.

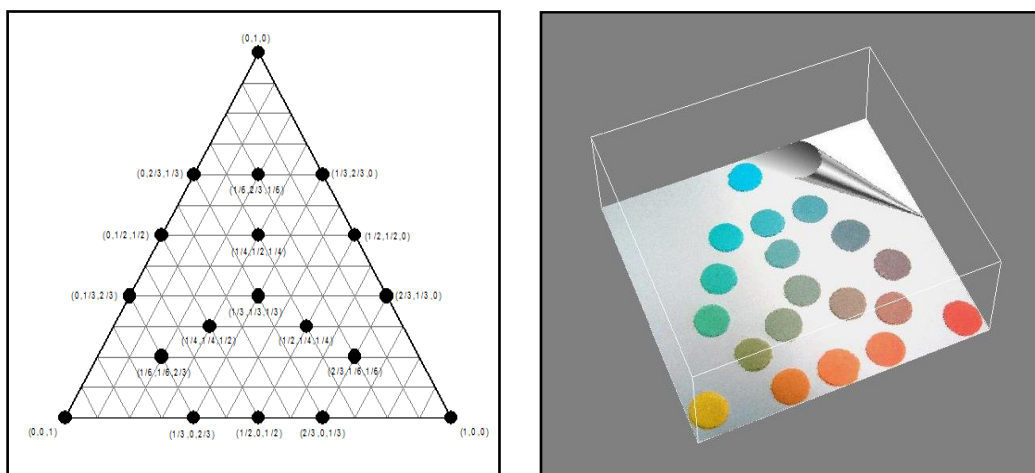


FIGURA 1. a) Coordenadas de los diferentes puntos a los que se les midió color.
b) Imagen de las mezclas obtenidas.

TABLA 1. Factores establecidos y coordenadas de color para los diferentes experimentos.
DSA: factores del diseño simple aumentado, DE: factores del diseño específico.

Tipo de diseño	Factores			Respuestas		
	X_R	X_B	X_Y	L^*	a^*	b^*
DSA – DE	1	0	0	57,66	31,86	10,82
DSA – DE	0	1	0	59,20	-17,30	-18,69
DSA – DE	0	0	1	83,60	5,79	26,18
DSA – DE	½	½	0	50,26	-0,02	-3,98
DSA – DE	½	0	½	64,01	24,46	13,36
DSA – DE	0	½	½	62,42	-16,64	-1,00
DSA – DE	1/3	1/3	1/3	57,34	-1,48	0,84
DSA	1/6	1/6	2/3	65,00	-1,18	8,28
DSA	1/6	2/3	1/6	57,04	-10,53	-7,70
DSA	2/3	1/6	1/6	55,48	11,40	4,13
DE	½	¼	¼	56,37	4,48	2,36
DE	¼	½	¼	57,26	-6,11	-3,49
DE	¼	¼	½	60,31	-1,39	3,50

4. Analisis estadístico

Después de aplicar el análisis estadístico, se obtiene un modelo matemático que relaciona la fracción de cada mezcla con las coordenadas CIELAB. Para seleccionar el orden del modelo canónico, se utiliza el valor más elevado de R^2 . Este parámetro indica el porcentaje de variación de la variable de respuesta que es explicado por los factores. Para simplificar el modelo se despreciaron las interacciones entre factores que no eran significativas. Como

se emplearon dos arreglos diferentes se informan las distintas ecuaciones obtenidas en cada caso. El modelo matemático obtenido para predecir las coordenadas de color en el caso del DSA fue:

$$L^* = 57.7308 x_R + 59.7008 x_B + 82.8035 x_Y - 29.7836 x_R x_B - 26.1782 x_R x_Y - 34.7582 x_B x_Y \quad (1)$$

$$a^* = 28.9804 x_R - 19.4786 x_B + 7.1913 x_Y - 47.9188 x_B x_Y \quad (2)$$

$$b^* = 10.7474 x_R - 18.80008 x_B + 25.572 x_Y - 24.4138 x_R x_Y - 21.3102 x_B x_Y \quad (3)$$

Las ecuaciones polinomiales halladas cuando se trabaja con el DE fueron:

$$L^* = 57.5881 x_R + 59.255 x_B + 83.2565 x_Y - 28.6056 x_R x_B - 24.7969 x_R x_Y - 33.4751 x_B x_Y \quad (4)$$

$$a^* = 31,8628 x_R - 16.6213 x_B + 5.9175 x_Y - 35.1223 x_R x_B - 48.3884 x_B x_Y \quad (5)$$

$$b^* = 10.5716 x_R - 18.7728 x_B - 25.8464 x_Y + 84,671 x_R x_Y + 87.2449 x_B x_Y - 178.197 x_R x_B x_Y \quad (6)$$

A partir de las ecuaciones anteriores se puede realizar la interpretación del modelo para cada una de las coordenadas de color. En el caso de a^* (en la ecuación 2), el factor más importante es x_R ya que es el que presenta el valor más alto de coeficiente numérico; los factores x_B y x_Y tienen un efecto inverso debido a que el producto de sus coeficientes tiene signo negativo.

Utilizando un test T, se calculó la precisión de la prueba con el objetivo de verificar la hipótesis de que la suma de las diferencias entre los valores estimados por el modelo y los observados fue cero. Aquellos parámetros que presentaron valores de probabilidades inferiores al 5% fueron tenidos en cuenta en el modelo. A partir de la utilización del software es posible obtener las superficies de respuesta. En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos para la coordenada b^* a través del diseño específico y en la Figura 2 se muestra la superficie de respuesta correspondiente.

El segundo objetivo fue poder estimar fracciones que produzcan un color similar a uno que posea una muestra determinada de pasta. Para esto, se prepararon mezclas con composiciones diferentes a las presentadas en la Tabla 1 y se les midió las coordenadas de color. Para los valores obtenidos, se calculó la diferencia de color ΔE_{00} aplicando la fórmula CIEDE 2000. Los valores de ΔE_{00} hallados caen dentro del intervalo que es considerado de tolerancia normal en aplicaciones industriales (Melgosa et al, 2001). Esto se verifica tanto utilizando el primer conjunto de ecuaciones obtenidas a partir de un DSA como en el caso de aplicar las ecuaciones obtenidas con el DE.

5. Conclusiones

Los dos modelos obtenidos a partir de los diseños propuestos, y representados a través del uso de gráficos de superficie de respuesta, resultaron ser efectivos para el estudio e interpretación de los resultados obtenidos. En este trabajo se demuestra que a través de la realización de un número preestablecido de mediciones llevadas a cabo con diferentes mezclas de pastas, es posible obtener modelos para predecir las proporciones de cada color puro que se deben mezclar para obtener el color deseado en una mezcla final.

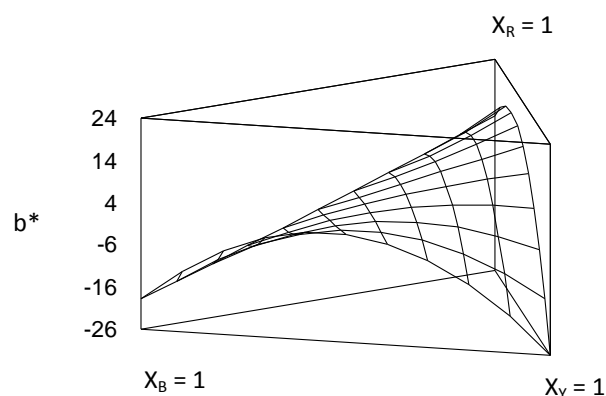


FIGURA 2. Superficie de respuesta obtenida para la variable b^* , arreglo específico

TABLA 2. Modelo cúbico especial estimado para los resultados de b^* , arreglo específico.

Parámetro	Estimación	T Estadístico	P-Valor
A: x_R	10,5716		
B: x_B	-18,7728		
C: x_Y	-25,8464		
AC	84,671	8,56047	0,0033
BC	87,2449	8,8207	0,0031
ABC	-178,197	-3,18977	0,0497

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires (CIC) y a la SECAT-UNCPBA. TK es investigadora CIC.

6. Bibliografía

- Anderson, MJ; Whitcomb, PJ. (2002). Mixture DOE uncovers formulations quicker. *Ruber and Plastics News*, 21: 15-16
- Cornell, J. (1990). *Experiments with Mixtures. Designs, Models and the Analysis of Mixture Data*. New York: John Wiley & Sons.
- Lozano, RD. (1978). *El color y su medición*. Buenos Aires: Américalee.
- Melgosa, M.; Pérez, M.; Yebra, A.; Huertas, R.; Hita, E. (2001). Algunas reflexiones y recientes recomendaciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color. *Óptica Pura y Aplicada*, 34: 1-10.
- Montgomery, D. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- StatPoint Technologies, Inc. (2009). *Statgraphics Centurion, data analysis and statistical software*. Warrenton, UA. Available on <http://www.statgraphics.com/>
- Yandell, B. (1997). *Practical Data Analysis for Designed Experiments*. Madison: Chapman & Hall.

62TCA. CONTENIDO DE LICOPENO EN PRODUCTOS COMERCIALES A BASE DE TOMATE Y SU CONTRIBUCIÓN A LA INGESTA DIARIA

ORDÓÑEZ, A. L.; BALANZA, M. E.; FLORES, C. A.; BARRERA, M. B.; GARCÍA N. A.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. UNCuyo. Bernardo de Irigoyen 375. San Rafael, Mendoza, Argentina. CP 5600.

Resumen: Los tomates y sus productos derivados son las mayores fuentes de licopeno y recomendados por organismos internacionales representan la mejor protección contra el avance de las enfermedades crónicas degenerativas.

Es importante que el consumidor conozca las características nutrimentales de los productos industrializados que adquiere y que en muchas ocasiones se publicitan como poseedores de fuertes propiedades antioxidantes sin haber sufrido las evaluaciones y controles correspondientes.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de licopeno en diversos productos industrializados comerciales a base de tomate y el aporte que proporcionan los mismos en función de la porción recomendada para el consumo.

Se muestrearon diferentes marcas de tomate triturado (4 unidades), tomates en conserva (8 unidades), concentrados doble (6 unidades) y triple (3 unidades) de tomate, puré de tomate (6 unidades), salsas preparadas listas para el consumo pizza (6 unidades), pomarola (8 unidades), napolitana (6 unidades), portuguesa (8 unidades) y ketchup, (10 unidades), en centros comerciales de la zona. Se determinaron las propiedades físico-químicas como pH, °Brix y sólidos solubles según metodologías AOAC y el contenido de licopeno por espectrofotometría visible.

Los resultados muestran que el consumo de una porción de triturado de tomate, tomate en conserva o puré de tomates, cubriría los requerimientos diarios de licopeno sugeridos en la bibliografía, al igual que la porción recomendada en los envases de salsas tipo pizza, pomarola, portuguesa, etc., mientras que la porción de concentrados doble y triple de tomate, no lo haría. El ketchup, sugerido en distintas publicaciones como fuente de licopeno, cubriría, por porción, menos del 10% del valor recomendado.

1. Introducción:

Las especies reactivas del oxígeno (ROS) son agentes causantes de una serie de enfermedades humanas. El consumo de alimentos ricos en antioxidantes, entre los que se destacan las frutas y las verduras, es recomendado por organismos internacionales representando hasta el momento la mejor protección contra el avance de las enfermedades crónicas degenerativas (Penny M., 2004 y Barberán, 2003).

Los tomates y los alimentos a base de tomate son considerados alimentos saludables por diversas razones, entre las que están presentar bajo contenido calórico y grasa, estar libres de colesterol y ser una buena fuente de fibra y proteínas. Además, los tomates son ricos en vitamina A y C, β -caroteno y licopeno. El color rojo profundo característico de los tomates sirve como parámetro de la calidad total de la fruta. Los tomates y sus productos derivados son las mayores fuentes de licopeno y son considerados importantes contribuidores de carotenoides en la dieta humana (Waliszewski et al., 2010).

El licopeno es un agente anticarcinogénico y antiaterogénico al intervenir en la comunicación intercelular (Fornelli et al., 2007) y modular los mecanismos inmunológicos (Lee et al., 2000; Rao, 2006).

El licopeno es el carotenoide más abundante en el tomate, pues comprende aproximadamente de 80 a 90% de los pigmentos presentes. La concentración promedio de

licopeno, de tomates peritas con piel fue de $111,5 \pm 4,37$ mg/kg (Ordóñez et al., 2007) lo que estaría indicando que los valores obtenidos son superiores a los reportados en tomates de ensalada: 30 mg/Kg y 49,9 mg/Kg entre por Shi y Le Maguer (2000) y Zapata et al. (2007) respectivamente, lo que indicaría que se pueden presentar grandes diferencias según la variedad, condiciones del cultivo como el tipo de suelo, clima, tipo de almacenamiento, etc.

Los licopenos pueden reducir sensiblemente el riesgo de contraer cáncer de próstata o enfermedades cardiovasculares, así lo evidencian cientos de trabajos científicos. En la Universidad de Kobe (Japón), un equipo de científicos dirigido por el profesor J. Yamamoto estudia el efecto de una ingestión regular de tomates y sus derivados en la prevención de la enfermedad cardiovascular. Los resultados del mismo se publicaron el año 2003 en una edición del *British Journal of Nutrition*, el estudio concluyó en que el consumo regular de tomates y licopenos presenta propiedades antitrombóticas.

Estudios recientes en mujeres premenopáusicas mostraron una importante relación entre el consumo de licopeno con enfermedades cardiovasculares (RCV). Se pudo verificar una relación inversa significativa en toda la muestra considerando tanto a los alimentos fuente como al total de alimentos que aportan licopeno, es decir que a mayor RCV menor fue el consumo y viceversa (Torresani 2009). En ese trabajo se registró un consumo promedio entre 5 y 7 mg/día de licopeno. Esos valores concuerdan con la postura de los investigadores Rao y Shen, quienes afirman que un consumo entre 5 y 10 mg/día, sería suficiente para la obtención de sus beneficios.

Según un estudio realizado en Canadá por Rao y col. (2000), el promedio del consumo de licopeno, verificado por medio de cuestionarios de frecuencia de consumo, fue de 25 mg/día, con el 50% de esta ingesta representada por tomates frescos. Considerando que el tomate fresco es menos biodisponible que los tomates procesados, los autores concluyen que sería aconsejable una mayor ingesta de tomates procesados. De esta forma, Rao sugiere que un valor de 35 mg/día sería una ingesta media apropiada de este antioxidante. Si bien no se ha consensuado aún la dosis de licopeno necesaria para obtener beneficios sobre la salud, la mayoría de los estudios epidemiológicos han mostrado consumos de 7 a 10 porciones por semana de alimentos fuentes ó 30 a 60 mg/ día de licopeno presente en los mismos (Sesso et al., 2003).

Desde el punto de vista nutricional el problema más grande que tiene la ingesta de licopeno está en cómo consumirlo. Su biodisponibilidad es mejor cuando se somete a cocción (pasta de tomate) mejorando sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Méndez y Hernández, 2006). El tomate procesado presenta mejor absorción (cerca de cuatro veces más) que los tomates frescos (Cohn et al., 2000), de ahí la importancia de su consumo como conserva. Diversos factores físicos y químicos afectan la estabilidad de los carotenoides, especialmente temperaturas elevadas, exposición a la luz, al oxígeno y a pH extremos (Nguyen y Schwartz, 1999; Shi y Le Maguer, 2000).

En Venezuela se realizó un estudio del contenido de licopeno en pastas de tomates, tres de ellas importadas y una nacional el que arrojó valores de 0.1305 ppm y 0.1271 ppm respectivamente (Fernández et al., 2007)

Durante el proceso de industrialización de tomates peritas pelados en conserva la operación de pelado por escaldado provoca una disminución del contenido de licopeno lo que indica la importante presencia del carotenoide en la epidermis del fruto. El estudio del contenido de licopeno a lo largo del proceso de elaboración de conservas de tomate perita entero pone de manifiesto que el mismo no sufre pérdida durante la esterilización industrial ni durante almacenamientos prolongados en góndola. Este comportamiento, combinado con el aumento de la biodisponibilidad del licopeno, debido a la cocción,

reportado por otros autores, aporta fundamento científico para considerar a estas conservas alimento funcional natural (Ordóñez et al., 2007)

El tomate es uno de los principales cultivos de alimentos (Frusciante et al., 2000) en el mundo. En Argentina el 34 % del tomate industrializado se destina a puré, el 38 % a tomate pelado, el 18 % a salsas, el 7% a extractos y el 4 % a otros subproductos (Sagpya, 2009). En los EE.UU., más del 80% del consumo de tomate anual corresponde a productos transformados (Willcox et al., 2003). Fue la principal hortaliza consumida en España en 2009 (Prochile, 2010). En consecuencia, los tomates y alimentos a base de el pueden ofrecer una matriz conveniente para el ingreso de nutrientes y otros componentes relacionados con la salud. Ahora bien el conocimiento sobre la actividad de los antioxidantes de productos de tomate procesados comercializados es escasa, (Sánchez C. et al., 2006).

Es importante que el consumidor conozca las características nutrimentales de los productos industrializados que adquiere y que en muchas ocasiones se publicitan como poseedores de fuertes propiedades antioxidantes sin haber sufrido las evaluaciones y controles correspondientes.

2. Objetivo:

El objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de licopeno en diversos productos industrializados comerciales a base de tomate y el aporte que proporcionan los mismos en función de la porción recomendada para el consumo.

3. Metodología:

Se muestrearon diferentes marcas de tomate triturado (4 unidades), tomates en conserva (8 unidades), concentrados doble (6 unidades) y triple (3 unidades) de tomate, puré de tomate (6 unidades), salsas preparadas listas para el consumo pizza (6 unidades), pomarola (8 unidades), napolitana (6 unidades), portuguesa (8 unidades) y ketchup, (10 unidades), en centros comerciales de la zona. Se determinaron las propiedades físico-químicas como pH, °Brix y sólidos solubles según metodologías AOAC y el contenido de licopeno por espectrofotometría visible. Para su extracción se utilizó la técnica de Sadler et al. (1990). Se pesó aproximadamente 1g de muestra en un Erlenmeyer, se lo cubrió de la luz con papel aluminio, se agregaron 25 ml de solvente (hexano: acetona: etanol; en una proporción 2:1:1) y se agitó magnéticamente durante 30 minutos. Luego se adicionaron 10 ml de agua destilada, que separó el contenido en dos fases, una polar (agua, alcohol, acetona) y otra no polar (hexano, licopeno). A continuación se tomó la fase no polar con una pipeta Pasteur, se la colocó en una probeta (la cual se resguardó de la luz con papel aluminio) para medir el volumen extraído de hexano. Se adicionaron 25 ml más de solvente al erlenmeyer para realizar una segunda extracción repitiendo el procedimiento descrito anteriormente. Se reunió todo el hexano extraído y se midió su volumen. A partir de allí se realizaron diluciones para la medición espectrofotométrica a una longitud de onda de 472 nm.

Para la cuantificación se construyó una curva de calibración utilizando una muestra de reactivo patrón (DMS, redivivo TM, lycopene 10% WS) que contiene 10% de licopeno (soluble en agua). Se prepararon soluciones de licopeno patrón a 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 y 2,0 mg/l. Las mismas cumplieron con la Ley de Lambert y Beer con un alto grado de ajuste ($R^2 = 0.9997$).

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y el análisis estadístico de datos se realizó con Statgraphics plus 5.1 e Infostat 2009

4. Resultados y discusión:

El contenido de licopeno en productos de tomate fue determinado por un método espectrofotométrico previa extracción con solventes. Lugasi y col. (2003) demostraron que el método espectrofotométrico es aceptable en el caso de los alimentos cuyo carotenoide principal es el licopeno y que el B-caroteno, presente en tomates en pequeña cantidad, no interfiere en la cuantificación debido a que su máximo de absorción es distinto al del licopeno. Sharma y Lee Maguer (2000) concluyeron que el método espectrofotométrico asegura una exacta cuantificación no encontrando diferencias significativas con el método que utilizaba cromatografía líquida de alta resolución.

Como se puede inferir de los datos de la tabla y figura 1 el contenido de licopeno varía poco en los diferentes productos comerciales a base de tomates como son puré de tomate (118.97 ± 15.98 mg/Kg), tomate en conserva (97.38 ± 11.39 mg/Kg) y los cuatro tipos de salsas listas para consumir en los cuales se encontró un valor promedio de 105.08 ± 11.62 mg/Kg. Similares concentraciones se han encontrado reportadas en la literatura para puré de tomate, tomate en conserva y salsas preparadas (Rao, 1998; Lugasi, 2003; Markovic, 2006) . El contenido de licopeno en los distintos extractos de tomate muestreados no presentó una buena correlación en relación a la cantidad de sólidos disueltos, siendo menores a lo esperado, para extractos dobles y triples se registraron 354.33 ± 12.23 y 262.00 ± 18.52 mg/Kg respectivamente. Varios autores han atribuido este comportamiento a la posible degradación del licopeno causada por el procesado térmico y/o en el caso de los extractos triples está respuesta podría ser favorecida por la degradación debida a la exposición a la luz (envases de vidrio transparente).

Tabla1. Contenido de licopeno en las muestras analizadas según tipo de producto, envase, porción, sólidos disueltos y pH expresados como mg/Kg de alimento, mg/g de sustancia seca y mg/por porción.

Producto	Envase	Porción g	Sólidos disueltos	pH	Licopeno		
					mg/kg alimento	mg/g sust. seca	mg/porción
Puré de tomate	Tetrabrick	60	$7,55 \pm 0,60$ a	$4,29 \pm 0,04$ ac	$118,97 \pm 15,98$ a	$1,57 \pm 0,10$ a	$7,14 \pm 0,96$ a
Extracto doble de tomate	Hojalata	15	$30,50 \pm 0,45$ b	$4,00 \pm 0,09$ b	$354,33 \pm 12,23$ b	$1,16 \pm 0,06$ b	$5,32 \pm 0,18$ b
Extracto triple de tomate	Vidrio	30	$40,30 \pm 0,20$ c	$4,36 \pm 0,04$ ac	$262,00 \pm 18,52$ c	$0,65 \pm 0,05$ cd	$7,86 \pm 0,56$ a
Extracto triple de tomate		15					$3,93 \pm 0,28$ c
Salsa lista para pizza	PP / Hojalata	60	$10,00 \pm 0,25$ ad	$4,38 \pm 0,04$ c	$102,19 \pm 13,90$ ad	$1,02 \pm 0,14$ bc	$6,13 \pm 0,83$ ab
Salsa lista Pomarola	PP / Hojalata	60	$8,50 \pm 1,77$ ad	$4,30 \pm 0,06$ ac	$105,08 \pm 11,62$ ad	$1,27 \pm 0,19$ ab	$6,30 \pm 0,70$ ab
Salsa lista Napolitana	Hojalata	60	$8,17 \pm 1,03$ ad	$4,12 \pm 0,05$ ab	$104,17 \pm 12,46$ ad	$1,29 \pm 0,22$ ab	$6,25 \pm 0,75$ ab
Salsa lista Portuguesa	PP / Hojalata	60	$10,13 \pm 2,22$ d	$4,03 \pm 0,10$ b	$109,24 \pm 13,90$ ad	$1,12 \pm 0,24$ b	$6,55 \pm 0,83$ ab

Ketchup	PP/ PET	12	36,40 ± 4,59 e	3,45 ± 0,22 d	76,48 ± 51,92 d	0,22 ± 0,15 d	0,92 ± 0,62 d
Tomate conserva	Hojalata	130	5,03 ± 0,10 f	4,34 ± 0,07 c	97,38 ± 11,39 ad	1,94 ± 0,25 e	12,66 ± 1,55 e

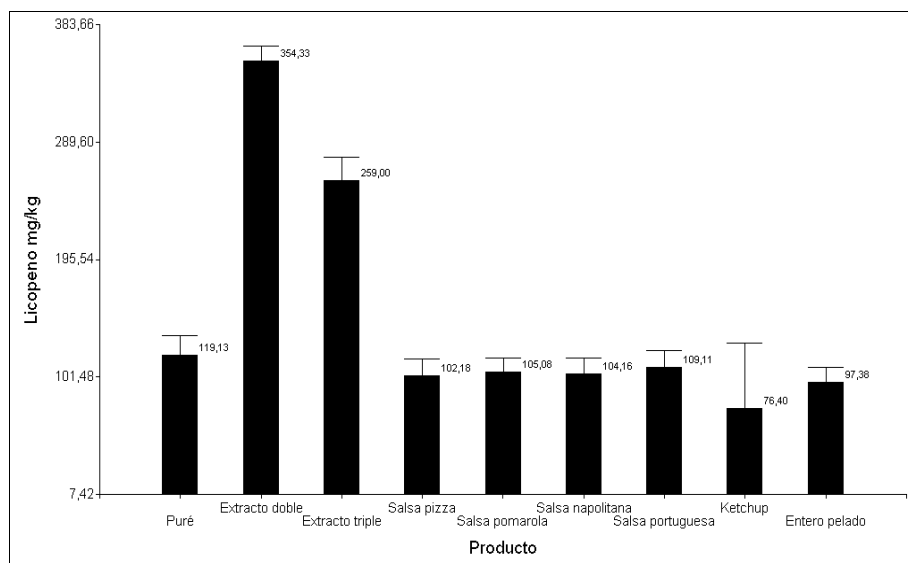


Figura 1. Valor medio y desviación estandar del contenido de licopeno, expresado en mg/Kg, en los diferentes productos de tomate

Las muestras analizadas de Ketchup arrojaron un valor promedio de 76.48 ± 51.92 mg/Kg en donde puede observarse por la desviación obtenida una gran variabilidad entre las distintas marcas analizadas. Dicho comportamiento podría explicarse porque el producto resulta adicionado con altas proporciones de otros ingredientes y presentan bajos valores de pH. Este comportamiento coincide con la bibliografía en donde se encuentran valores muy dispares en el contenido de licopeno de este tipo de producto.

A excepción del Ketchup, no se encontraron diferencias significativas entre las distintas marcas a base de subproductos de tomate muestreados para un mismo tipo de producto, lo que se espera dado que las marcas de las distintas muestras son empresas dentro de la provincia de Mendoza no encontrándose grandes diferencias entre variedades para industria y condiciones de cultivo.

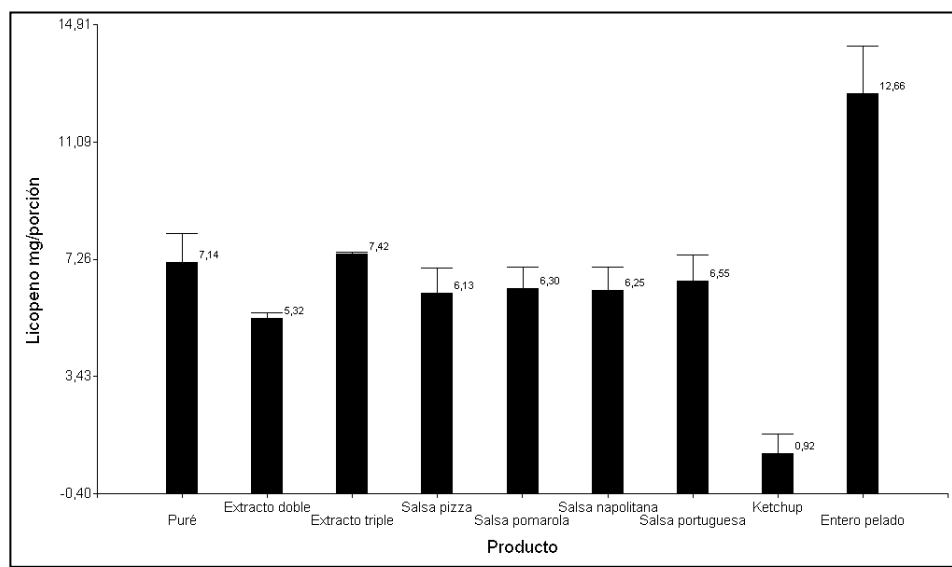


Figura 3. Valor medio y desviación estándar del licopeno por porción, en los diferentes productos de tomate

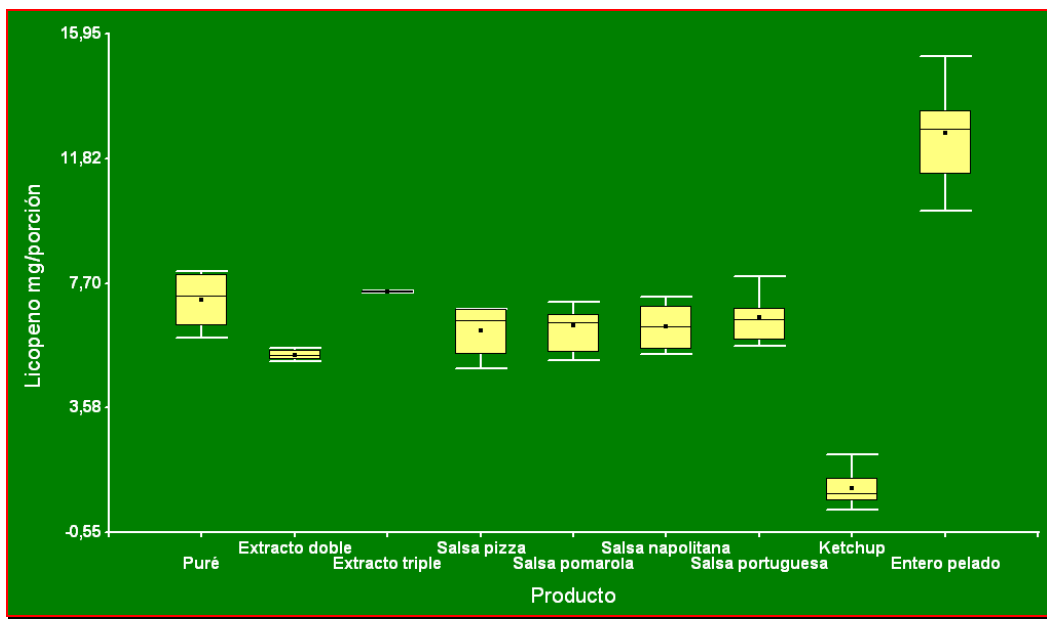


Figura 4. Variación del licopeno por porción, en los diferentes productos de tomate

Por otro lado, Si bien no hay valores de ingestas diarias recomendadas de licopeno, en la bibliografía se encuentran sugerencias que varían de 5 a 10 mg por día (Rao y Shen, 2002; Marcovic, 2006). Si analizamos el contenido del carotenoide en relación al tamaño de la porción que establece el Código Alimentario Argentino, según las características del producto comercial, puede inferirse de los resultados (tabla1 y fig. 3) que el consumo de una porción de triturado de tomate (12,5 mg \pm 2,3 mg licopeno/porción 130 g), tomate en conserva (11,9 mg \pm 2,5 mg licopeno/porción 130 g) o puré de tomates (7,1 mg \pm 1,0 mg licopeno/porción 60 g), cubriría los requerimientos diarios de licopeno sugeridos en la bibliografía, al igual que la porción recomendada en los envases de salsas tipo pizza, pomarola, portuguesa, etc. (6,3 mg \pm 1,2 mg licopeno/porción 60 g), mientras que la porción de concentrados doble (3,5 mg \pm 1,1 mg licopeno/porción 15 g) y triple (4,3 mg \pm 0,9 mg licopeno/porción 15 g) de tomate, no lo haría. El ketchup (0,8 mg \pm 0,6 mg licopeno/porción 12 g), sugerido en distintas publicaciones como fuente de licopeno, cubriría, por porción, menos del 10% del valor recomendado.

5. Conclusiones:

Los resultados muestran que el consumo de una porción de triturado de tomate, tomate en conserva o puré de tomates, cubriría los requerimientos diarios de licopeno sugeridos en la bibliografía, al igual que la porción recomendada en los envases de salsas tipo pizza, pomarola, portuguesa, etc., mientras que la porción de concentrados doble y triple de tomate, no lo haría. El ketchup, sugerido en distintas publicaciones como fuente de licopeno, cubriría, por porción, menos del 10% del valor recomendado.

6. Bibliografía:

Cohn, W. y otros cinco autores; (2004). Comparative multiple dose Plasma kinetics of lycopene administered in tomato juice, tomato soup or lycopene tablets. *Eur. J. Nutr.*: 43, 304-312

Fernández, C.; Pitre, A.; Llobregat, M. J. Rondón, Y. (2007) Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. *Información Tecnológica-Vol. 18 N°3-*, pág.: 31-38

Frusciante, L.; Barone, B.; Carputo, D.; Ercolano, M.R.; Della Roca, F.; Esposito, S. (2000). Evaluation and use of plant biodiversity for food and pharmaceuticals. *Fitoterapia* 71, 66-72.

Hart DJ, Scott KJ. (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem*; 54:101-111.

Lee A., D.I. Thurnham y M. Chopra; (2000). Consumption of tomato products with olive oil but not sunflower activity of plasma. *Free Radic. Biol. Med.*: 29(10), 1051-1055.

Lugasi, L. Bíró, J. Hóvárie, K.V. Sági, S. Brandt, É. Barna (2003). Lycopene content of foods and lycopene intake in two groups of the Hungarian population. *Nutr Res*, 23, pp. 1035–1044

Marković, K., Hruskar, M., Vahcic, N. (2006). Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians. *Nutrition Research*. 26, 11, Pages 556–560

Méndez, R.M. y U.H. Hernández; (2006). Contenido de licopeno en productos Mexicanos elaborados con jitomate, IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica y XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, Moreli, Michoacán, México

Nguyen, M. y S. Schwart; (1999). Lycopene: chemical and biological properties, *Food Technology*: 58(2), 38-44.

Penny M. (2004). Antioxidant Vitamin Supplements and Cardiovascular Disease. *American Heart Association Circulation*. 110: 637-41.

PROCHILE,2010.http://www.weeklytimesnow.com.au/article/2010/03/02/160161_horticulture.html

Rao, A.W.; Waseem, Z S. Agarwal. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Res Int*, 31 (10) (1998), pp. 737–741

Rao AV, Agarwal S. (2000). Role of oxidant lycopene in cancer and heart disease. *J Am Coll Nutr*; 19(5): 563-9.

Rao AV, Shen H. (2002). Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. *Nutr Res*; 22:1125-31.

Rao, V., Ed.; (2006). *Tomatoes, Lycopene and Human Health*. Ed. Caledonian Press. ISBN: 0-9553565-0-4, 39-62, Bcelona, España.

Sánchez, C. ;Moreno, L.; Begoña de Ancos, M. ; Cano, P. (2006). *Food Chemistry*, Volume 98, Issue 4, Pages 749-75.

Sesso HD, Liu S, Gaziano JM, Buring JE. (2003) Dietary Lycopene, Tomato-Based Food Products and Cardiovascular Disease in Women. *J. Nutr*; 133: 2336-41.

Shi J. y M. Le Maguer (2000); Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical properties affected by food processing, *Critical Review in Biotechnology*: 20 (4), 293-334.

Tomás-Barberán FA. (2003) Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alim Nutri Salud*; 10 (2): 41-53

Torresani M.E. (2009) Asociación entre riesgo cardiovascular y consumo de licopeno en mujeres pre y postmenopáusicas. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Vol. 59 N° 2,

Waliszewski KN, Blasco G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Publica Mex.; 52:254-265.

Wilcox, J. K., Catignani, G. L., & Lazarus, S. (2003). Tomatoes and cardiovascular health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43, 1–18.

Yamamoto J, Taka T, Yamada K, Ijiri Y, Murakami M, Hirata Y, Naemura A, Hashimoto M, Yamashita T, Oiwa K, Seki J, Suganuma H, Inakuma T, Yoshida T. (2003). Tomatoes have natural anti-thrombotic effects. Br J Nutr; 90:1031-8.

Zapata, L.M., L. Gerard, C. Davies y M.C. Schwab (2007). Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates, Ciencia, Docencia y Tecnología: 35, 173-193.

63TCA. ESTABILIDAD DE INGREDIENTES FUNCIONALES OBTENIDOS DE RAICES TUBEROSAS

DOPORTO M. C., DINI C., MUGRIDGE A., VIÑA S. Z., GARCÍA M. A.

CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos)

Facultad Ciencias Exactas UNLP-CONICET La Plata.

47 y 116, B1900AJJ, La Plata, Buenos Aires-Argentina.

E-mail: magarcia@quimica.unlp.edu.ar

Resumen: Ciertos cultivos que en nuestro país tienen una distribución regional, así como otros que en la actualidad se encuentran subutilizados, recobran interés dado el requerimiento de una mayor diversidad de ingredientes para la elaboración de alimentos funcionales. La mandioca (*Manihot esculenta*) y la ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) presentan potencialidades al respecto. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la estabilidad de harinas y almidón obtenidos a partir de raíces tuberosas de ahipa y mandioca como ingredientes funcionales de productos libres de gluten y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y térmicas. Se emplearon raíces cultivadas en la EEA Montecarlo-INTA (Misiones, Argentina). El procesamiento consistió en pelar las raíces y cortarlas en rodajas, que se secaron hasta peso constante, moliéndose posteriormente para obtener harina. Para la extracción de almidón, las raíces peladas fueron ralladas y la pasta obtenida fue colocada en agua y almacenada a 4°C. A las 24 h la mezcla se filtró y la suspensión acuosa de almidón se recogió en un recipiente, siendo mantenida por 24 h a 4°C. El almidón decantado en las extracciones sucesivas fue recuperado. La composición química de las harinas se evaluó cuantificando humedad, cenizas, lípidos y proteínas totales, mediante métodos oficiales. Para la harina de ahipa, se determinó la presencia de prolaminas mediante una técnica de enzimoimmunoensayo competitivo, empleando anticuerpos policlonales. Se midió el color de las harinas y almidones, en base a la coordenada L* y los valores hue y Chroma. Las propiedades térmicas de los ingredientes se evaluaron por calorimetría diferencial de barrido. Además, se obtuvieron las isothermas de sorción, por gravimetría; los datos experimentales fueron ajustados matemáticamente. Los enzimoimmunoensayos indicaron niveles no detectables de prolaminas en harina de ahipa, aunque el aporte de proteínas (no gliadinas) resultaría de cierta relevancia nutricional. La harina de ahipa gelatinizó a menor temperatura que la de mandioca. Las isothermas de adsorción de los ingredientes estudiados (harinas y almidones) correspondieron al Tipo II, según la clasificación de BET. Se aplicaron 8 modelos matemáticos, siendo el propuesto por Chirife el que mejor ajustó los datos experimentales de las harinas y el desarrollado por GAB, los de almidones. El contenido de agua de la monocapa (X_m) fue estimado a partir del modelo de GAB, con valores comprendidos entre 0.072 y 0.096, indicando una estabilidad aceptable para ambos ingredientes.

Palabras claves: harinas y almidones no tradicionales, productos libres de gluten, temperatura y entalpía de gelatinización, isothermas de sorción.

1. Introducción

Los nuevos estilos de vida han contribuido a la pérdida de ciertos hábitos de alimentación saludables, relacionados en gran medida con las tradiciones de los diferentes países y regiones. La alta incidencia de desequilibrios y desajustes alimentarios se vincula con la aparición de un gran número de enfermedades, algunas de ellas con carácter de pandemias, en especial el llamado síndrome metabólico. A partir de estas consideraciones surge la importancia de indagar sobre ciertas especies vegetales que tienen una distribución

regional o bien en la actualidad se encuentran subutilizadas, como potenciales fuentes de materias primas e ingredientes para la elaboración de alimentos funcionales. Esta clase de productos están en muchos casos destinados a compensar los desequilibrios alimentarios y garantizar la ingesta de nutrientes recomendada por los profesionales de la salud y la alimentación. Las raíces de mandioca (*Manihot esculenta*) y de ahípa (*Pachyrhizus ahípa*), perteneciente al grupo de raíces y tubérculos andinos, presentan potencialidades al respecto. La ahípa es una especie Leguminosa productora de raíces tuberosas a partir de las cuales es factible obtener harina y almidón, aunque su cultivo en nuestro país se encuentra restringido a ciertas regiones.

Por otra parte, es sabida la importancia que reviste el concepto de actividad acuosa (a_w) en el análisis de la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos. Esta se relaciona con una serie de consideraciones termodinámicas que generan la expresión matemática del potencial químico del agua de un sistema y su tendencia a ser retenida o escapar del mismo. En tal sentido, cuanto menos interactúe el agua con las diversas estructuras atómicas y moleculares de un alimento, mayor será la cantidad de agua disponible para diversas reacciones químicas y bioquímicas, en particular las relacionadas con el deterioro del producto.

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la estabilidad de harinas y almidones de ahípa y mandioca como ingredientes funcionales de productos libres de gluten y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y térmicas.

3. Metodología

Se emplearon raíces de ahípa y mandioca provenientes de la EEA-INTA Montecarlo (Misiones, Argentina). Las raíces se seleccionaron, se lavaron y se sanitizaron en solución de NaClO (250 ppm de cloro activo, 10 min). Luego se dejaron secar a temperatura ambiente, se pelaron manualmente y se removieron las partes dañadas. Para la obtención de harina, el material se procesó en rodajas, que fueron secadas a 55°C hasta peso constante, y finalmente se molieron. Asimismo para la extracción de almidón las raíces peladas fueron procesadas en un rallador de disco rotatorio. La pasta obtenida fue colocada en agua (2 L de agua/kg de raíces) y almacenada a 4 °C durante 24 h. La mezcla se filtró y la suspensión acuosa de almidón (lechada de almidón) se recogió en un recipiente. El residuo (pulpa de ahípa y mandioca) se sometió nuevamente al proceso de extracción. Este proceso de filtración y extracción se repitió al menos cinco veces. El material insoluble decantado, constituido principalmente por almidón, fue recuperado y secado en estufa a 40°C.

Composición química. Se determinó el contenido de humedad de las harinas y de los almidones por gravimetría, deshidratando las muestras en estufa a 105°C hasta peso constante; asimismo se cuantificó el tenor de cenizas totales por calcinación en mufla a 500-550°C (aproximadamente 5 h); el contenido de compuestos liposolubles, mediante extracción continua con hexano en un extractor Soxhlet y el porcentaje de proteínas totales, aplicando el método Kjeldahl (AOAC, 1990).

Presencia de gliadinas. En el caso de la harina de ahípa, se determinó mediante enzimoinmunoensayo competitivo empleando anticuerpos policlonales, según Chirido y colaboradores (1995). Las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Investigación en el Sistema Inmune (LISIN) de la Facultad de Ciencias Exactas UNLP, donde se llevaron a cabo las determinaciones.

Color. Se caracterizó el color de los productos obtenidos, empleando un colorímetro Konica Minolta CR-400 (Japón) y registrando la coordenada L* y los valores hue y Chroma.

Propiedades térmicas. Se determinaron la temperatura y entalpía de gelatinización de las harinas y de los almidones por calorimetría diferencial de barrido (DSC), según López y colaboradores, (2008). Se empleó un calorímetro Q100 (TA, USA) controlado mediante un módulo TA 5000, bajo atmósfera de N₂ (20 mL min⁻¹). Para la caracterización de las harinas, se pesaron aproximadamente 7 mg de muestra y se le adicionaron 15 µl de agua destilada en cápsulas de aluminio. En cambio para las de almidón, se colocaron en las cápsulas alrededor de 12 µl de una suspensión al 20%p/p. Las cápsulas se cerraron herméticamente. Se utilizó una cápsula vacía como referencia. La velocidad de barrido fue 10°C min⁻¹. El rango de calentamiento varió entre 10-120°C.

Isotermas de sorción. Se obtuvieron por el método gravimétrico estático estandarizado por el “European Cooperative Project COST 90” (Speiss y Wolf, 1983).

TABLA 1. Modelos matemáticos de isotermas de sorción utilizados.

Modelo	Ecuación matemática
BET	$X = \frac{X_m C_B a_w}{(1 - a_w)(1 - a_w + C_B a_w)}$
GAB	$X = \frac{X_m K C_G a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C_G K a_w)}$
Halsey	$a_w = \exp\left(-\frac{A}{X^B}\right)$
Peleg	$X = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$
Oswin	$X = A \times \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)}\right)^B$
Henderson	$(1 - a_w) = \exp(A \times X^B)$
Chirife	$X = \exp(A + B \times \ln(C - \ln a_w))$
Smith	$X = A + (B \times \log(1 - a_w))$

X, contenido de humedad de equilibrio (g agua/g sólido seco); a_w, actividad acuosa, X_m, contenido de humedad de equilibrio de la monocapa (g agua/g sólido seco); A, B, C, K, k₁, k₂, n₁ y n₂ son parámetros de ajuste de las ecuaciones.

Se colocaron las muestras de harina y almidón previamente pesadas en un desecador con CaCl₂ anhidro durante 7 días para deshidratar completamente las muestras. Luego, se pesaron y se transfirieron a recipientes herméticos que contenían soluciones saturadas de diferentes sales cuyas actividades acuosas variaron entre 0,11 y 0,91 (Thys et al., 2010). Las muestras se almacenaron a 20°C y se pesaron diariamente hasta alcanzar el equilibrio. Finalmente, se determinó la humedad de las muestras secando en estufa a 105°C hasta peso constante. Las isotermas de sorción se determinaron por triplicado. Los datos experimentales obtenidos se ajustaron matemáticamente con los modelos de isotermas de sorción presentados en la Tabla 1, utilizando el módulo de regresión no lineal del programa Systat 10.0 (SYSTAT, Inc., Evanston, IL, USA). En el caso del modelo BET sólo se regresionaron los valores para a_w<0,5. Se estimaron los valores de los parámetros

correspondientes a cada modelo y la bondad de ajuste de los mismos a través del coeficiente de correlación (r^2).

Diseño experimental y análisis estadístico. Para el análisis estadístico de resultados se utilizó el software Systat® (Versión 10.0). Se efectuó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significación $p=0,05$.

4. Resultados

Los inmunoensayos permitieron calificar a la harina de ahípa como un producto libre de gluten, con un límite de detección de 0,1 mg de gliadinas/100g de muestra. Se indica como no detectable el contenido de prolaminas inferior a dicho límite. Sin embargo, por tratarse de una Leguminosa, el aporte de proteínas (no gliadinas) de las raíces de ahípa ($10,1\pm 0,4\%$ base seca) resultaría relevante desde el punto de vista nutricional. La composición química de ambas harinas se presenta en la Tabla 2.

TABLA 2. Composición química (% en base seca) de almidón y harina de ahípa y mandioca.

Composición química	Ahípa		Mandioca	
	Almidón	Harina	Almidón	Harina
Materia seca (%)	88,39±0,13	88,80±0,20	88,19±0,08	89,80±0,10
Lípidos totales (%)	0,03±0,00	0,44±0,01	-	0,48±0,02
Proteína bruta (%)	0,49±0,14	10,10±0,40	0,88±0,13	3,70±0,70
Cenizas totales (%)	0,23±0,00	2,82±0,01	-	3,45±0,04

En cuanto a los atributos de color, (Tabla 3), tanto la harina como el almidón de mandioca presentan valores de luminosidad y del parámetro hue significativamente ($p<0,05$) mayores que los correspondientes a ahípa. Con respecto al parámetro Chroma, las harinas presentan valores mayores que sus almidones debido a las reacciones de pardeamiento que tienen lugar dada su composición química. Específicamente en el caso de harina de ahípa, los altos valores de Chroma obtenidos se correlacionan con el mayor contenido de proteínas de la raíz tuberosa (Tabla 2).

TABLA 3. Color superficial de harina y almidón de ahípa y mandioca.

Muestra	L*	hue	Chroma
Harina de Ahípa	84.1±1.1	85.4±0.4	15.1±1.0
Harina de Mandioca	90.9±0.9	91.3±0.3	11.9±0.5
Almidón de Ahípa	93.5±0.7	85.8±0.5	4.4±0.2
Almidón de Mandioca	96.2±0.7	91.9±0.4	4.9±0.2

Los termogramas obtenidos por DSC mostraron un pico endotérmico asociado principalmente a la gelatinización del almidón presente en la harina. En la Tabla 4 se presentan los parámetros térmicos de las harinas y almidones observándose que la harina de ahípa gelatiniza a una menor temperatura que la de mandioca, indicando una mayor aptitud para la cocción. Una tendencia similar se observa para los almidones.

TABLA 4. Parámetros térmicos de harina y almidón de ahipa y mandioca.

Muestra	To (°C)	Tg (°C)	ΔH (J/g materia seca)
Harina de Ahipa	68.5±0.8	73.1±0.9	8.2±0.6
Harina de Mandioca	70.1±0.8	75.7±0.9	10.5±0.9
Almidón de Ahipa	64.3±0.2	67.2±0.1	9.5±0.6
Almidón de Mandioca	51.7±0.8	69.9±0.0	9.7±0.4

Con respecto a otras harinas de diferentes orígenes botánicos, las de ahipa y mandioca presentaron temperaturas de pico mayores que la correspondiente a harina de taro, la cual varía entre 55,6-68,7°C (Aboubakar et al. 2008) y comparables a la de plátano verde (Tribess et al., 2009).

La Figura 1 muestra las isotermas de sorción de harinas y almidones de ahipa y mandioca. Como era de esperar, a temperatura constante el contenido de humedad de equilibrio aumenta con la a_w . Las isotermas de sorción presentaron una forma sigmoidea típica, correspondiendo a isotermas Tipo II, según la clasificación de BET. Resultados similares se describen para las isotermas de harina de papa (McMinn y Magee, 2003; Kaymak-Ertekin y Gedik, 2004), piñón (Thys et al., 2010) y para almidones de diferente origen botánico (Al-Muhtaseb et al., 2004).

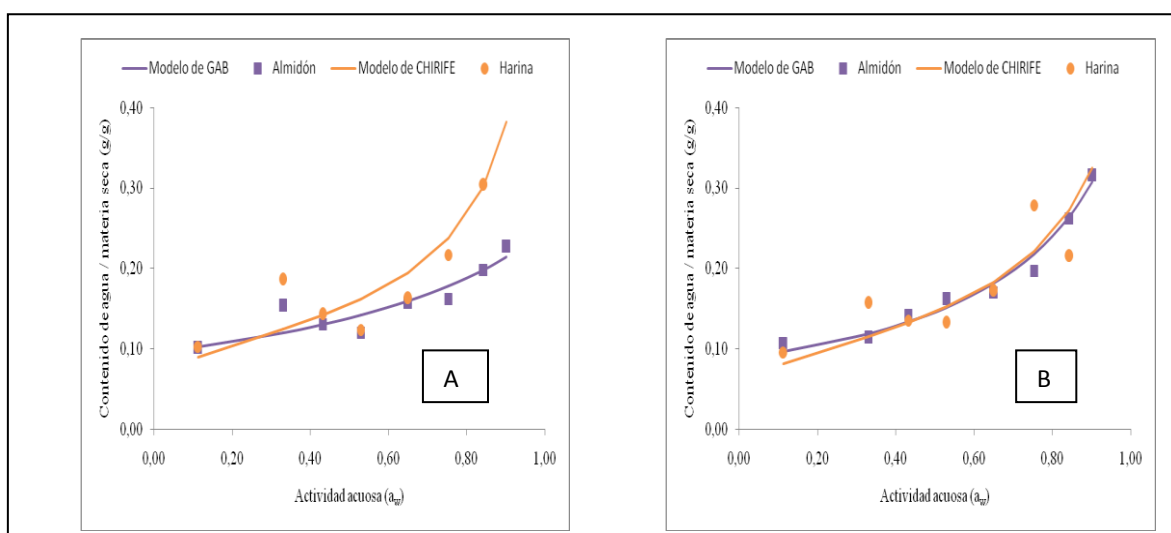


FIGURA 1. Isotermas de sorción a 20°C de harina y almidón de ahipa (A) y mandioca (B). Símbolos: datos experimentales; líneas: ajuste del modelo matemático de Chirife para las harinas y GAB para los almidones.

De los modelos matemáticos utilizados el de Chirife fue el que mejor ajustó los datos experimentales para ambas harinas ($r^2 > 0.966$). Cladera-Olivera y colaboradores (2009) encontraron que este modelo fue también el más adecuado para describir las isotermas de sorción de harina de piñones de *Araucaria angustifolia*. En cambio para los almidones el modelo que mejor ajustó los datos experimentales fue el de GAB ($r^2 > 0.991$)

Los modelos de BET y GAB permitieron estimar el contenido de agua de la monocapa, indicando los valores obtenidos una estabilidad aceptable para ambos ingredientes. Según Labuza (1984), el máximo contenido de humedad de la monocapa para alimentos corresponde a 10% (base seca); superando este valor, la estabilidad del producto frente a la humedad se ve comprometida.

Los valores de contenido de agua de la monocapa (X_m) estimados a través de ambos modelos se muestran en la Tabla 5, siendo éstos menores para la harina de mandioca, lo que indicaría una mayor estabilidad, respecto a la harina de ahípa. Una tendencia similar se observó en el caso de los almidones. El contenido de agua de la monocapa del almidón de mandioca fue menor que el informado por Perdomo y colaboradores (2009), siendo este de 0.0954g agua / g materia seca a 20°C.

TABLA 5. Parámetros de ajuste de los modelos de GAB para las isotermas de sorción de almidones y harinas de ahípa y mandioca.

Parámetro	Ahípa		Mandioca	
	Almidón	Harina	Almidón	Harina
X_m	0.096	0.072	0.088	0.082
K	0.612	0.917	0.792	0.862
C	$4.54 \cdot 10^{14}$	$2.73 \cdot 10^{14}$	$1.42 \cdot 10^{15}$	$1.81 \cdot 10^{14}$
r^2	0.991	0.977	0.997	0.966

Si bien no existen referencias respecto a harina de ahípa, los valores de X_m hallados fueron mayores que los correspondientes a harina de piñón (comprendidos entre 0,05 y 0,07 g agua/g sólidos secos, según Cladera-Olivera et al. 2009).

5. Conclusiones

A partir de raíces de ahípa y mandioca se pueden obtener harinas naturalmente libres de gluten y nutricionalmente diferenciadas por su contenido de proteínas, el que resulta significativamente mayor en harina de ahípa. Además, la harina de ahípa se caracteriza por presentar mayor desarrollo de color evaluado a través del parámetro Chroma. Las isotermas de sorción permitieron evaluar el contenido de humedad que garantiza la estabilidad de las harinas y almidones bajo diferentes condiciones de almacenamiento. El proceso de adsorción de agua pudo modelarse satisfactoriamente utilizando diferentes modelos matemáticos, siendo el de Chirife el que mejor ajustó los datos experimentales correspondientes a las harinas y el de GAB para los almidones. Los valores del contenido de agua de la monocapa (X_m) observados indican que los ingredientes obtenidos a partir de las raíces tuberosas estudiadas son productos estables a la humedad relativa ambiente. Por otra parte, el análisis de las propiedades térmicas indicaría que tanto la harina de ahípa como la de mandioca tienen una adecuada aptitud al proceso de cocción, relacionada con sus correspondientes temperaturas de gelatinización.

6. Bibliografía

- Aboubakar, Njintang, Y.N., Scher, J., Mbofung, C.M.F. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *J. Food Eng.*, 86, 294–305.
- Al-Muhtaseb, A.H., McMin, W.A.M., Magee, T.R.A. 2004. Water sorption isotherms of starch powders. Part 1: mathematical description of experimental data. *J. Food Eng.*, 61, 297.
- AOAC (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th edition. Edited by Kenneth Helrich. Arlington, Virginia 22201, U.S.A.

- Chirido, F.G., Añón, M.C., Fossati, C.A. 1995. Optimization of a competitive ELISA with polyclonal antibodies for quantification of prolamins in foods. *Food Agric Immunol* 7(4), 333-343.
- Cladera-Olivera, F., Marczak, L.D.F., Noreña, C.P.Z., Pettermann, A.C., 2009. Modeling water adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) flour and thermodynamic analysis of the adsorption process. *J. Food Process Eng.*, 34, 3, 826-843.
- Kaymak-Ertekin, F., Gedik, A. 2004. Sorption isotherms and isotheric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. *LWT*, 37, 429.
- Labuza, T.P., 1984. *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. American Association of Cereal Chemists, American, St. Paul, MN.
- López, O.V., García, M.A., Zaritzky, N.E. (2008). Film forming capacity of chemically modified corn starches. *Carbohydrate Polymers*, 73, 573.
- McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A. 2003. Thermodynamics properties of moisture sorption of potato. *J. Food Eng.* 60, 157.
- Perdomo, J.; Cova, A.; Sandoval, A.J.; García, L.; Laredo, E. y Müller, A.J. 2009. Glass transition temperatures and water sorption isotherms of cassava starch. *Carbohydr. Polym.*, 76, 305–313.
- Spiess, W.E.L., Wolf, W. (1983). The result of the COST 90 project on water activity. En *Physical Properties of Foods*, eds R. Jowitt, F. Escher, B. Hallstrom, H. F. Th. Meffert, W.E.L. Spiess & G. Vos. Applied Science Publishers, London, pp. 65-88.
- Thys, R.C.S., Noreña, C.P.Z., Marczak, L.D.F., Gomes Aires, A., Cladera-Olivera, F. (2010). Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. *J. Food Eng.* 100, 468.
- Tribess, T.B., Hernández-Uribe, J.P., Méndez-Montealvi, M.G.C., Menezes, E.W., Bello-Pérez, L.A., Tadini, C.C. (2009). Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT*, 42, 022–1025.

64TCA. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LA OLEORRESINA DEL AGUARUBAY SOBRE MEDALLONES DE CARNE

PADIN E., POLLIO M. L.

Universidad Nacional de Quilmes, Departamento de Ciencia y Tecnología, Roque Sáenz Peña 352, (1876) Bernal, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: mlpollio@unq.edu.ar.

Resumen: Los aceites esenciales y las oleorresinas son utilizados en la actualidad como conservantes naturales de alimentos. Se ha demostrado que la oleorresina del Aguarubay, *Schinus molle* L. adicionada en una concentración del 1% en hamburguesas de carne vacuna es un buen inhibidor de aerobios mesófilas totales durante su almacenamiento en refrigeración a 4 °C, durante 24 hs. Se obtuvo como resultado después de 24 hs. de incubación a 35 °C, para el control un crecimiento de $2,9 \cdot 10^5$ Ufc/ml mientras que para las muestra tratadas con la oleorresina el crecimiento fue de $6,5 \cdot 10^4$ Ufc/ml.

1. Introducción:

La carne vacuna es el alimento de mayor consumo dentro de la población, especialmente los medallones de carne conocidos como hamburguesas. El método más utilizado para extender su vida útil es la refrigeración y/o el agregado de conservantes sintéticos (Forrest et. al., 1975).

Las especias, como las hierbas aromáticas, son utilizadas en los alimentos hace cientos de años. Debido a que proporcionan aroma y sabor, hacen que alimentos insípidos pasen a ser más sabrosos y, más recientemente, son utilizadas como conservantes de estos alimentos. Se considera especia a “parte de ciertas plantas (raíces, rizomas, bulbos, cortezas, hojas, tallos, flores, semillas) en estado natural, desecadas y/o sometidas a elaboración mecánica que por su sabor o aroma característico, sazonan a los alimentos para consumo humano” (Gerhardt, 1975). Las especias generalmente carecen de clorofila e incluyen rizomas o raíces (*jengibre*), cortezas (*canela*), yemas florales (*clavo*), frutos (*eneldo*, *pimienta*) y semillas (*nuez moscada*, *mostaza*).

Las hierbas en cambio, según los esquemas botánicos de clasificación, comprenden materiales aromáticos tales como plantas herbáceas, como la *albahaca*, *mejorana*, *orégano*, *romero*, *tomillo*, así como los arbustos aromáticos (*salvia*) y hojas de árbol (*laurel*). (Fennema, 2000).

En la actualidad los aceites esenciales y las oleorresinas de hierbas y especias se están utilizando como saborizantes y aromatizantes en alimentos.

Las oleorresinas se obtienen por extracción con un solvente que disuelve tanto el aceite volátil como los compuestos no volátiles. El producto que resulta de la eliminación del solvente y que está compuesto por constituyentes no volátiles de hierbas y especies es el material de interés.

Las diferentes oleorresinas y aceites esenciales actúan como antimicrobianos no solo inhibiéndole crecimiento de bacterias indeseadas, sino también, inhibiendo el crecimiento de levaduras deteriorantes y mohos toxicogénicos. Además algunas de ellas poseen la capacidad asociada de antioxidante.

Es vasta la bibliografía que describe el gran poder antimicrobiano y antioxidante de las oleorresinas y aceites esenciales. Lee et al. (2004) plantea la alternativa de usar a los aceites esenciales, por su poder antimicrobiano, como antibióticos no solo en medicina sino también en la industria de los cosméticos y principalmente en la industria de la alimentación.

En trabajos anteriores se demostró que la oleorresina extraída de las bayas del Aguaribay, *Schinus molle* L., posee in vitro, capacidad antimicrobiana sobre diferentes especies de bacterias, hongos y levaduras que son deteriorantes de alimentos. (Padin E. et.al., 2007).

El Aguaribay es un árbol de gran porte y ramas péndulas muy común en América del Sur. Posee un tronco grueso y copa amplia con follaje persistente, hojas compuestas, flores amarillentas y frutos de color rojizo reunidos en panojas y uniseminados. La corteza y las hojas presentan distintas propiedades y son usadas medicinalmente en un gran número de afecciones. Los frutos tienen gusto cercano a la pimienta, frutal y menos picante, por lo que también se los usa como condimento. Se los conoce como “pimienta rosa”.

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo es demostrar que la oleorresina del Aguaribay no solo se puede utilizar para dar sabor a las hamburguesas de carne vacuna, sino que también inhibe el crecimiento de bacterias durante su almacenamiento.

3. Metodología:

Obtención de la oleorresina

La oleorresina se obtuvo por medio de una extracción con solvente orgánico. En un erlenmeyer de 250 ml se colocaron 10 g de bayas trituradas a las cuales se les añadió 100 ml de etanol. Posteriormente al mezclado, se agitó durante 48 hs a 40°C y 40 ciclos/min. El extracto es filtrado y se elimina el etanol por evaporación. Por último se ajusta la concentración de la oleorresina a 250 mg/ml para sus posteriores diluciones (Quiroga et. al., 2001).

Formulación de las hamburguesas de carne vacuna

La formulación para los medallones carne fue: 300 g de carne vacuna triturada, 5 g de sal, 51,2 g de almidón de maíz y 33,9 g de agua. Se confeccionaron tres lotes de 300 g. A uno se le agregó 1% del extracto etanólico, a otro 1% de etanol y otro se usó como control, sin agregados. Cada lote fue dividido en medallones de 30 g cada uno. Se conservaron en refrigeración (4°C) hasta el momento de ser usados (Piñero et. al., 2005).

Recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales

El recuento de aerobios mesófilos totales a cada lote se realizó a tiempo cero y a 24 hs. Se utilizó agar para recuento (PCA) como medio de cultivo. Las placas se incubaron durante 48 hs. a 35 °C. Los ensayos fueron realizados por duplicado.

4. Resultados:

Los resultados obtenidos fueron, para el tiempo cero, luego de la elaboración, de $1.55 \cdot 10^4$ Ufc/ml para el control y para el lote con oleorresina de $2 \cdot 10^4$ Ufc/ml.

Como podemos observar en la **Figura 1** a tiempo cero los recuentos de aerobios mesófilos totales no presenta diferencias significativas entre el lote control y el lote de las hamburguesas que contenían la oleorresina.

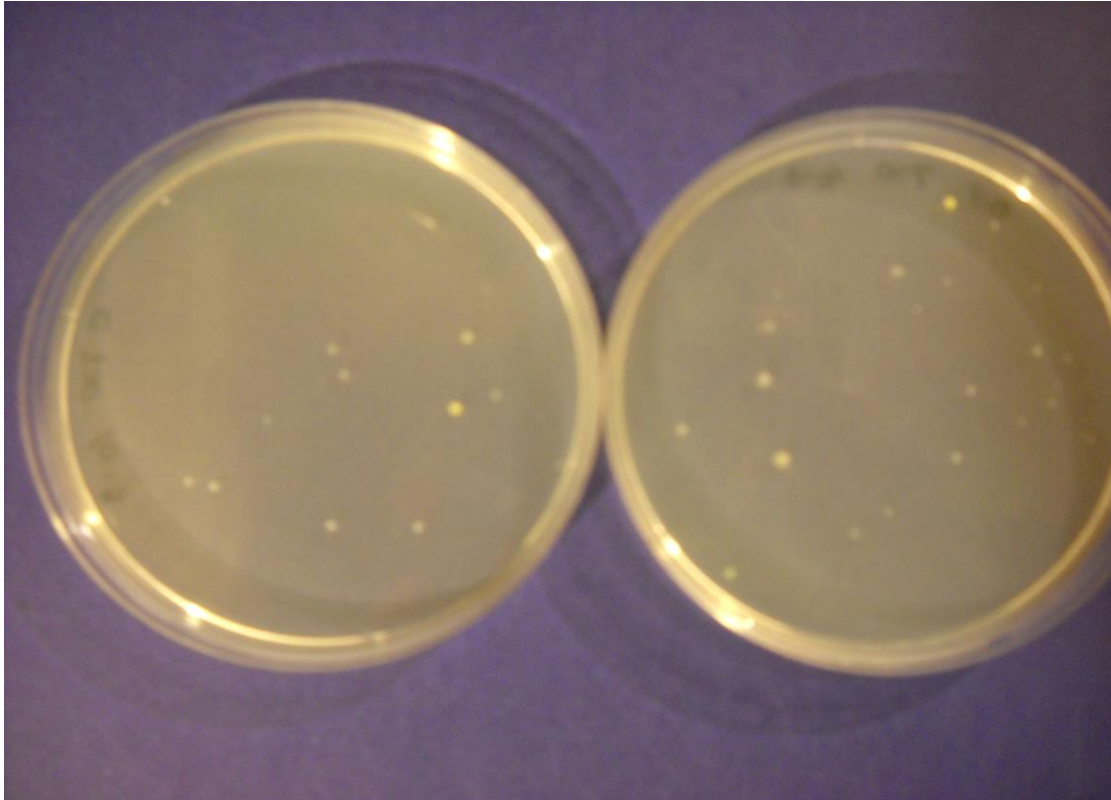


Figura 1- Placa de la izquierda: Control, placa derecha: oleorresina

Después de las 24 hs. de refrigeración el recuento para el control fue de $2,9 \cdot 10^5$ Ufc/ml y para el lote con oleorresina fue de $6,5 \cdot 10^4$ Ufc/ml. El lote conteniendo el 1% de etanol dio como resultado, después de las 24 hs. de refrigeración, un recuento de aerobios mesófilos totales de $9 \cdot 10^4$ Ufc/ml. Dichas diferencias en el crecimiento se pueden observar en la **Figura 2**, donde se aprecia que la oleorresina inhibe el crecimiento de los microorganismos durante el almacenamiento, tal como se esperaba.

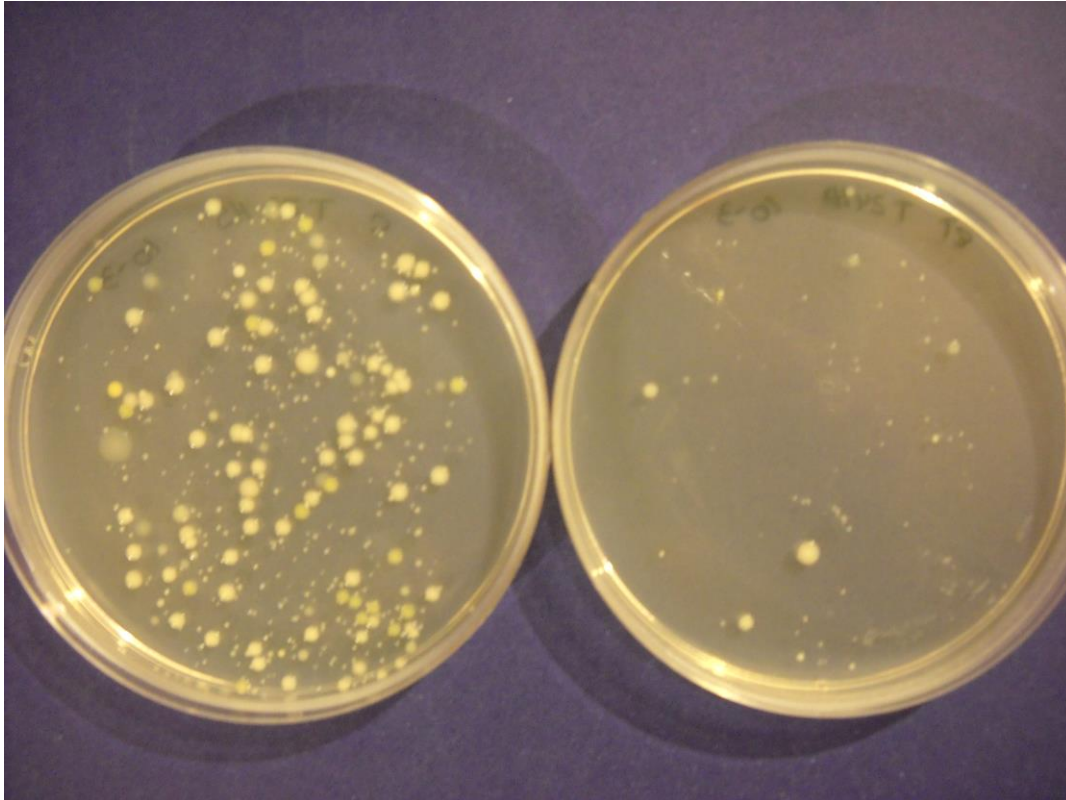


Figura 2- Placa de la izquierda: Control, placa derecha: oleoresina

5. Conclusiones:

Podemos concluir que el uso de la oleoresina del Aguaribay produce una disminución en el crecimiento de las bacterias que contribuyen al deterioro del alimento. Si bien en el lote que contenía etanol se produjo una disminución en el desarrollo, la oleoresina produce aún más disminución en el crecimiento. Se podría pensar en el uso de este extracto no solo como ingrediente para dar sabor sino también como conservante de los medallones de carne.

6. Bibliografía:

- Fennema O. R. (2000) "Química de los Alimentos". Acriba. Zaragoza. Cap. 11, pp 885 - 887.
- Forrest J., Aberle E., Hedrick H., Judge M. y Merkel R. (1975) "Fundamentos de ciencia de la carne". Acriba. Zaragoza. Cap 1, pp 3-9.
- Gerhardt, U. (1975) "Especias y condimentos". Acriba. Zaragoza.
- Lee K. W., Everts H. and Beynen A. C. (2004) "Essential oil in Broiler Nutrition". International Journal of Poultry Science. 3 (12): 738-752.
- Padin E., Pose G. N. And Pollio M. L. (2007), Antibacterial activity of oleoresin from Aguaribay (*Schinus molle* L.). Journal of Technology. 5 (1): 5-8.
- Piñero M., Ferrer M., Moreno L., Huerta-Leidenz N., Parra K. y Araujo S. (2005), Atributos sensoriales y químicos de un producto cárnico ligero formulado con fibra soluble de avena. Revista científica, FCV-Luz. Vol XV, N°3, 279-285.
- Quiroga E., Sampietro A. and Vattuone M. (2001), Screening antifungal activities of selected medical plants. Journal Ethnopharmacology 74, 89-96.

65TCA. EFECTOS BIOLÓGICOS DE INHIBIDORES DE PROTEASAS EN ALIMENTOS

CISNEROS, J. S. *; TELLECHEA, M. *; CECCACCI, M. F. *; OBREGON, W. D. *

*Facultad de Ciencias Exactas/LIPROVE, Universidad Nacional de La Plata (1900), La Plata, Argentina - josebastiancisneros@hotmail.com

Resumen: Los productos naturales constituyen una de las mayores fuentes para el desarrollo de alimentos, debido a su diversidad química y a que se les supone una toxicidad inicial limitada al encontrarse en seres vivos. Entre estos productos se encuentran los inhibidores de proteasas (IPs). Las fuentes vegetales de IPs han sido escasamente exploradas y tienen la ventaja de su extraordinaria riqueza y diversidad. Tienen menor costo de obtención y procedimientos muy sencillos, si se comparan con los procedimientos de obtención por síntesis química. Seguramente el mayor incentivo para la búsqueda de nuevos IPs es que el control de la proteólisis de las proteasas propias del alimento o actividad antimicrobiana presente en el mismo representa una herramienta valiosa a la hora de conservar alimentos (Ayensa, 2002; Jin-Young et al., 2005). La combinación de la espectrometría de masas junto a la inmovilización de proteasas ha logrado desarrollar una técnica rápida y versátil “High-throughput screening” (HTS) que permite realizar un screening rápido para la identificación de moléculas. Esta metodología ha permitido identificar IPs en extractos heterogéneos que fueron posteriormente purificados y caracterizados por métodos convencionales. Por medio de IF/MALDI TOF/MS, se pudo identificar nuevos IPs obtenidos a partir de *Solanum tuberosum* subespecie *andígena* de la variedad Imillanegra (papa andina) utilizando para su purificación microcolumnas de tripsina inmovilizada en soportes de glioxil agarosa. Con todo esto se propone (aprovechando también nuestra experiencia en el estudio bioquímico y estructural de las proteínas, sus aplicaciones biotecnológicas y la infraestructura disponible en nuestro laboratorio) continuar con la detección, purificación, caracterización bioquímica y aplicación de técnicas bioinformáticas sobre nuevos inhibidores de proteasas que demuestren posibilidades de potenciales aplicaciones en el desarrollo de nuevas sustancias utilizadas en la conservación de alimentos.

1. Introducción

En los últimos años, la nutrición y la tecnología de los alimentos están experimentando una profunda transformación debido al desarrollo del concepto de alimentos funcionales y de nutraceuticos. Tanto las proteínas funcionales como los péptidos bioactivos están cobrando gran importancia ya que, además de su papel nutricional por ser fuente de aminoácidos, son capaces de ejercer diferentes efectos biológicos específicos sobre el sistema inmune, el sistema cardiovascular o el tracto gastrointestinal. Además, se ha descrito que estos péptidos y proteínas pueden tener efectos anticancerígenos, antibacterianos o antivirales. Las proteínas de origen vegetal muestran frecuentemente efectos hipocolesterolemiantes en comparación con las proteínas animales (Martínez Augustin et al., 2006). La apoptosis, la coagulación de la sangre y las cascadas de señalización celular son algunos de los procesos en los que participan las proteasas escindiendo proteínas o proenzimas. Los inhibidores de proteasas (IPs) representan para los organismos una eficiente vía de control de la actividad de proteasas endógenas, que necesitan ser balanceadas en estado normal para obtener una proteólisis controlada. La actividad de los IPs obedece a su capacidad de formar complejos estables con las proteasas blanco, bloqueando, alterando o impidiendo el acceso del sustrato al sitio activo de la enzima. Estas biomoléculas abren un camino potencial para el

desarrollo de tratamientos adecuados para la conservación de alimentos con aditivos naturales. Esto puede llegar a producir grandes avances en la industria alimenticia y el bienestar de la comunidad, lo que a su vez, demuestra la importancia de estas tecnologías para la identificación y caracterización de nuevos IPPs.

Se utilizaron diversas técnicas de purificación y caracterización, entre las cuales destacamos una cromatografía de afinidad particularmente diseñada con proteasas inmovilizadas covalentemente a un soporte especial y una técnica proteómica denominada Intensity Fading MALDI-TOF/MS, que permite detectar e identificar pequeñas cantidades de moléculas presentes en una muestra biológica. La variante diseñada por nosotros incluye primariamente una etapa de afinidad con la proteasa inmovilizada en micropartículas poliméricas. El inhibidor retenido en la micropartícula pudo ser eluído selectivamente y analizado mediante espectrometría de masas. De esta forma, la reaparición o el aumento de la intensidad de la señal en el espectro de la fracción eluida, corroboró la presencia de una molécula capaz de interactuar con la proteasa inmovilizada, y descarta la posibilidad de interacciones inespecíficas.

2. Objetivos

Obtener extractos crudos a partir de tubérculos de *Solanum tuberosum* subespecie *andígena* variedad Imillanegra (papa andina).

- a) Detectar actividad inhibitoria de tripsina y subtilisina en los extractos obtenidos.
- b) Caracterizar bioquímicamente los extractos crudos obtenidos mediante técnicas convencionales (PM, pI, tratamiento térmico)
- c) Purificar cromatográficamente los inhibidores de proteasas (IPs) obtenidos empleando matrices de afinidad especialmente diseñadas mediante el uso de proteasas diana inmovilizadas en soportes de glioxil-agarosa.
- d) Caracterizar bioquímicamente a los inhibidores purificados.
- e) Identificar los IPs mediante técnicas proteómicas tales como Peptide Mass Fingerprint (PMF) e Intensity fading MALDI-TOF.

3. Metodología

Preparación de los extractivos crudos: Se utilizó como material de partida tubérculos de *Solanum tuberosum* subespecie *andígena* variedad Imillanegra. Los mismos se pelaron y trituraron en presencia de ditiotreitól (DTT) 0,2 mM en frío para prevenir la oxidación de polifenoles. Luego se sedimentó el almidón mediante incubación por 30 min. a 4°C y el sobrenadante se centrifugó diferencialmente a 5000g y 11000g por 60 min a 4°C. El sobrenadante obtenido se denominó EC. La concentración de los inhibidores se determinó mediante el método de Bradford (Bradford, 1976).

Determinación de actividad inhibitoria de proteasas: Al EC obtenido se le realizó determinaciones de actividad inhibitoria de proteasas empleando las siguientes proteasas blanco:

- *Determinación de actividad inhibitoria de tripsina:* La actividad fue registrada por el aumento de la absorbancia a 410 nm mediante medidas continuas durante 300 seg a 37°C. Buffer: Tris-HCl 0,1M; CaCl₂ 50 mM; pH 8. Enzima: Tipo I de páncreas bovino (Sigma-Aldrich). [2,8x10⁻⁷M]. Sustrato: BAPNA (N-alfa-Benzoil-DL-Arginina-4-Nitroanilida) 10 mM.

- *Determinación de actividad inhibitoria de subtilisina:* La actividad fue registrada por el aumento de la absorbancia a 410 nm mediante medidas continuas durante 300 seg a 37 °C. Buffer: Tris-HCl 50 mM; pH 8,6. Enzima: Subtilisina de *Bacillus licheniformis* (Sigma-Aldrich). [2,0x10⁻⁷M]. Sustrato: Benzylocarbonyl-glycyl-glycyl-L-leucine4-nitroanilide (GLPNA) Bachem.

Tratamiento térmico del extracto crudo: La mayoría de los inhibidores de proteasas presentan una estructura compacta estabilizada por puentes disulfuro, esta característica estructural provee a la molécula de cierta estabilidad frente a determinadas condiciones extremas. Las muestras fueron tratadas térmicamente a 60 °C, 70 °C, 80 °C y 90 °C durante 1 hora. Se dejaron a temperatura ambiente y se centrifugaron a 11000 g, 90 min a 4 °C. A cada sobrenadante se lo denominó: TT60, TT70, TT80 y TT90. Se analizaron para verificar la presencia de inhibidores estables térmicamente.

Purificación cromatográfica del extracto crudo: El EC fue sometido a cromatografía de afinidad empleando tripsina inmovilizada previamente en el soporte glioxil agarosa. Los inhibidores fueron separados por cambio de pH del solvente de elución.

Caracterización bioquímica de los extractos crudos y de los inhibidores obtenidos: El EC y los IPPs aislados se analizaron por SDS-PAGE y espectrometría de masas MALDI-TOF para determinar sus pesos moleculares. También se les determinó el punto isoeléctrico mediante la técnica de isoelectroenfoque.

Identificación mediante Intensity Fading MALDI-TOF/MS: Los experimentos de Intensity Fading MALDI-TOF MS se llevaron a cabo utilizando un espectrómetro de masas Ultraflex MALDI-TOF (Bruker, Bremen, Germany) equipado con un láser de nitrógeno de 337 nm. Para el análisis, la muestra biológica (1µl) fue mezclada con una solución de ácido sinapínico en TFA 0,1% (2 µl) como matriz y luego se depositó sobre una placa de siembra (polished steel) y se dejó secar a T° ambiente (Hillenkamp et al., 1990; Alonso-del-Rivero et al., 2009).

Análisis de la huella peptídica: Se realizó la digestión trípica de las bandas de SDS-PAGE para el análisis de la huella peptídica o “peptide mass fingerprint” (PMF) que se empleó para la identificación de los inhibidores. Las bandas fueron cortadas, lavadas y decoloradas. Luego, se redujeron y alquilaron los grupos Cys libres y se incubaron en presencia de tripsina a 37 °C durante 2 horas para la digestión de los inhibidores. Los péptidos generados fueron analizados por espectrometría de masas MALDI-TOF/MS.

4. Resultados y discusión

Elección del medio de extracción: El proceso de obtención EC utilizado para la determinación de la caracterización del mismo fue finalmente el que se obtuvo a partir de agua destilada, en frío, con DTT y filtrado con membrana.

Evidencia de la presencia de inhibidores de proteasas: se determinó la presencia de inhibidores de proteasas en el EC. Se realizó un screening de cinética de inhibición y se pudo detectar actividades inhibitorias de tripsina y subtilisina.

Perfil proteico mediante SDS PAGE: El perfil electroforético del EC muestra la composición proteica por tamaños moleculares que abarcan desde los 3 kDa hasta los 100 kDa. (Fig. 1).

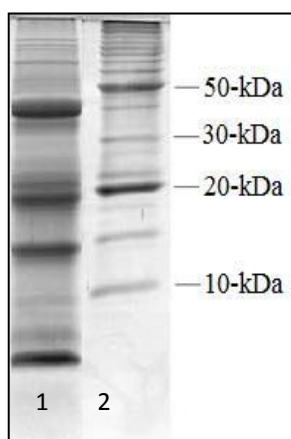


FIGURA 1: SDS-PAGE del EC de *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* variedad imillanegra. Calle 1: Extracto crudo. Calle 2: Patrones moleculares.

Purificación de los inhibidores:

Tratamiento térmico: Con el fin de obtener algunos de los inhibidores presentes en el EC, se procedió a un tratamiento térmico del mismo como segunda etapa de purificación, ya que la formación de un EC clarificado y libre de pigmentos la consideramos como una primera y muy importante etapa de purificación. Se sabe que los IPs generalmente presentan cierta estabilidad frente a tratamientos térmicos extremos, debido a ello, se los sometió a incubación a distintas temperaturas y se evaluó la actividad inhibitoria residual de cada proceso. El EC se incubó a 60 °C, 70 °C, 80 °C, y 90 °C durante 1 hora. Luego se centrifugó durante 90 min a 11000 g, descartando el pellet y quedándonos con el sobrenadante. La concentración de cada homogenato se ve en la Tabla 1.

TABLA 1: Concentración de proteínas determinadas por el método de Bradford.

Muestra	Concentración
EC	577,46 µg/ml
TT60	419,89 µg/ml
TT70	105,68 µg/ml

Perfil electroforético de los tratamientos térmicos:

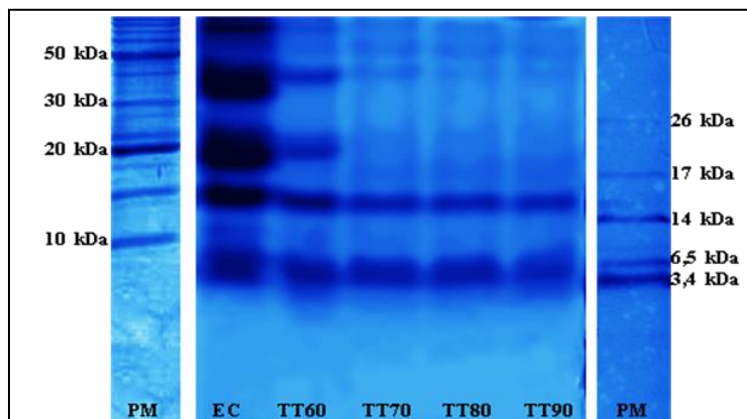


FIGURA 2: SDS-PAGE. Calle 1: Marcadores peptídicos. Calle 2: EC. Calle 3: TT60. Calle 4: TT70. Calle 5: TT80. Calle 6: TT90.

Isoelectroenfoque:

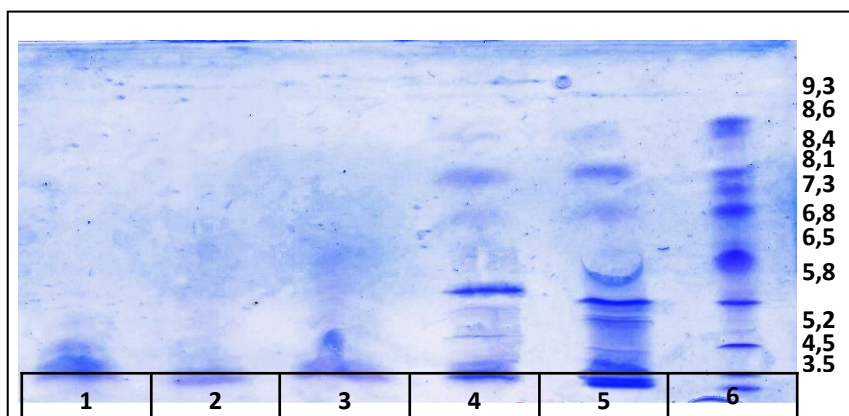


FIGURA 3: Purificación parcial del inhibidor de Tripsina. Calle 1: TT90. Calle 2: TT80. Calle 3: TT70. Calle 4: TT60. Calle 5: EC. Calle 6: Marcadores de pI. Al costado del gel se pueden observar los diferentes pIs de los marcadores.

Cromatografía de afinidad: Para realizar la cromatografía de afinidad se decidió usar tripsina inmovilizada como soporte. Debido a esto, de aquí en adelante los resultados se hacen en base a la actividad inhibitoria de tripsina. Esto se debió a que la obtención de subtilisina inmovilizada no fue posible debido a su elevado costo. Inicialmente se hizo una prueba de actividad a la matriz de tripsina inmovilizada en agarosa la cual se iba a convertir en el relleno de la columna de afinidad. Con el objeto de aislar el inhibidor de tripsina, se empleó el TT70, debido a que la actividad inhibitoria se conserva a dicha temperatura y hay pocas proteínas interferentes. Luego se realizó la cromatografía de afinidad obteniéndose una fracción retenida, la cual mantuvo actividad inhibitoria de tripsina. En la Fig. 4 se compara la inhibición de la tripsina desde el EC de Imillanegra hasta los distintos tratamientos térmicos del mismo junto a la fracción retenida de la cromatografía de afinidad con tripsina inmovilizada.

Actividad de tripsina en presencia de EC con y sin tratamientos térmicos y la fracción retenida en la cromatografía de afinidad:

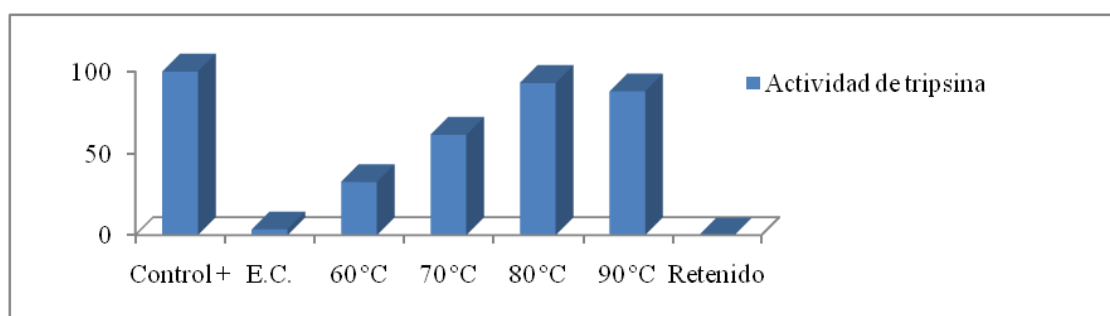


FIGURA 4: El Control + se refiere a la actividad de la tripsina con el sustrato solamente.

La Fig. 4 nos muestra que en el TT70 se recupera un 40% de la actividad inhibitoria original, y la pérdida de proteínas es de un 84 % con respecto al EC (Tabla 1). Con estos resultados se podría suponer que un inhibidor de tripsina del TT60 se desnaturaliza en el TT70, y esto no resultaría sorprendente ya que dicho inhibidor podría estar estabilizado por pocos puentes disulfuros y ser relativamente grande; a diferencia de otros inhibidores que

poseen hasta tres puentes disulfuro y un tamaño menor (de 12 kDa a 4,3 kDa), lo que determina una estructura mucho más compacta y termoestable. Este último inhibidor puede ser el que le confiera la actividad inhibitoria al TT70 y la fracción retenida del mismo en la cromatografía de afinidad demuestra tener una muy buena actividad inhibitoria de tripsina.

Determinación de la masa molecular mediante espectrometría de masas MALDI-TOFs: La determinación de la masa molecular del inhibidor de tripsina arrojó un pico principal con una masa molecular de 20168 Da. Esto se puede deber a la presencia de isoINHIBIDORES con pesos moleculares muy parecidos que generalmente no se detectan por electroforesis. Por otro lado, el pico de 10084 Da es exactamente la mitad de 20168 Da, que es la masa del pico mayoritario, que corresponde a la proteína ionizada doblemente cargada.

Confirmación de la identificación del inhibidor mediante técnicas proteómicas:

A) Intensity Fading MALDI-TOF: Se confirmó la presencia de inhibidores mediante la técnica proteómica de alta eficiencia denominada Intensity Fading MALDI-TOF/ MS. Los IPPs aislados se analizaron en el Servicio de Proteómica del Instituto de Biomedicina y Biotecnología (IBB) de la Universidad Autónoma de Barcelona(UAB) la UAB como parte de un intercambio previsto en el Proyecto de Cooperación Bilateral: Genómica y Proteómica de Biomoléculas de Origen Vegetal otorgado por el MinCyT de Argentina y el MICINN de España.

B) Huella peptídica: Se han identificado en estos extractos, a partir de una huella peptídica de una digestión trípica de cada una de las bandas (Fig. 1), los distintos componentes mayoritarios presentes en dicho extracto. Se pudo identificar con un inhibidor de proteasa serínica tipo Kunitz de la especie *Solanum Tuberosum* subespecie *andígum* de 21 kDa.

5. Conclusiones

Los procesos de purificación mediante inmovilización enzimática han sido claves para el aislamiento de inhibidores. Estas biomoléculas abren un camino potencial para el desarrollo de tratamientos adecuados para diversas enfermedades y para el tratamiento de alimentos en lo que respecta a su conservación y sus actividades nutracéuticas.

Esto pudiera producir grandes avances en la industria y el bienestar de la comunidad, lo que a su vez, demuestra la importancia de estas tecnologías para la identificación y caracterización de nuevos IPPs (Ayensa et al., 2002).

6. Bibliografía:

- Alonso-del-Rivero, M.; Trejo, S.A.; Rodríguez de la Vega, M.; González, Y.; Bronsoms, S.; Canals, F.; Delfín, J.; Diaz, J.; Aviles, F.X.; Chávez, M.A. (2009). A novel metallopeptidase-like enzyme from the marine annelid *Sabellastarte magnifica* - a step into the invertebrate world of proteases. FEBS Journal 276 (17): 4875-4890.
- Ayensa, M.G.; Montero, M.P.; Borderías, A.J.; Hurtado, J.L. (2002). Influence of Some Protease Inhibitors on Gelation of Squid Muscle. Journal of Food and Science, 67 (5): 1636-1641.
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

- Hillenkamp, F.; Karas, M. (1990). Mass spectrometry of peptides and proteins by matrix-assisted ultraviolet laser desorption/ionization. *Methods in Enzymology*, 193: 280-295.
- Jin-Young, K.; Seong-Cheol, P.; Mi-Hyun, K.; Hak-Tae, L.; Yoonkyung, P.; Kyung-Soo, H. (2005). Antimicrobial activity studies on a trypsin–chymotrypsin protease inhibitor obtained from potato. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 330 (3): 921-927.
- Martínez Augustin, O.; Martínez de Victoria Muñoz, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21 (Supl. 2): 1-14.

66TCA. ACTIVIDAD ANTIRRADICALARIA A PARTIR DE ORUJOS PROVENIENTES DE VINIFICACIONES DE UVAS TINTAS

**ORDÓÑEZ, A. L.; BALANZA, M. E.; FLORES, C. A.; BARRERA, M. B.;
GIUFFRIDA L.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. UNCuyo. Bernardo de Irigoyen 375.
San Rafael, Mendoza, Argentina. CP 5600.**

Resumen: El vino tinto es una buena fuente de polifenoles, pero gran parte de ellos quedan en los orujos provenientes del descube y prensado en el proceso de vinificación. De ellos las antocianinas son el grupo más importante de pigmentos naturales, solubles en agua pero su inestabilidad obliga a tener precauciones durante su procesamiento. Los factores de mayor influencia son pH, temperatura y presencia de oxígeno, así como la interacción con otros componentes en los alimentos.

El objetivo del estudio fue optimizar las condiciones de extracción de polifenoles, con alta actividad antirradicalaria, a partir de orujos provenientes de vinificaciones de uvas tintas.

Las variables seleccionadas en los procesos de extracciones fueron temperatura, pH y relación sólido-líquido y como variable de respuesta la actividad antirradicalaria, la que se determinó por DPPH y los compuestos fenólicos por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu. Cada tratamiento se realizó por triplicado.

Los compuestos fenólicos contenidos en los extractos de orujos de uva provenientes de vinificaciones de uvas tintas son buenos antioxidantes y su extracción se favorece a pH cercano a 3,6, temperaturas de 90°C y relación sólido líquido 1+10.

1. Introducción:

Los fenoles son compuestos orgánicos que estructuralmente presentan un grupo -OH unido a un anillo aromático y aquellos en que se repite este radical son conocidos como polifenoles. Los compuestos de esta familia presentan variados efectos beneficiosos para la salud: prevención contra cáncer, propiedades antiinflamatorias, antialérgicas, antitumorales, antimicrobianas, vasorrelajantes y antioxidantes. Entre sus acciones antioxidantes encontramos la inhibición de la formación de EROs (Pieta, 2000)

Distintos autores han determinado que existe una correlación lineal positiva entre el contenido de fenoles totales y el poder reductor. Este hecho ha sido observado en distintos productos vegetales, como extractos de hierbas (Zheng y Wang, 2001); en té, se ha verificado que el poder antioxidante se correlaciona fuertemente con el contenido de fenoles totales (Benzie y Szeto, 1999). En vainas de maní se ha verificado también que la actividad antioxidante aumenta a medida que aumenta el contenido fenólico de los extractos (Yen et al, 1993). Asimismo, en vinos, se ha comprobado que la capacidad antioxidante es directamente proporcional a la concentración fenólica de los mismos (Fuhrman et al, 2001). Si bien, otros autores sostienen que la actividad antioxidante de un extracto no puede predecirse en base a su concentración fenólica (Kähkönen et al, 1999).

El vino tinto es una buena fuente de polifenoles y puede contener de 1000 a 4000 mg/L de estos compuestos. Pero gran parte de ellos quedan en los orujos provenientes del descube y prensado en el proceso de vinificación y están compuestos principalmente por restos de hollejos, pepitas y lias, variando su cantidad según los procesos de vinificación. Las propiedades antioxidantes de los vinos tintos han sido correlacionadas con su contenido en flavanoles, antocianos y ácido tánico, pero estas propiedades se correlacionan mejor con los fenoles totales que con los compuestos individuales. El contenido de flavanoles totales

(flavanoles monoméricos: catequina y epicatequina y poliméricos: proantocianidinas) está fuertemente relacionado con las propiedades antioxidantes de los vinos y con la captura de radicales libres hidroxilo (Arnous et al, 2001).

Las antocianinas (del griego *anthos* flor y *kyanos* azul) forman parte de la familia de los polifenoles y se definen como flavonoides fenólicos. Son el grupo más importante de pigmentos naturales, solubles en agua, inocuos que tienen un considerable potencial en la industria alimentaria (Mazza, et al, 1993) pero su inestabilidad obliga a tener precauciones durante su procesamiento. Dergal sostiene que el color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes químicos que contenga y la posición de los mismos en el grupo flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación de los rojos. Los factores de mayor influencia son pH, temperatura y presencia de oxígeno, así como la interacción con otros componentes en los alimentos (Costales, 2001).

La principal fuente de estos pigmentos, conocidos como antocianos, para la industria de alimentos está en la piel de uvas tintas. Los frutos del género *Vitis* son ricos en compuestos polifenólicos. El antociano más abundante en todas las vides tintas es el 3-glucósido del mavidol. Además de las antocianinas se encuentran los taninos que se extraen con aquellas. Los taninos de la uva son polímeros de 3-flavonoles. El hollejo se diferencia de las pepitas por la presencia de epifalocatequina como polímero. En el caso del Malbec, es una variedad rica en compuestos polifenólicos en sus semillas y por lo tanto es importante minimizar las técnicas mecánicas o químicas de extracción para evitar compuestos que pueden interferir la purificación de los antocianos.

La cantidad y tipo de polifenoles presentes en el orujo son función de la variedad de vid, del clima, del terreno y de las variables del proceso de vinificación (temperatura, tipo de vinificación, concentración de etanol y el pH). (Pía j., et al 2008)

Los orujos resultantes de la elaboración del vino tinto poseen bajo valor económico. Hoy la industria vínica de Mendoza y del país en general no aprovecha el valor que éstos poseen en relación al contenido de antioxidantes presentes en ellos. La industria de los alimentos y farmacéutica posee una demanda insatisfecha de compuestos con actividad antioxidante como son los polifenoles. Es importante destacar que el 63% de los fenoles totales de las variedades tintas se encuentran en las semillas.

2. Objetivo

El objetivo del presente estudio fue optimizar las condiciones de extracción de polifenoles con alta actividad antirradicalaria a partir de orujos provenientes de vinificaciones de uvas tintas.

3. Metodología:

Las extracciones de compuestos fenólicos se realizaron sobre orujos provenientes de vinificaciones de uvas tintas variedad Malbec, cosecha 2011 antes de prensa. Se realizaron muestreos aleatorios en distintas oportunidades y se constituyó así una muestra integrada la que fue procesada y homogeneizada. En forma aleatoria se extrajeron tres unidades de muestra, sobre las que se realizó la extracción según el diseño experimental planteado.

Las variables seleccionadas fueron temperatura, pH, relación sólido-líquido, fijando el tiempo de extracción en 4 horas. Se tomó como variables de respuesta para la optimización del proceso la actividad antirradicalaria de los extractos.

Las muestras de orujo se trabajaron a pH 3,6 (sin modificar), a pH de 2,9 mediante el agregado de ácido clorhídrico 0.1N y de 4.5 mediante la incorporación de hidróxido de sodio 0.1N. Cada ensayo se realizó por triplicado.

Se tomaron 10 g de cada una de las muestras previa homogenización y se incorporó 50 o 100 ml de agua según el diseño experimental. Las mezclas se llevaron a baño maría para mantener las temperaturas seleccionadas (60; 90°C) durante 4hs. Se filtró bajo vacío para obtener los extractos, que se guardaron protegidos de la luz en freezer.

La actividad antirradicalaria de los extractos se determinó utilizando el método de decoloración del radical libre estable 2,2-difenil-1-picril-hidracilo (DPPH) (Brand-Williams *et al.*, 1995). Esta especie en solución presenta una intensa banda de absorción a 517 nm que decae en el tiempo por acción de antioxidantes hasta alcanzar un estado estacionario. Se midió la absorbancia de las muestras y el blanco (previo cálculo del factor de corrección con cubeta de vidrio y metanol) y se prepararon las curvas de calibración, utilizando patrones de ácido ascórbico y quercetina. El tiempo de incubación seleccionado fue de 15 minutos. Los resultados se expresaron como actividad antirradicalaria porcentual (AAR %) y se calcularon de acuerdo a la Ec. 1, sugerida por Burda y Oleszek (2001), también se expresaron de mg quercetina por kg de orujo.

$$\text{AAR \%} = \left[\frac{(\text{Abs}_{t=0} - \text{Abs}_{t=15})}{\text{Abs}_{t=0}} \right] \cdot 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$\text{Abs}_{t=0}$: Absorbancia del blanco de reactivos

$\text{Abs}_{t=15}$: Absorbancia de la muestra a 15 min de reacción

Para el análisis de la influencia de las variables intervinientes en el diseño sobre la actividad antirradicalaria se empleó el software Statgraphics plus 5.1

4. Resultados y Discusión:

Se observó cierta correlación entre el contenido de polifenoles y la actividad antirradicalaria. Distintos autores han determinado que existe una correlación lineal positiva entre el contenido de fenoles totales y el poder reductor. Este hecho ha sido observado en distintos productos vegetales, como extractos de hierbas (Zheng y Wang, 2001); en té, se ha verificado que el poder antioxidante se correlaciona fuertemente con el contenido de fenoles totales (Benzie y Szeto, 1999). En vainas de maní se ha verificado también que la actividad antioxidante aumenta a medida que aumenta el contenido fenólico de los extractos (Yen *et al.*, 1993). Asimismo, en vinos, se ha comprobado que la capacidad antioxidante es directamente proporcional a la concentración fenólica de los mismos (Fuhrman *et al.*, 2001).

Tabla N° 1- Actividad antirradicalaria de orujos de uvas tintas, variedad Malbec, según condiciones de extracción

Temperatura (°C)	pH	Relación Sólido-Líquido	% Actividad antirradicalaria	mg/quercetina/ Kg de orujo	g de DPPH inhibidos/100 g de orujo
60	2,9	1+5	31,09±2,70	17,10±2,13	1,87±0,16
90			44,74±0,94	22,38±1,15	2,68±0,06
60	3,63		30,95±2,48	23,85±2,96	1,86±0,15
90			41,82±0,99	21,76±1,44	2,50±0,06
60	4,35		26,50±2,12	13,00±1,87	1,59±0,13
90			40,45±1,85	21,66±1,87	2,42±0,11
60	2,9	1+10	23,95±1,48	17,52±1,98	1,51±0,09
90			44,43±1,33	34,65±1,43	2,79±0,08
60	3,63		24,70±4,30	12,79±2,30	1,55±0,27
90			55,09±0,28	28,46±0,98	3,46±0,02
60	4,35		24,44±2,52	13,75±2,38	1,53±0,16
90			47,68±1,65	25,49±1,70	2,99±0,10

De la tabla 1 y del análisis estadístico de los datos (tabla 2) se observa que la variable temperatura y la interacción temperatura relación sólido-líquido son estadísticamente significativas a un nivel de 95,0% confianza lo que se confirma mediante el gráfico de la Figura N° 1. Los cuales explicarían más del 90 % de la variación de la actividad antirradicalaria con los diferentes tratamientos.

Tabla N° 2- Análisis de Varianza para la Actividad Antirradicalaria de orujos de uvas tintas variedad Malbec

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:Temperatura	2112,19	1	2112,19	239,79	0,0000
B:pH	6,6049	1	6,60	0,75	0,4002
C:relación	3,7525	1	3,75	0,43	0,5238
AB	2,3409	1	2,34	0,27	0,6137
AC	211,642	1	211,64	24,03	0,0002
BB	39,7488	1	39,75	4,51	0,0507
BC	39,753	1	39,75	4,51	0,0507
bloques	0,663338	1	0,66	0,08	0,7875
Error Total			132,129	15	8,81
Total (corr.)			2548,82	23	

R² = 94,82 %

R² (ajustado para g.l.) = 92,55%

El estadístico R² indica que el modelo así ajustado explica casi el 94.81% de la variabilidad en la actividad antirradicalaria.

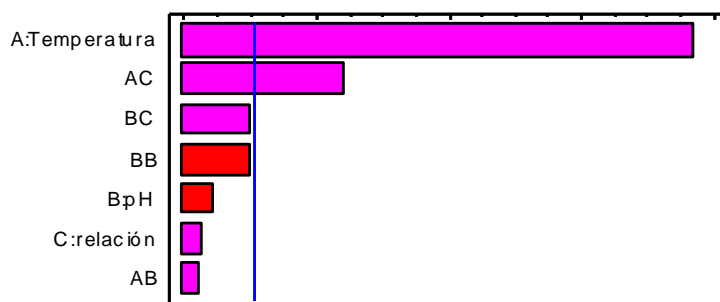


Figura N° 1- Gráfico de Pareto de los efectos estandarizados para la actividad antirradicalaria de los distintos extractos de orujos de uvas tintas

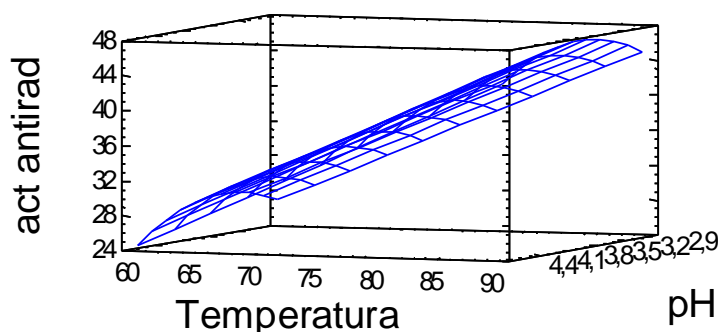


Figura N° 2- Gráfico de superficie de respuesta estimada de actividad antirradicalaria, respecto a temperatura y pH

En el gráfico N° 2 la superficie de respuesta estimada obtenida muestra con claridad que un aumento de la temperatura favorece de manera muy notable a la actividad antirradicalaria

En cuanto a la combinación del tratamiento Temperatura-pH, se infiere que la actividad antirradicalaria tanto a 60 como a 90°C se ve favorecida a pH cercanos a 3,6, es decir el valor inicial del orujo, por lo tanto, no hace falta modificar el pH del medio.

5. Conclusiones:

Los compuestos fenólicos contenidos en los extractos de orujos de uva provenientes de vinificaciones de uvas tintas son buenos antioxidantes y, en su mayor parte, se expresan muy bien como agentes reductores que reaccionan fundamentalmente mediante un mecanismo de transferencia de electrones.

La variable temperatura y la interrelación Temperatura-Relación sólido -líquido, tienen gran peso en la Actividad antioxidante de los extractos de orujos de uva tintas, la que se ve favorecida a pH cercanos a 3,6, temperaturas de 90°C y relación sólido líquido 1+10.

6. Bibliografía:

Arnous, A.; Makris, D. and P. Fekalas. 2001. Effect of principal polyphenolics components in relation to antioxidant Characteristics of aged red wines. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49, 5736-5742.

Benzie, Iris and Y.T. Szeto. 1999. Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 47, 633-636.

- Costales, A. (2001). Estudio de la copolimerización de antocianinas provenientes de la fresa con ácido cafeico y acetaldehído en sistemas modelo. Tesis de licenciatura. Departamento de ingeniería Química, de alimentos y ambiental. Universidad e las Américas-Puebla. México.
- Dergal, S.B. (1993) Química de los Alimentos. 3ª ed. Nancalpon de Juárez: Longman de México, p. 388-397.[5] .
- Fuhrman, B.; Volkova, N.; Suraski, A. and M. Aviram. 2001. White wine with red wine-like properties: increased extraction of grape skin polyphenols improves the antioxidant capacity of the derived white wine. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49, 3164 -3168.
- Gross, J. (1987) Pigments in fruits. Academic press, London. pp 59-85.
- Harbone, J.B. (1976). Function of flavonoids in plants. In “Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments” (T.W. Goodwin, Ed.) Academic Press, London.
- Kähkönen, Marja; Anu I. Copia; Heikki J. Vuorela; Jussi- Pekka Rauha; Kalevi Piha-laja; Tutti S. Kujala and Marina Heinonen. 1999. Antioxidant activity of plant ex-tracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 47, 3954 – 3962.
- Mazza, G.; Miniati, E. (1993). Anthocyanins in fruits, vegetables and grains, CRC Press,
- Pía, J. M.; Cáceres, R. E., Cáceres, C. X.; Jaime, L.; Lami J. C. (2008). El orujo de uva como un subproducto de la vinificación con valor económico significativo. *Revista Enología* N° 6. Año IV Enero-Febrero 2008.
- Pietta, P. G. (2000) Flavonoids as antioxidants. *J-Nat-Prod.* Jul; 63(7): 1035-42
- Yen, G. C.; Duh, P.D. and Tsai, C. L. 1993. Relationship between antioxidant activity and maturity in peanuts hulls. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 41, 67-70.
- Zheng, Wei and Shiow Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49, 5165 – 5170.

67TCA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LA ELABORACIÓN REGIONAL DE MOZZARELLA DE BUFALA

(2) (*) REBECHI, S.; (2) SANCHEZ, R.; (1) DESETA; L.; (2) MEINARDI, C.

(1) Ciclo de Licenciatura en Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Reconquista, UNL

(2) Instituto de Lactología Industrial, Fac. Ing. Qca, UNL - CONICET. Santiago del Estero 2829, CP 3000, Santa Fe, Argentina. (*) E-mail: srebechi@fiq.unl.edu.ar

Resumen: Las condiciones climáticas y ambientales del nordeste argentino han propiciado la difusión de ganado bufalino, de mayor resistencia a estos factores que el ganado bovino para la producción de carne. La Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja (EAGyG) de la UNL ha adaptado un rebaño de ocho búfalas provenientes de estas zonas a la producción de leche.

En el marco de un convenio entre la EAGyG y la Facultad de Ingeniería Química, se desarrolló en la planta piloto del Instituto de Lactología Industrial, un protocolo para la producción de mozzarella, producto poco difundido en Argentina.

Los parámetros fisicoquímicos de la leche utilizada en las elaboraciones fueron: pH $6,60 \pm 0,07$, sólidos totales $15,07 \pm 0,19\%$, proteínas $4,68 \pm 0,16\%$ y materia grasa $5,08\% \pm 0,27\%$. El contenido de materia grasa resultó inferior al de las leches italianas que oscila alrededor del 6,70%.

En cada elaboración se utilizaron 120 litros de leche cruda provenientes del ordeño de dos días y refrigerada a 6°C. La leche se pasteurizó a 65°C durante 20 minutos enfriándose luego a 40°C. Se utilizó una cepa comercial de *Streptococcus thermophilus* como fermento directo y la coagulación se llevó a cabo con una renina producida por fermentación. Cuando la cuajada adquirió la consistencia adecuada se lizó de manera de obtener cubos de aproximadamente 2 cm. de lado. Una vez que el suero cubrió la superficie de la cuajada, se agitó suavemente con pala durante tres veces espaciadas por 10 minutos y se dejó en reposo. La cuajada se mantuvo bajo suero hasta que alcanzó un pH de 5,45, extrayéndola de la tina a fin de que continúe la acidificación en la mesa de moldeo. Al llegar el pH a 4,95 la capacidad de hilado fue la adecuada. En estas condiciones se cortó la cuajada en láminas de unos 0,5 cm. de espesor, colocándolas en agua a 85°C. Luego se procedió en forma manual al hilado de la pasta y a la formación de hormas de aproximadamente unos 250 gramos cada una, las que se sumergieron en salmuera diluida fría durante 24 horas. Finalmente se las escurrió y se las envasó al vacío.

A 48 horas de la elaboración, el pH de las mozzarellas fue de $5,50 \pm 0,05$, la humedad $49,27 \pm 1,20\%$, la materia grasa $26,42 \pm 0,85\%$ y las proteínas $21,98 \pm 0,75\%$. Una evaluación llevada a cabo por un panel no entrenado, coincidió en la buena aceptabilidad del producto.

Estos resultados demuestran la factibilidad de la elaboración de un producto no tradicional en la zona, que podría ser el motivo de pequeños emprendimientos productivos.

1. Introducción:

La tecnología de elaboración de quesos de pasta hilada se caracteriza por una etapa específica de la cual deriva la particular estructura de su pasta. Esta etapa distintiva es el hilado, que consiste en la texturización de la cuajada acidificada por amasado en agua muy caliente.

Los quesos de pasta hilada presentan características muy variadas y la mayoría de ellos han tenido su origen en Italia. Entre los más representativos se pueden citar el provolone, la provoleta, el cacciocavallo, la scamorza y la mozzarella. Este último, el más popular de estos productos, difiere de los anteriores fundamentalmente en su mayor contenido de

humedad, lo que la hace más perecedera y por lo tanto de rápido consumo. El queso mozzarella tradicionalmente se elabora exclusivamente con leche de búfala, por lo que sus características organolépticas son únicas.

Si bien los orígenes de la mozzarella se remontan al siglo VII, cuando se introduce el ganado bufalino en el sur de Italia, recién en el año 1979 se le da el reconocimiento de queso típico y en el año 1993 adquiere, bajo el nombre de *Mozzarella de búfala campana*, la categoría producto con denominación de origen (DOC 10/05/93) (Zicarelli L., 2001).

La mozzarella elaborada con leche de búfala se caracteriza por poseer una pasta blanca, mantecosa, dulce y no gratina bien sobre la pizza. Por sus características es un producto que no encuentra, por su sabor particularmente delicado y altamente exquisito, comparación en derivados obtenidos de otros tipos de leches (Citro V., 1981).

En muchos países, con el término genérico de *Mozzarella* se denomina a un producto elaborado con leche de vaca o mezclas de leche de vaca y de búfala pasteurizadas, ésta última, en Italia, se la conoce antiguamente como "*fior di latte*". No tiene denominación de origen y la acidificación de la leche se puede lograr con un fermento o con ácidos orgánicos (cátrico, láctico, etc.). Su producción se ha adaptado a sistemas altamente mecanizados y se comercializa en esferas de 35 a 300 g.

En Argentina el volumen producido de leche de búfala es muy bajo por lo que industrialmente el queso Mozzarella se obtiene mayoritariamente a partir de leche de vaca.

El Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2011) define con el nombre de Queso Mozzarella al queso que se obtiene por hilado de una masa acidificada (producto intermedio obtenido por coagulación de la leche por medio de cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas), complementada o no por la acción de bacterias lácticas específicas. Se lo presenta en barras o cilindros de 4 a 6 kg. de peso y debe satisfacer las exigencias requeridas por las pizzerías que es su principal destino.

Las condiciones climáticas y ambientales del nordeste argentino han propiciado la difusión de ganado bufalino, de mayor resistencia a estos factores que el ganado bovino, para la producción de carne. La Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja (EAGyG) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), con el fin de incrementar la productividad, ha adaptado un rebaño de ocho búfalas provenientes de estas zonas a la producción de leche. Partiendo de la disponibilidad de dicha materia prima, en el Instituto de Lactología Industrial (INLAIN- UNL / CONICET) se estudió la viabilidad de producción de mozzarella, producto poco difundido en Argentina.

2. Objetivos

1. Desarrollar un protocolo para la elaboración regional de mozzarella de búfala
2. Impulsar producciones regionales de quesos de leches no tradicionales.

3. Materiales y Métodos

Materia prima e insumos

En cada elaboración se utilizaron 120 litros de leche de búfala cruda y refrigerada a 6 °C provenientes del ordeño de dos días. La misma fue obtenida del ganado bufalino de la EAGyG de la UNL, situada en la ciudad de Esperanza, provincia de Santa Fe.

Se utilizaron cultivos lácticos en polvo, liofilizados, de inoculación directa, de *Streptococcus thermophilus* DVS, ST-B01 CHR-HANSEN, Argentina. El mismo se mantuvo almacenado a temperaturas de -18°C.

El cuajo utilizado fue cuajo líquido, proporcionado por AGROLAC PARANÁ. El coagulante es quimosina A, producida por fermentación microbiana a partir de *Escherichia*

coli K12-A modificada genéticamente. La temperatura óptima de trabajo es entre 38°C y 40°C.

Tecnología de elaboración

A su arribo, en la planta piloto del INLAIN, se pasteurizó la leche a 65 °C durante 20 minutos en un recipiente con camisa de vapor y agitador. Este paso se realiza para mantener la calidad higiénica de la materia prima y porque la mozzarella se consume normalmente después de un muy breve período de maduración.

Finalizado el tratamiento térmico, se enfrió la leche hasta la temperatura de coagulación (40 °C). Se inoculó la misma utilizando como fermento una cepa comercial de *Streptococcus thermophilus* de adición directa a tina (1g/100 L de leche previamente disuelto en una porción de leche para favorecer su rápida difusión),

Transcurrido el tiempo de maduración (10 minutos) se incorporó el coagulante (quimosina producida por fermentación) en la cantidad necesaria (38 ml/100 L de leche) de manera de producir la coagulación entre los 20-25 minutos. Una vez que la cuajada adquirió la consistencia adecuada se lizó obteniendo cubos de aproximadamente 2 cm. de lado.

La cuajada se dejó reposar y cuando el suero cubrió su superficie se agitó suavemente con pala durante tres veces espaciadas por 10 minutos, dejándose luego en reposo (Figura 1).



Figura 1- Agitación de la cuajada

Se mantuvo la cuajada bajo suero hasta que alcanzó un pH de 5,45, luego se la extrajo de la tina con el fin de que continúe la acidificación en la mesa de moldeo. Cuando el pH llegó a 4,95 la capacidad de hilado fue la adecuada. Una vez logrado este pH se procedió a cortar la cuajada en láminas de unos 0,5 cm. de espesor, de manera de facilitar la posterior operación de hilado (Figura 2).



Figura 2 - Corte de la cuajada

Los trozos de cuajada se colocaron en agua a 85°C, con una pala se agitaron suavemente para unificar y estirar de manera de obtener una masa fundida y elástica (Figura 3).



Figura 3 - Masa de cuajada antes de la operación de hilado

A continuación se procedió al hilado de la pasta y al formado manual de hormas, para ello se tomó una porción de la masa con la mano y se le dio la forma de un bollo procurando que la superficie sea lisa y se cortó con los dedos. Cada horma de unos 250 gramos (Figura 4) se sumergieron en salmuera (2,5 % de ClNa p/v) fría (4 - 6 °C) durante 24 horas. (Figura 5)

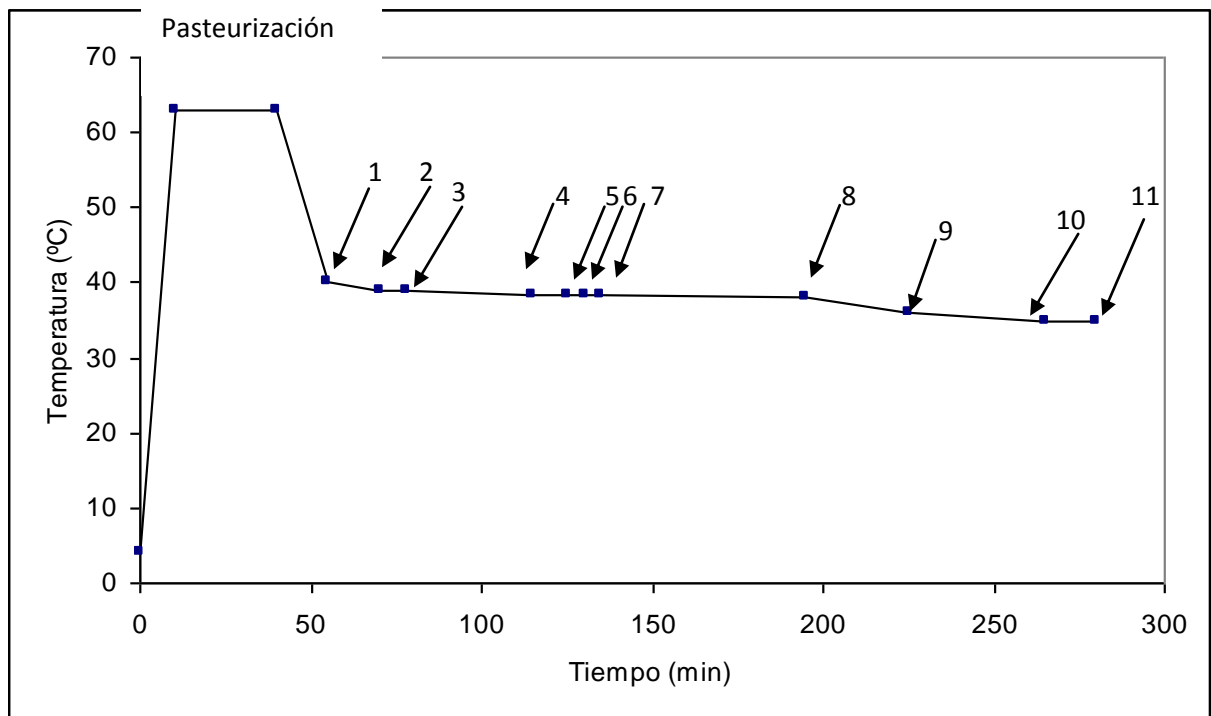


Figura 4 - Moldeado manual



Figura 5 - Hormas de mozzarella sumergidas en salmuera

Finalmente las hormas de mozzarella se escurrieron y se envasaron al vacío. Se efectuaron tres replicas de elaboración. En la Gráfica 1 se resume el proceso de elaboración mediante un perfil.



Gráfica 1 - Perfil de elaboración: 1- Agregado de fermento; 2 - Agregado del cuajo; 3 - Visualización de la coagulación; 4 - Lirado; 5, 6, 7 - Agitación muy suave; 8- Cuajada bajo suero pH : 6,2; 9- Extracción de la cuajada pH : 5,45; 10- pH : 4,95 comienzo del cortado de la cuajada; 11- Inicio del hilado.

Análisis fisicoquímicos de composición global

Los parámetros fisicoquímicos de composición global se les efectuaron por duplicado tanto a la leche de elaboración como a los quesos. El pH se efectuó según método APHA (Bradley y col., 1993). El contenido de humedad y de proteínas se efectuaron según normas de la Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF 1982 y 1993), y la materia grasa se determinó según el método de Gerber-van Gulik (ISO, 1975)

4. Resultados y Discusión

La leche mostró buenas características a la coagulación y a la sinéresis, lo que la haría idónea para la producción de quesos.

Los valores medio y la desviación estándar de las determinaciones realizadas a la leche previo a la pasteurización fueron: pH de $6,6 \pm 0,07$, sólidos totales de $15,07 \pm 0,19$ %, materia grasa de $5,08 \pm 0,27$ % y proteínas totales de $4,68 \pm 0,16$ %.

Comparada con la bibliografía surge que el pH es ligeramente menor que el reportado por Tripaldi *et al.*, 2002 y coincidente con Matassino *et al.*, 1991. El contenido de materia grasa fue sensiblemente inferior al de las leches italianas que oscila alrededor del 6,7 al 8,2% (Zicarelli, L. 2004).

El pH de hilado fue 4,8, coincidente con Zicarelli, L. 2004 y menor al de la leche bovina.

A las 48 h. de elaborados el pH de los quesos fue de $5,50 \pm 0,05$, la humedad $49,27 \pm 1,20$ %, la materia grasa $26,42 \pm 0,85$ % y las proteínas $21,98 \pm 0,75$ %.

La relación proteína/grasa de las mozzarella elaborada en la planta piloto del INLAIN es de 0,832, mientras que la relación de la *Mozzarella de búfala Campana* es 0,684 (Ministerio de Políticas Agrícolas, Alimentarias y Forestales de Italia, 2010).

Un panel no entrenado que no conocía la mozzarella de búfala coincidió que era un producto muy agradable al paladar.

5. Conclusiones

El ganado bufalino que se encuentra en la EAGyG de la UNL, se adaptó rápidamente al ordeño mecánico.

Si bien nuestro país prácticamente no tiene antecedentes en el uso de este tipo de leche, ya que la mozzarella es un queso originario de la zona sur de Italia, los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de transformar la leche obtenida en un producto no tradicional de alta aceptabilidad y valor agregado. Este hecho beneficia a las pequeñas producciones regionales, ya que con la industrialización de la leche se presenta una importante fuente de recursos económicos más allá del tradicional aprovechamiento de la carne.

La mozzarella obtenida tiene ventajas comparativas con las italianas por su menor tenor de materia grasa.

6. Bibliografía

- ANMAT (2011). Código Alimentario Argentino. Cap. VIII: Alimentos Lácteos. Actualizado a Junio de 2011. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- Bradley R.L., Arnold E., Barbano D.M., Semerad R.G., Smith D.E. and Vines B.K. (1993). Standard methods for the examination of Dairy product (Ed.: Marshall, R.) American Public Health Association (APHA), Washington, USA, pág. 433 – 531
- Citro, V. (1981). Dal latte di bufala un tipico prodotto locale “ La mozzarella”. Sci. Tec. Latt.-cas., 32, 263-270.

FIL-IDF (1982) Formaggio e formaggio fuso. Determinazione della materia secca. Metodo di riferimento N° 4:A. International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pág. 184 – 188

FIL-IDF (1993) Latte. Determinazione del tenore in azoto. Metodo di riferimento. N° 20:B. International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pág. 74 – 107.

ISO, International Organization for Standardization (1975). Cheese. Determination of the fat content Van Gulik method. ISO N° 3433, Geneva, Switzerland.

Matassino, D.; Grasso, F.; Zullo, A.; Giorgio, G.; Salati-Iannitti, E.. (1991). Alcuni fattori influenzanti l'attitudine alla caseificazione del latte di bufala. *Prod. Anim.* 4, 1-25.

Ministerio de Políticas Agrícolas, Alimentarias y Forestales de Italia (2010). *Mozzarella di Búfala Campana DOP*

Tripaldi, C.; Terrmoccia, S.; Bartocci, S.. (2002). Attitudine del latte di bufala alla coagulazione presamica. *Sci. Tec. Latt.-cas.*, 53, 45-52.

Zicarelli, L. (2001). La bufala mediterranea italiana: esempio di una razza autóctona in exoancione. *Sci. Tec. Latt.-cas.*, 52, 279-284.

Zicarelli, L.. (2004). Il latte di bufala: caratteristiche, resa al caseificio e produzione di mozzarella. *Sci. Tec. Latt.-cas.*, 55, 167-178.

68TCA. ESTABILIZACIÓN DE UN SELLADOR POST ORDEÑO CON GOMA ESPINA CORONA

RÍOS, R. S. *; VRANIC, M. L. *; FARÍAS, M. E. * y RAMOS, N. A. G. *

*Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján -201-Luján-Argentina-srios@unlu.edu.ar

Resumen: Se desarrolló un sellador post-ordeño para prevenir los problemas de mastitis formulada con goma espina corona, para incrementar su estabilidad fisicoquímica y -evitar así su escurrimiento. La fórmula óptima se determinó por metodología de superficie de respuesta; se aplicó un Diseño Central Compuesto Rotable. Cada una de las variables fue medida a cinco niveles, los dos factores analizados fueron: proporción de goma espina corona y proporción de agua desmineralizada. Como variable respuesta se determinó la viscosidad aparente con un viscosímetro programable modelo Brookfield DV-II con aguja LV2. La fórmula óptima obtenida contiene: goma espina corona, agua desmineralizada, glicerina, solución de yodo-tensoactivo y solución de buffer ($\text{pH} = 5,0 \pm 0,3$). La concentración del principio activo del bactericida: yodo disponible fue igual a 5327 ppm, que es adecuada para su uso. El pH alcanzado fue de 5,30 que evita la irritación de la piel del pezón del ganado lechero. El comportamiento reológico a una temperatura de $24 \pm 1^\circ\text{C}$, correspondió a un fluido no newtoniano, pseudoplástico, independiente del tiempo, que no requiere de un esfuerzo umbral mínimo. Se verificó la fórmula del punto óptimo (1,70% de espina corona; 88,59 % de agua desmineralizada; 7492,85 cP) mediante la estimación del intervalo de confianza de viscosidad aparente de 3 muestras elaboradas con las proporciones óptimas ($7625 \pm 145,45$ cP).

Se concluye que la goma espina corona es apta para formular un sellador post ordeño con estabilidad fisicoquímica, que actúe como un perfecto emoliente sin causar problemas de irritación en la piel de los pezones del ganado vacuno, manteniéndolos protegidos.

1. Introducción:

La mastitis, es una enfermedad prevaeciente en el ganado lechero que ocasiona grandes pérdidas económicas a nivel mundial (Wellenberg y col., 2002), especialmente en las regiones con producción lechera intensiva, debido a la disminución en la producción total de leche entre un 4 a un 30%; produce una reducción en su calidad y un aumento en el número de tratamientos clínicos y desecho temprano de vacas (Ceron-Muñoz y col., 2002). Por lo que se ha reconocido, como la enfermedad más costosa en los hatos lecheros (Correa y col., 2002; Boulanger y col., 2003). Después del ordeño, hay un tiempo que requiere el músculo del esfínter para volver a contraerse alrededor del canal del pezón y reducir su tamaño. El músculo del esfínter sirve de válvula, cuya función es mantener el canal del pezón herméticamente cerrado entre ordeños evitando así el flujo de leche hacia el exterior y la entrada de bacterias hacia el interior de la ubre.

La Federación Internacional de Lechería (1999), define a la mastitis bovina como una enfermedad inflamatoria de la glándula mamaria, que tiene por objetivo la eliminación del agente patógeno y la restauración de la funcionalidad del órgano (Romero, 2004; Soca y col., 2005; Gill y col., 2006; Biesenkamp-Uhe col., 2007; Gonen y col., 2008). El 80% de los casos de mastitis son ocasionadas por la entrada de microorganismos patógenos específicos a través de los pezones y tejidos de la ubre. El control más efectivo para la mastitis se logra mediante medidas preventivas; en general se recomienda el uso de sellador de pezones inmediatamente después del ordeño para prevenir las infecciones (Carrión, 2002).

El sellador se aplica con una copa profunda anti retorno para que la cobertura del pezón sea homogénea y al menos esté cubierto las dos terceras partes del mismo. Si se sospecha de una posible incidencia de patógenos, la cobertura del pezón con el germicida debe ser total. Los selladores no curan una infección ya establecida como mastitis, pero se ha indicado que logran reducir de un 50% a un 90% las nuevas infecciones (Martinez y col. 2000). Los selladores son formulados con antisépticos e hidrocoloides, estos últimos tienen la función de incrementar la viscosidad del producto evitando la pérdida por escurrido.

En estudios anteriores se comparó el comportamiento reológico de la Espina Corona frente a diferentes Gomas: Garrofin, Xántica, Guar, Tara, Iota-, Kappa-, λ - Carragenina, Pectina, Agar- agar y Alginato; y se concluyó que la espina corona es un galactomanano con propiedades espesantes, gelificantes y estabilizantes, que podría ser un buen sustituto de la goma xántica utilizada en este tipo de productos (Ramos y col. 2005).

2. Objetivo:

Formular un sellador de pezones post ordeño con goma espina corona, que presente estabilidad fisicoquímica adecuada para evitar la pérdida por escurrimiento, con bactericida y a un pH que no produzca daño superficial en la piel de los pezones del ganado lechero.

3. Materiales y Métodos:

Elaboración de las muestras:

Se realizó una mezcla de glicerina y goma espina corona (gentileza de PROINDAR S.R.L. y Nature Gum, Argentina), se dispersó en aproximadamente 200 ml de agua desmineralizada a 85 °C, ayudado por una batidora eléctrica. Las muestras de selladores se obtuvieron mediante el mezclado de la dispersión anterior y solución de yodo – tensoactivo, previamente preparada (80,00 % de tensoactivo no iónico, Tensapol® y 20,00% de yodo sublimado, gentileza de PROINDAR S.R.L., Argentina). El mezclado se realizó con un agitador eléctrico de paleta, a velocidad 200 rpm y finalmente se le añadió el buffer de pH: $5,0 \pm 0,3$ (1,00% de hidróxido de sodio al 50 % y 1,00 % de ácido acético, gentileza de PROINDAR S.R.L., Argentina). El tiempo de mezclado fue de 10 - 12 minutos y la temperatura final de $27 \pm 1^\circ\text{C}$. Las muestras se envasaron, rotularon y se almacenaron, en un depósito a temperaturas ambiente $24 \pm 2^\circ\text{C}$; hasta posterior determinación de mediciones en estudio (viscosidad aparente, pH, yodo disponible). Se formularon nueve muestras o “tratamientos” variando las proporciones de los componentes como se muestran en **Tabla 1**.

TABLA 1: Composición de las nueve fórmulas de muestras o “tratamientos”.

Tratamientos	Espina corona (%)	Agua desmineralizada (%)	Glicerina (%)	Yodo-tensoactivo no iónico (%)	Buffer (%)
1	1,50	89,00	4,50	3,00	2,00
2	1,50	84,93	8,57	3,00	2,00
3	1,00	87,00	7,00	3,00	2,00
4	0,79	89,00	5,21	3,00	2,00
5	1,00	91,00	3,00	3,00	2,00
6	1,50	93,07	0,43	3,00	2,00

7	2,00	91,00	2,00	3,00	2,00
8	2,20	89,00	3,80	3,00	2,00
9	2,00	87,00	6,00	3,00	2,00

Diseño Experimental:

Se aplicó la metodología superficie de respuesta para determinar proporciones óptimas de dos factores: proporción de goma espina corona (x_1) y proporción de agua desmineralizada (x_2). Se realizó un Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) (Cochran, W. G. and Cox G. M., 1976), donde cada variable a ser optimizada fueron evaluadas a cinco niveles (ver codificación en la TABLA 2), con un total de 11 corridas (ocho tratamientos y triplicado del tratamiento uno, punto central del diseño). Como variable respuesta se midió la viscosidad aparente a 0,7 rpm y temperatura de $24 \pm 1^\circ\text{C}$, porque es considerada una lectura indirecta del escurrimiento.

TABLA 2: Niveles para cada uno de los factores o variables según el diseño central compuesto rotatable.

Formulación	Notación	Niveles de cada uno de los factores				
		-1,41	-1	0	1	1,41
Espina Corona (%)	X_1	0,79	1,00	1,50	2,00	2,20
Agua desmineralizada (%)	X_2	84,93	87,00	89,00	91,00	93,07

Viscosidad aparente

A cada uno de los tratamientos del DCCR se le determinó viscosidad aparente, sobre 550 ml de muestra, a 0,7 rpm y temperatura de 24°C , mediante un viscosímetro programable modelo Brookfield DV-II. Para las muestras de la verificación del modelo matemático estimado, se estudio el perfil reológico mediante un barrido de velocidad de 0,4 a 10 rpm, con aguja LV2 y a una temperatura de $24 \pm 1^\circ\text{C}$.

Características del sellador post ordeño

El pH se midió con un pH-metro digital VEGA V*N (Parsec Instrumental Científico, Ciudadela, Argentina) sobre 50,0 ml de la muestra. La concentración del principio activo del sellador post ordeño, expresada como ppm de yodo disponible, se determinó por medio de una titulación con tiosulfato de sodio y almidón como indicador (Skoog, y col., 2001).

Análisis estadístico

Las respuestas obtenidas se ajustaron a las variables independientes con una regresión lineal múltiple (Programa SPSS 15.0 Statistical Package for the Social Sciences), para un modelo matemático de segundo orden.

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_2^2 + \beta_5x_1x_2 + e \quad (1)$$

y: variable respuesta a medir.

β_{ij} : Coeficiente de cada término

Para obtener las proporciones óptimas de los dos factores: *Espina Corona* y *agua desmineralizada* se realizaron las derivadas parciales de la ecuación anterior con respecto a cada una de las variables independientes y se igualaron a cero.

4. Resultados y discusión:

La **Tabla 3**, resume los coeficientes de regresión estimados de las variables a partir del modelo polinomial cuadrático (ec. 1) para viscosidad aparente.

TABLA 3: Valores de los coeficientes β de la ecuación del modelo.

Coefficientes	Valores	Error Std.	T valores	Pr (> t)
Constantes	7244,7888	471,4627	15,3666	0,0000
X ₁	885,0355	289,1446	3,0609	0,0281
X ₂	-763,8650	289,1446	-2,6418	0,0459
X ₁₁	-3320,9335	345,0248	-9,6252	0,0002
X ₂₂	-1212,3877	345,0248	-3,5139	0,0170
X ₁ X ₂	-1152,0000	408,3035	-2,8214	0,0370

Residual estándar error: 816,6 con 5 grados de libertad - Coeficiente de Regresión Múltiple R²: 0,9592 - F-Estadístico: 23,5 con 5 y 5 grados de libertad, el p-valor es 0,001749.

A un nivel de significación del 5%, resultaron todos los coeficientes distintos de cero (ver p-valor en la Tabla 3).

El modelo estimado que mejor ajusta la relación entre la variable dependiente “Y” y las variables independientes (X₁ y X₂) responden a la siguiente ecuación (1):

$$Y_{(X_1 \text{ y } X_2)} = 7244,789 + 885,018 X_1 - 763,865 X_2 - 3320,915 X_1^2 - 1212,394 X_2^2 - 1152 X_1 * X_2 + 816.6 \quad (1)$$

Analizando los términos lineales se puede observar que existe un efecto positivo de la proporción espina corona y negativo de agua desmineralizada sobre la viscosidad y el efecto cuadrático de estos dos componentes son negativos y de valor absoluto mayor para espina corona que agua desmineralizada. Existe un efecto de interacción entre los dos componentes.

Se encontró a partir de las derivadas parciales e igualando, un punto de máximo en el área experimental para Y = 7492,84, con las coordenadas X₁ = 0,204 y X₂ = - 0,408 **Figura 1**.

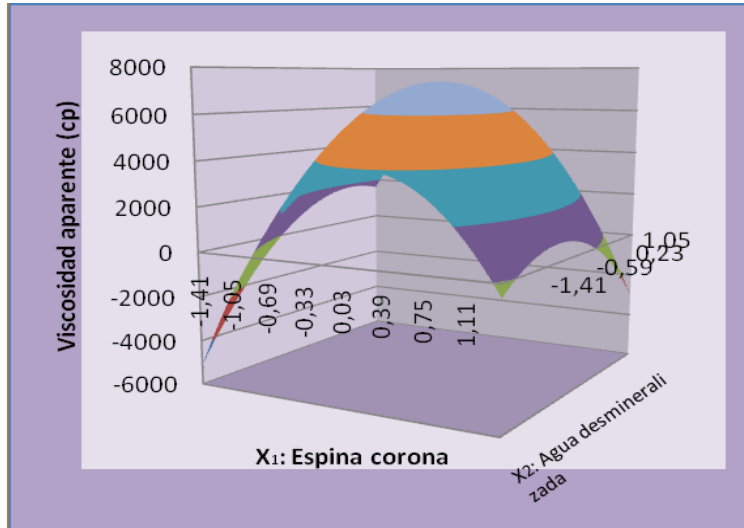


Figura 1: Superficie de respuesta del Diseño Central Compuesto Rotable.

TABLA 4: Coordenadas X_1 y X_2 del punto óptimo en el punto máximo

(X_1, X_2)	Valores
Óptimos	(%)
X_1	1,70
X_2	88,59

En la Tabla 4 pueden observarse los valores encontrados en el punto máximo, para los componentes optimizados: X_1 : espina corona y X_2 : agua desmineralizada.

La fórmula óptima determinada para el sellador post ordeño se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Proporciones porcentual de fórmula óptima

INGREDIENTES	PROPORCIONES (%)
Espina Corona	1,70
Agua	88,60
Yodo + Tensoactivo	3,00
Glicerina	4,70
Buffer pH : $5,0 \pm 0,3$	2,00

Verificación del punto óptimo: Viscosidad aparente

En la **Figura 2**, se puede observar los valores de viscosidad aparente estimada a partir de la ecuación 1 y el intervalo de confianza de las muestras experimentales. La viscosidad estimada de 7492,84 cP, se encuentra comprendida en el intervalo de confianza.

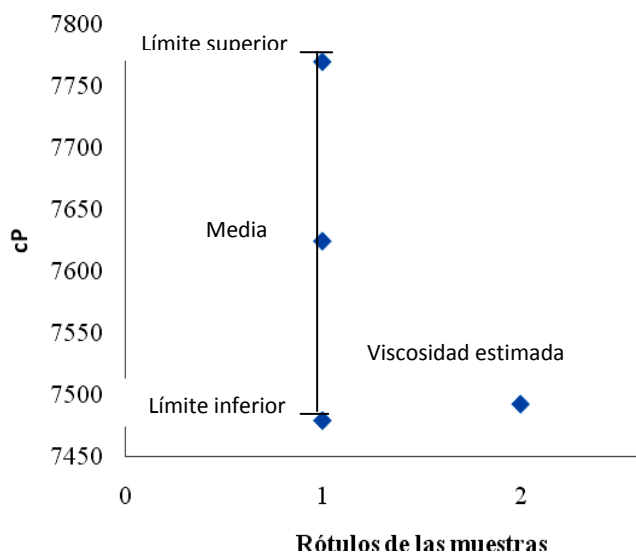


Figura 2: Viscosidad aparente vs muestras

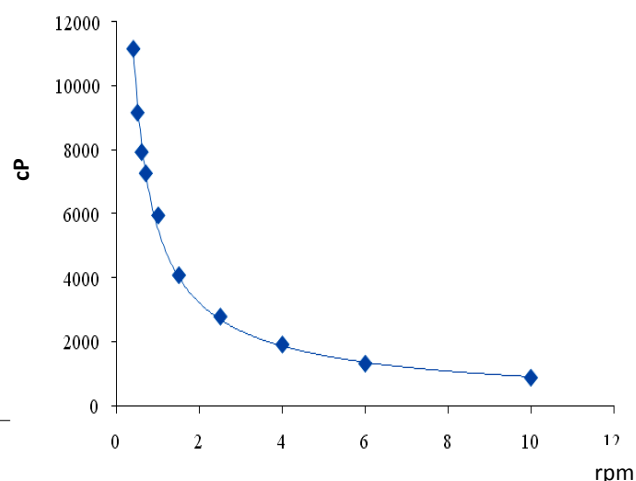
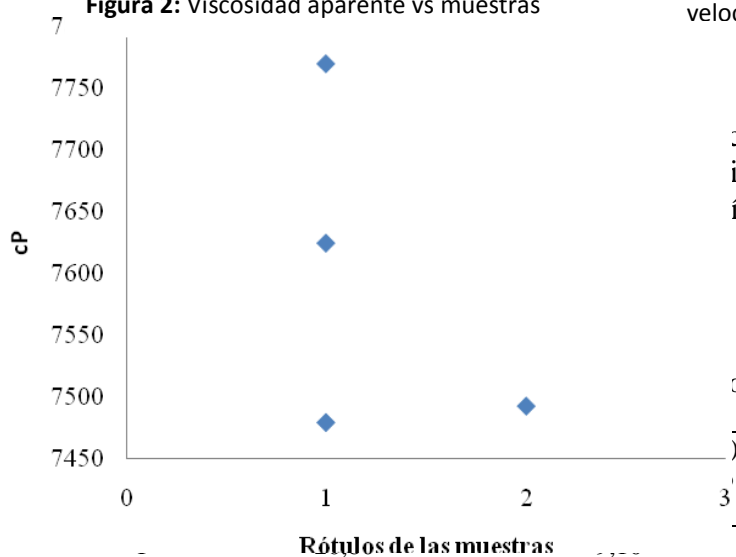


Figura 3: Curva de flujo: Viscosidad aparente frente a velocidad de deformación.

co del sellador post ordeño, puede ser pseudoplástico, independiente de la velocidad de deformación, pues la viscosidad aparente

depende de la velocidad de deformación y pH.

	yodo disponible (ppm)	pH
1	5331	5,2
2	5323	5,2
Promedio	5327	5,2

Los resultados obtenidos para yodo disponible y pH se encuentran en la **Tabla 6**.

El valor de pH es 5,2, que se encuentra entre el rango de pH 4 – 6, valores entre los que hay menor probabilidad de producirse irritación en la piel de los pezones de las vacas. Si bien el nivel de yodo disponible promedio es 5327 ppm se encuentra por encima del nivel exigido por el mercado (2500 ppm – 5000 ppm). Podemos decir que la fórmula del sellador post ordeño óptima, encontrada del diseño central compuesto rotatable cumple con lo exigido por el mercado actual.

5. Conclusiones

Se obtuvo la formulación óptima de un sellador post-ordeño con espina corona, que maximiza la viscosidad aparente. Posee glicerina como emoliente y yodo como bactericida.

La espina corona no modifica el pH de la formulación por lo cual no causa problemas de irritación en la piel de los pezones del ganado vacuno y tampoco inhibe la actividad bactericida.

Por ser un producto nacional puede competir, económicamente, con las gomas importadas utilizadas actualmente en productos de uso similar.

6. Bibliografía

- Biesenkamp-Uhe, C., Li, Y., Hehnen, H. R. Sachse, K. y Kaltenboeck, B. (2007). Therapeutic Chlamydomphila abortus and C. pecorum Vaccination Transiently Reduces Bovine Mastitis Associated with Chlamydomphila Infection. Infection and Immunity. Vol. 75 (2) pág. 870-877.
- Boulanger, D. Bureau, F., Mélotte, D., Mainil, J., Lekeux, P. 2003. Increased Nuclear Factor κ B Activity in Milk Cells of Mastitis-Affected Cows, J. Dairy Sci.: Vol. 86 (1) pág. 259 – 1267.
- Carrión, G. M. (2002). Principios básicos para el control de la mastitis y el mejoramiento de la calidad de la leche. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán. Vol. 55 pág. 6-20.
- Ceron-Muñoz, M., Tonhati, H., Duarte, J. Oliveira, J. Muñoz-Berrocal, M., Jurado-Gámez, H. (2002). Factors Affecting Somatic Cell Counts and Their Relations with Milk and Milk Constituents Yield in Buffaloes. J. Dairy Sci. Vol. 85 pág. 2885 - 2889.
- Cochran, W. G. and Cox, G. M. (1976). “Diseño Experimentales” Ed. Trillas, México. Pág. 8.a pág. 372 - 410.
- Correa, M. G.P., y Marin, J.M. 2002. O-serogroups, eae gene and EAF plasmid in Escherichia coli isolates from cases of bovine mastitis in Brazil. Veterinary Microbiology. Vol. 85 pág. 125-132.
- Gill, J. J., Pacan, J. C. Carson, M. E., Leslie, K. E., Griffiths, M. W., y Sabour, P. M. (2006). Efficacy and Pharmacokinetics of Bacteriophage Therapy in Treatment of Subclinical Staphylococcus aureus Mastitis in Lactating Dairy Cattle. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Vol. 50 (9) pág. 2912-2918
- Gonen, E., Nedvetzki, S. Naor, D. y Shpigel, N. Y. (2008). CD44 is highly expressed on milk neutrophils in bovine mastitis and plays a role in their adhesion to matrix and mammary epithelium. Vet. Res. Vol. 39 (3) pág. 29.
- Martinez, G. Harel, J. Higgins, R., Lacouture, S., Daignault, D. y Gottschalk, M. (2000). Characterization of Streptococcus agalactiae Isolates of Bovine and Human Origin by Randomly Amplified Polymorphic DNA Analysis. Journal of clinical Microbiology. Vol. 38 pág. 71-78.
- Ramos, N.; Farías, M. E.; Patrone Firma Paz, M. Horvat, V. y Vidales, S. (2005) Comportamiento reológico de galactomananos de “Gleditsia Amorphoides” Trabajo completo publicado en el XIV Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. La Habana, Cuba 22 al 24 de Octubre: Formato CD.
- Romero, A. T. 2004. Situación actual de la mastitis en México. Dpto. Producción Animal, FMVZ-UNAM: México D.F. Pág. 122-134.
- Skoog, D. A., D. M. West, F. J. Holler, S. R. Crouch. (2001) Química Analítica. Séptima Edición. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. México. pág. 371-375
- Soca, P. M., Suarez, F. Y.E., Soca P.M., Pestano, O. M., Puronn, G. C. A. (2005). Evaluación epizootiológica de la mastitis bovina en dos unidades ganaderas de la Empresa Pecuaria “El Cangre”. Red. Vet. Vol. VI (8) pág. 1-10.
- Wellenberg, G. J. van der Poel, W. H. M. y Van Oirschot, J. T. (2002). Viral infections and bovine mastitis : a review. Veterinary Microbiology, Article 2361 pág. 2-21.

69TCA. DETERMINACIÓN DE SINERGISMO Y ANTAGONISMO EN MEZCLAS DE POLIFENOLES DE YERBA MATE UTILIZANDO SUPERFICIE DE RESPUESTA

VALERGA J. y LANARI MC

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA),
Universidad Nacional de La Plata (UNLP) 47 y 116 La Plata (1900), Buenos Aires,
Argentina TE /Fax (0221) 4254853/ 4249287 /4890741. e-mail: clanari@cidca.org.ar

Resumen: Se modeló la actividad antiradicalaria (AA), el poder reductor (PR) y la capacidad de inhibición de la oxidación del ácido linoleico (AI) de una mezcla de ácido cafeico (C), clorogénico (CL), kaempferol (K), quercetina (Q) y rutina (R) presentes en extractos polifenólicos de yerba mate utilizando diseño estadístico de mezclas y superficie de respuesta. Las concentraciones correspondientes a las mezclas con niveles óptimos de AA, AI y RP se determinaron mediante la optimización simultánea de los 3 modelos. Las mezclas con actividad óptima eran: Q (100%), R (100%), CL/R (81/19%), Q/R (94/6%) (50/50%); C/Q (79/21%) (50/50%); K/R (28/72%).

1. Introducción

La incorporación de antioxidantes a alimentos es una forma simple y efectiva de mejorar la calidad nutricional y sensorial y extender la vida útil de los mismos. El uso de extractos polifenólicos “mínimamente purificados” como fuente de antioxidantes es ventajoso ya que sus costos de producción son menores y los consumidores los consideran más saludables que los componentes puros.

La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) contiene sustancias polifenólicas de excelente actividad antioxidante (AOA) tales como los ácidos cafeico (C), clorogénico (Cl), rutina (R), quercetina (Q) y Kaempferol (K). Extractos ricos en estos compuestos podrían utilizarse para elaborar alimentos funcionales con buena estabilidad oxidativa y larga vida útil. La aplicación comercial de extractos con bajo nivel de purificación a alimentos requiere productos de composición y actividad consistentes y fáciles de aplicar, para lo cual es necesario establecer la relación entre la composición de polifenoles y AOA de los mismos.

Debido a la complejidad de los mecanismos de acción de los distintos antioxidantes no existe un método que permita determinar la actividad total de los mismos

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son determinar

- (a) la relación entre la actividad antiradicalaria, el poder reductor y la capacidad de inhibición del ácido linoleico y la composición de una mezcla de cafeico, clorogénico, kaempferol, quercetina y rutina mediante el método de superficie de respuesta
- (b) La composición de las mezclas que permita maximizar en forma simultánea estos 3 parámetros.

3. Materiales y métodos

Para analizar la relación entre la actividad antioxidante y la composición de ácidos fenólicos comúnmente presentes en la yerba mate se utilizaron mezclas equimolares de C, Cl, R, Q y K. La concentración total de cada mezcla fue 25 μM y todos los ensayos se hicieron por triplicado.

Debido a la gran complejidad de los mecanismos de acción de los antioxidantes y al elevado número de factores que afecta la determinación de la actividad antioxidante, no existe un método de evaluación único. En este estudio se determinó:

- Actividad antiradicalaria (AA) con la técnica del DPPH* (Brand-Williams y col., 1995). La desaparición del DPPH* se monitoreó durante 80 min.
- Poder reductor (PR) de la mezcla mediante el método de FRAP (Ferric reducing antioxidant power; Benzie y Strain, 1996) con un tiempo de reacción de 4 min
- Capacidad de inhibición de la oxidación del β -caroteno/ácido linoleico o Índice antioxidante (IA) mediante el protocolo descrito por Valerga y col., (2012).

Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de: (a) DPPH*/ μmol de antioxidante (μmol AH); (b) β -caroteno / μmol AH y (c) Fe^{2+} formado/ μmol AH

Análisis Estadístico

El diseño experimental consistió en un diseño de tipo Simplex Reticular (Cornell, 1990), con 5 factores (C, CL, K, Q, R) de 4 niveles cada uno replicado 3 veces. La predicción de la actividad antioxidante (AOA) se realizó mediante el modelo canónico de Scheffé's (Cornell, 1990) (Eq. 1)

$$\text{AOA}_{\text{pred}} = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j} \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad (1)$$

AOA representa los valores de AA, RP y AI predichos por el modelo; β_i , β_{ij} y β_{ijk} son los coeficientes correspondientes a los términos lineales y a las interacciones de 2º y 3er grado respectivamente mientras que δ_{ij} es el coeficiente cúbico de la interacción binaria. Las concentraciones de los componentes de la mezcla (x_i , x_j , x_k) se expresaron en fracción molar. La determinación de los parámetros y la optimización del modelo se realizó con el programa Design Expert 7

4. Resultados y discusión

Actividad Antiradicalaria

Los términos cúbicos de las interacciones binarias y los efectos ternarios presentes en el modelo (1) no eran significativos por lo tanto el modelo AA/composición polifenólica de la mezcla se redujo a un polinomio de 2º grado con $R^2 = 0.90$ (Eq.2).

$$\text{AA}_{\text{pred}} = 4.16 x_C + 4.36 (x_{CL} + x_Q) + 4.07 x_K + 4.23 x_R - 0.83 (x_C x_{CL} - x_C x_R) + 0.73 x_C x_Q + 0.94 x_{CL} x_Q - 1.79 x_{CL} x_R \quad (2)$$

La correlación entre experimentales y predichos mostró un buen ajuste con $R^2 = 0.92$. Q y Cl fueron los mayores contribuyentes al término lineal seguidos por R y C mientras que K presentó los valores de actividad más bajos. CL es individualmente uno de los antioxidantes más potentes en esta mezcla, sin embargo su eficacia en la mezcla se ve disminuida por 2 efectos antagonistas, CL*R y CL*C, en contraposición, la actividad

individual de Q mejora en la mezcla debido al aporte de 2 sinergismos C*Q y CL*Q. El modelo detecto otro efecto antagónico entre cafeico y rutina.

El aporte de los efectos principales a AA_{pred} era mucho mayor que el de las interacciones. En un sistema de 5 componentes (C/CL/K/Q/R) con concentraciones son equimolares ($x_i = 0.2$) AA_{pred} es $4.16 \mu\text{mol}^{-1}$, los efectos principales equivalían a 103% de la actividad total mientras que las interacciones eran antagónicas y correspondían al 3% de AA_{pred} .

Para determinar la composición polifenólica de los sistemas de mayor y menor actividad utilizamos el modulo de optimización del Design Expert 7. Las mezclas más eficientes no contenían R o K por lo tanto en esas condiciones las variables significativas eran C, CL y Q. La ausencia de R permitió un aumento en las proporciones de antioxidantes más potentes como Q o CL así como la eliminación de 2 interacciones negativas: C *R y CL*R.

La figura 1 muestra la dependencia de AA_{pred} con la concentración en una mezcla C/CL/Q con x_R y $x_K = 0$.

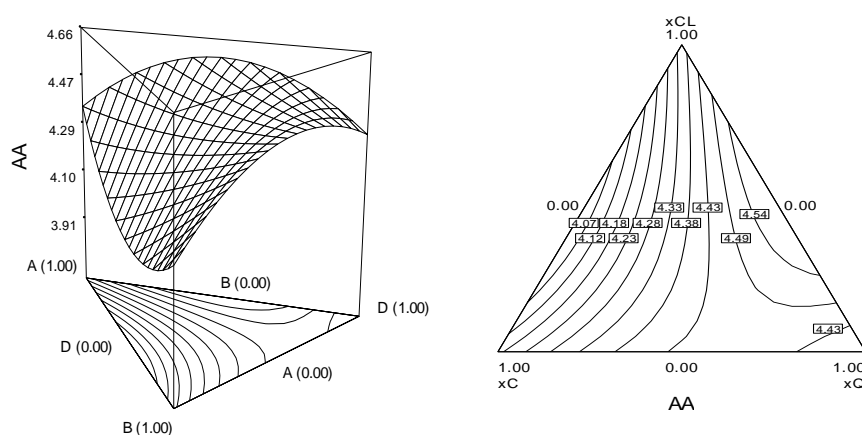


Fig. 1 Dependencia de AA_{pred} con la concentración de x_{CL} (A), x_C (B) y x_Q (D); $x_K = 0$

$x_R = 0$

La reducción de los niveles de cafeico, el componente de menor eficiencia, mejoro AA_{pred} 10%, debido a un aumento en las proporciones de los componentes más activos, CL o Q y a una reducción del efecto antagonista C*CL. Por otro lado, contenidos de CL o Q mayores de 78% redujeron la eficiencia antiradicalaria 4.4%. el contenido de polifenoles en los sistemas más eficientes ($AA_{pred} \geq 4.52 \mu\text{mol}^{-1}$) era: C = 0 – 11% y CL/Q = 22 – 78%.

Las mezclas menos activas no contenían Q o K. La exclusión de Q produjo una caída considerable del término lineal y la eliminación de los únicos efectos sinérgicos CL*Q y C*Q. La figura (2) muestra la influencia de las concentraciones relativas de C/CL/R en la actividad antiradicalaria predicha por la Eq. (1). Las composiciones de las mezclas de menor eficacia ($AA_{pred} \leq 3.86 \mu\text{mol}^{-1}$) eran: C = 0 – 33 %; CL = 27 – 56 % and R = 32 – 59%.

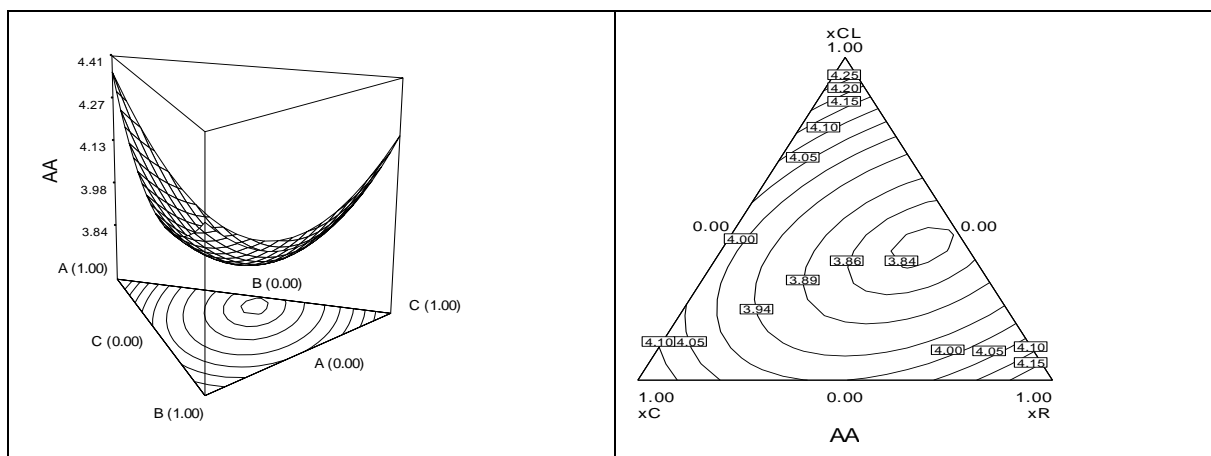


Fig.2 Dependencia de AA_{pred} con la concentración de xCL (A), xC (B) y xR (C); $xK = 0$

$$xQ = 0$$

Poder Reductor

La relación RP/composición se modela satisfactoriamente con la Eq. (3), con $R^2 = 0.901$.

$$RP_{pred} = 2.34 xC + 2.51 xCL + 3.05 xK + 4.96 xQ + 3.81 xR + 5.98 xCL xQ + 1.97 xCL xK + 6.21 xC xQ + 2.36 xC xK + 2.80 xQ xR + 4.68 (xK xR + xK xQ) + 7.22 (xC xCL xR + xCL xQ xR) + 10.28 xC xCL xQ + 15.11 xC xCL xK + 11.87 xCL xK xR + 8.18 xC xQ xR - 8.02 xK xQ xR + 5.99 (xCL xQ (xCL - xQ) + xC xQ (xC - xQ)) - 6.38 xCL xK (xCL - xK) + 2.68 xR xQ (xR - xQ) - 4.07 xQ xK (xQ - xK) \quad (3)$$

La correlación entre experimentales y predichos muestra un buen ajuste con $R^2 = 0.95$.

Q era el componente más efectivo seguido por R y K, mientras que CL y C eran los de menor actividad. Los valores positivos de β_{ij} y la ausencia de δ indicaron que K^*R y C^*K eran sinérgicas pero el comportamiento (sinergista/antagonista) de CL^*Q , CL^*K , C^*Q , Q^*R y Q^*K no podía deducirse directamente del modelo ya que también dependía de las concentraciones relativas de los componentes de la interacción. El modelo detectó 6 efectos sinergismos ternarios y 1 antagonístico (K^*Q^*R).

En una mezcla equimolar de $C/CL/K/Q/R$ ($x_i = 0.20$), los efectos binarios y terciarios eran sinérgicos y correspondían al 23 y 9% del RP total respectivamente.

Los sistemas más eficientes tenían $xQ = 0.43 \pm 0.02$ y ninguno contenía K. Estos resultados sugieren que la presencia de concentraciones relativamente altas de Q era un requerimiento importante para maximizar RP.

La Fig. 3 muestra el efecto de las concentraciones de $C/CL/Q$ con $xR = 0.15$. El aumento de Q de 0 a 40 – 50% produjo una fuerte mejoría en RP de 2.63 a $5.16 \mu\text{mol}^{-1}$ sin embargo, incrementos adicionales hasta 85% redujeron RP_{pred} 4.8%.

La influencia de los niveles de C y/o CL dependía del contenido de Q presente. En sistemas con $(Q) < 30\%$, cambios en los niveles de C y/o CL podrían afectar RP_{pred} hasta 90%; en cambio para $(Q) \geq 30\%$, las variaciones eran menores de 3%.

La minimización de la Eq. (2) indicó que mezclas con 82-93% CL y 18-7% K eran las menos activas con $RP_{pred} = 2.27 - 2.31 \mu\text{mol}^{-1}$, los efectos principales contribuían con 114% de la actividad total mientras que CL^*K era antagonista y correspondía al 14% de AA_{pred} .

La incorporación de R a una mezcla de C/CL aumentó en forma continua el poder reductor de $2.34 - 2.51 \mu\text{mol}^{-1}$ hasta $3.81 \mu\text{mol}^{-1}$ (datos no mostrados)

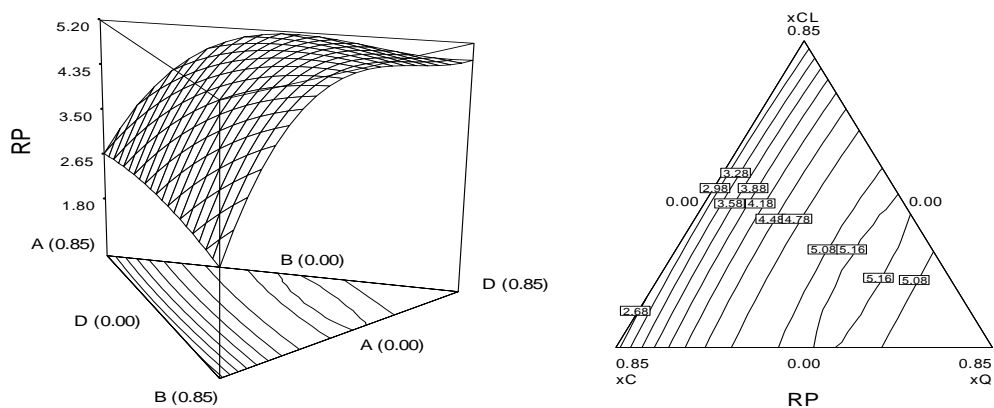


Fig.3 Dependencia de RP_{pred} con la concentración de xCL (A), xC (B) y xQ (D); $xK = 0$
 $xR = 0.15$

Capacidad de inhibición del sistema β -caroteno/ácido linoleico

La relación AI/composición se redujo a la Eq. (4)

$$\begin{aligned}
 AI = & 4.56 xC + 4.47 xCL + 4.45 xK + 4.93 xQ + 4.31 xR - 1.29 xC xCL - 1.67 (xC xK + \\
 & xCL xK) - 4.37 xC xQ - 1.11 xC xR - 4.27 xCL xQ - 1.08 xK xQ - 0.88 xK xR - 3.46 \\
 & xQ xR - 14.73 xC xK xR - 7.64 xC xCL xK - 4.36 xC xCL xQ + 6.17 xCL xK xQ - \\
 & 9.91 xCL xK xR - 8.41 xCL xQ xR + 14.04 xK xQ xR \\
 & (4)
 \end{aligned}$$

La correlación entre predichos y experimentales demostró un buen ajuste con $R^2 = 0.95$. Q era el mejor inhibidor de la peroxidación seguido por C, CL y K mientras que R era el de menor eficiencia. Se detectaron 14 efectos antagonistas y solamente 2 sinergismos CL/Q/K and K/Q/R.

Si se considera una mezcla equimolar de C/CL/K/Q/R ($x_i = 0.20$), $AI_{pred} = 3.55 \mu\text{mol}^{-1}$, los efectos principales y las interacciones corresponden a 127.8 % y 27.8% de la actividad total respectivamente.

A partir de la optimización del modelo (4) se observó que la mayoría de los sistemas más activos ($AI_{pred} = 4.50 - 4.92 \mu\text{mol}^{-1}$) no contenían C o CL. Este comportamiento puede deberse a que a pesar de que C y CL individualmente son más activos que K o R son también parte de 11 efectos antagonistas por consiguiente su eliminación puede mejorar la actividad total del sistema.

Las mezclas C/CL o C/R con $(C) > 97\%$ también tenían una actividad de $4.50 \mu\text{mol}^{-1}$.

La figura (4) muestra la influencia de la concentración de polifenoles de una mezcla de K/Q/R en AI_{pred} con $xC = xCL = 0$. Las composiciones de los sistemas más activos eran: K (0-22 %), Q (77-100 %) and R (0 - 8 %).

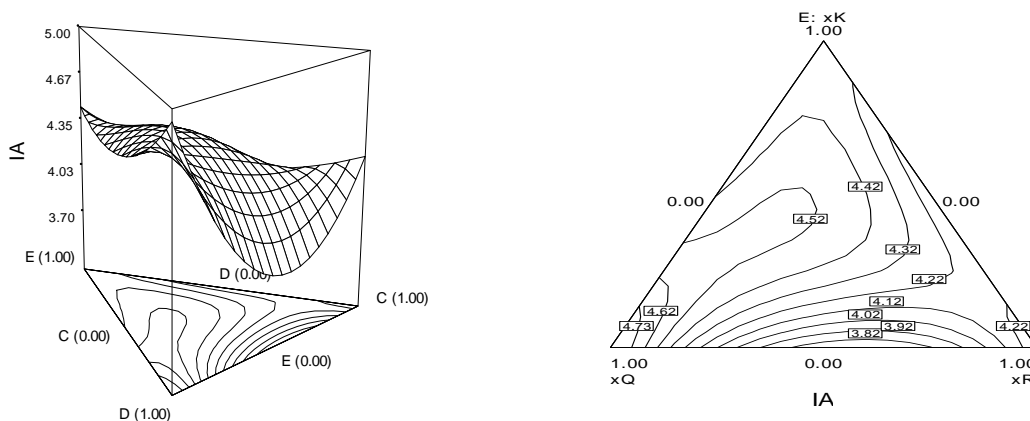


Fig.4 Dependencia de AI_{pred} con la concentración de xK (E), xQ (D) y xR (C); $x_C = 0$
 $x_{CL} = 0$.

El agregado de 0-21% de K a una combinación de Q/R con Q = 25-55% produjo un brusco aumento de la actividad de $3.73 \mu\text{mol}^{-1}$ a $4.42 \mu\text{mol}^{-1}$ no obstante, incorporaciones adicionales hasta 32% lograron solamente una mejoría de 2.2%.

Las combinaciones polifenolicas de menor capacidad inhibitoria incluían C, CL, Q y R. A partir de la Eq (4) se observa que K formaba parte de todos los sinergismos por lo tanto su ausencia elimina la contribución de los mismos a la actividad total.

La figura (5) muestra la relación AI_{pred} /composición para el sistema C/CL/Q. La inclusión de Q a una mezcla C/CL produjo una brusca caída de AI_{pred} de $4.22-4.28 \mu\text{mol}^{-1}$ a un mínimo de $3.39 \mu\text{mol}^{-1}$ correspondiente un contenido de polifenoles (%) de C = 38 – 41%; CL = 23 – 39 % y Q = 34 – 45 %. Si bien Q es individualmente el más potente inhibidor del sistema, sus reacciones antagónicas con C, CL y/o R son importantes ya que en estas condiciones constituyen 28% de la actividad total. Aumentos adicionales de Q mejoraron AI_{pred} hasta alcanzar el máximo ($4.93 \mu\text{mol}^{-1}$) correspondiente a la quercetina pura.

Cuando analizamos la dependencia de AI_{pred} con la composición de la mezcla C/CL/R observamos que los niveles mínimos de actividad son 23% más altos que en el sistema C/CL/Q (datos no presentados). Esto se debe a que al reemplazar Q por R los efectos de las interacciones continúan siendo negativos ya que solo alcanzan a 7% de AI_{pred} comparado con 28% de C/CL/Q.

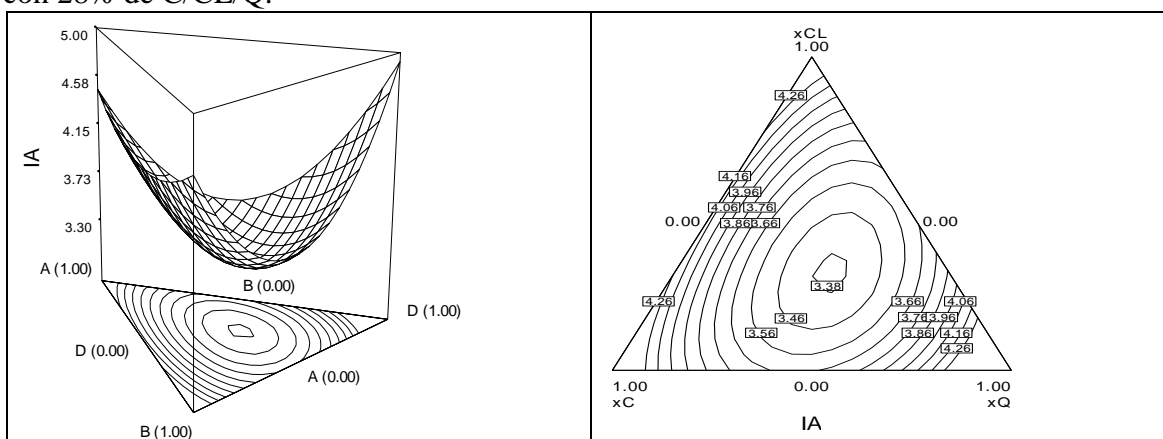


Fig.5 Dependencia de AI_{pred} con la concentración de xCL (A), xC (B) y xR (C); $x_Q = 0$
 $x_K = 0$.

La maximización o minimización simultánea de las Eqs. (2), (3) y (4) permitió determinar las composiciones de las mezclas más y menos activas teniendo en cuenta AA, RP y AI (Tabla 1). Los sistemas más activos eran todos binarios, 6 contenían Q, 4 rutina, 2 cafeico mientras que CL y K aparecían solamente en una mezcla cada uno. La mayoría de las mezclas menos activas contenían distintos niveles de C, CL o R; K estaba presente en 3 soluciones y ningún caso contenía Q. Se determinaron las siguientes mezclas con actividad óptima: Q (100%), R (100%), CL/R (81/19%), Q/R (94/6%) (50/50%); C/Q (79/21%) (50/50%); K/R (28/72%).

5. Conclusiones

Los modelos obtenidos predijeron satisfactoriamente la relación entre la actividad antirradi calaria (AA), el poder reductor (RP) o la capacidad de inhibición del ácido linoleico (AI) con la composición de una mezcla de C/CL/K/Q/R.

Los modelos permitieron detectar sinergismos y antagonismos de 2º y 3er orden.

A partir de los 3 modelos se determinaron las composiciones de las mezclas con actividad óptima respecto de AA, RP y AI así como las correspondientes a los sistemas de actividad mínima.

Se determinaron las siguientes mezclas con actividad óptima: Q (100%), R (100%), CL/R (81/19%), Q/R (94/6%) (50/50%); C/Q (79/21%) (50/50%); K/R (28/72%).

6. Bibliografía

Benzie, I.F. y Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of the antioxidant power: the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239, 70-76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebens. Wiss. Technol.* 28(1), 25-30.

Cornell, J.A. (1990). *Experiments with mixtures. Design, models and the analysis of mixture data.* John Wiley & Sons, Inc., New York 2nd Ed

**70TCA. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DE *HYMENAEA
STIGONOCARPA* MART. (JATOBAZEIRO) NATIVOS DO CERRADO
MINEIRO**

* ALVES, M.R.P.; *CARLOS, L.A.; *RUFINI, J.C.M.; **BERNARDES, N. R.;
**OLIVEIRA, D.B.O.; **PEREIRA, S.M.F.

*Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas-MG, Brasil; ** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil.
lanamar@ufsj.edu.br

Resumo: Este estudo teve como objetivos avaliar as características físico-químicas, composição mineral, conteúdo de compostos fenólicos, taninos condensados e a capacidade antioxidante dos frutos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. (jatobá do cerrado), nativos do Bioma Cerrado. Foram avaliados frutos maduros colhidos de árvores nativas da região Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais – Brasil e os parâmetros analisados foram, massa e dimensões (comprimento e diâmetro) do fruto, rendimento de polpa, SST, matéria seca e pH. Os conteúdos de sacarose, glicose, frutose foram determinados por HPLC. Os compostos fenólicos totais, taninos foram quantificados pelo método de Follin-Denis e atividade antioxidante avaliada pelo ensaio do DPPH. A massa, o comprimento e o diâmetro dos frutos foram 80,8 g, 113,80 e 51,7 mm, respectivamente. O rendimento médio de polpa foi de 16,37 g/100 g de fruto. Os teores médios de SST matéria seca foram 3,65° Brix e 78,39 g/100 g de polpa, respectivamente. Os conteúdos de glicose, frutose, sacarose, compostos fenólicos e taninos da polpa foram respectivamente 483,54; 124,72; 116,35; 570,00 e 3,45mg/g de matéria seca. Os resultados apresentados neste trabalho podem contribuir para um aproveitamento mais racional e sustentável de jatobá do cerrado, agregando assim valor financeiro ao seu cultivo.

Palavras chaves: *Hymenaea stigonocarpa* Mart., jatobá do cerrado.

1. Introdução

O jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.), pertence à família Leguminosae e é popularmente conhecido como jataí e jutaí (Almeida, 1993). Sua frutificação ocorre de abril a julho, porém os frutos amadurecem geralmente de setembro a novembro. Com árvore de até 10 m de altura, tronco de 30 a 50 cm de diâmetro, cresce em ambientes ricos em CO₂. A fruta é caracterizada por possuir casca rígida marrom, tendo em seu interior uma polpa branca amarelada, farinácea e adocicada envolvendo poucas sementes. A polpa possui sabor característico e forte, podendo ser usada na preparação de pães, bolos, biscoitos, geléias e licores e farinhas. O jatobá é rico em fibras insolúveis, o que atribui ao fruto um grande potencial como ingrediente de produtos ricos em fibra alimentar (Silva et al. 1994).

O interesse na caracterização das propriedades dos frutos do cerrado tem crescido a cada dia, uma vez que além do aspecto alimentício, muitas das espécies nativas desse Bioma fazem parte de um conjunto de plantas de domínio popular que são utilizadas como medicamentos para o tratamento de várias enfermidades. (Roesler et. al., 2007). Os frutos nativos do cerrado contêm substâncias antioxidantes distintas, cujas atividades têm sido bem comprovadas nos últimos anos (Lima et al., 2002; Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya, 2004). A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos

e carotenóides contribuem para os efeitos benéficos desses alimentos (Silva et al., 1994; Ajaikumar et al., 2005) e ainda acentua estudos sobre estes compostos de maneira a agregar valor ao alimento.

O uso sustentável destas frutas pode ser uma excelente forma de introduzir alimentos funcionais para uso da população, fornecer novas opções de matéria prima para a indústria alimentícia e também uma forma de agregar valor aos recursos naturais disponíveis no Cerrado, favorecendo a preservação de espécies nativas que vem sendo devastadas a cada dia.

2. Objetivos

- 1) Avaliar as características físico-químicas de frutos de jatobazeiro (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) provenientes de plantas nativas do Cerrado Mineiro.
- 2) Quantificar o conteúdo de compostos fenólicos, taninos hidrolizáveis e a capacidade antioxidante de frutos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. provenientes de plantas nativas do Cerrado Mineiro.

3. Metodología

Matéria prima: Os frutos foram colhidos em setembro de 2011 de plantas do Cerrado Mineiro nativas no município de São João del-Rei-MG (“Latitude 21°05' 11" S, Longitude 044° 13' 33" W”) e transportados para o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSJ-CSL. Para avaliação foram selecionados 20 frutos levando-se em conta a uniformidade do estágio de maturação, caracterizado como próprio para o consumo *in natura*. Cada fruto foi considerado uma repetição.

Dimensões e massas: As dimensões dos frutos (diâmetros e comprimentos) e as espessuras de casca foram medidas com o auxílio de um paquímetro digital (ZAAS). As determinações relacionadas às massas dos frutos inteiros e das polpas foram efetuadas em balança semi-analítica (UMark 250A). A massa das polpas foi determinada por diferença entre o peso do fruto inteiro e dos resíduos.

Sólidos Solúveis Totais (SST): O teor de sólidos solúveis totais foi determinado colocando-se gotas da polpa farinácea diluída (2g de polpa/15 mL de água destilada), homogeneizada e filtrada sobre o prisma de um refratômetro digital (Reichert R2mini).

pH: O pH das polpas foi determinado com o auxílio de um pHmetro digital marca pH 330/SET, por imersão direta do eletrodo nas polpas diluídas e homogeneizadas.

Matéria seca (MS): Para determinação de matéria seca, 5 gramas das polpas foram colocadas em cadinho de porcelana e submetidas a 105°C em estufa de esterilização e secagem, até peso constante. A porcentagem de sólidos totais foi obtida pela diferença entre os pesos inicial e final, conforme protocolo da AOAC (1992).

Composição Mineral: Para a análise de nutrientes, as polpas farináceas dos frutos *in natura* foram homogeneizadas e os nutrientes analisados foram: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e boro (B). O N foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965); o P, por colorimetria; o K, por fotometria de chama; Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica; o S, por turbidimetria com cloreto de bário (Jones Jr. et al., 1991; Malavolta et al., 1997).

Açúcares: Os teores de glicose, frutose e sacarose foram determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), em cromatógrafo SHIMADZU, com detector de índice de refração modelo RID 10A. As condições cromatográficas foram: coluna Rezex RCM Monosaccharide Ca⁺, fase móvel água e temperatura forno 85 °C (Isla et al,1998). Os resultados foram expressos em mg do açúcar/100g de matéria seca.

Ácido ascórbico: O conteúdo de vitamina C foi avaliado por HPLC em cromatógrafo SHIMADZU, detector UVVIS. As condições cromatográficas foram as seguintes: coluna ODS-II C18 (ID 4,6 x 250 mm), comprimento de onda 254 nm, vazão de 1 mL/min, fase móvel BCTMA acidificada e injeção de 20 µL. (Benloch et al, 1993)

Compostos fenólicos e taninos hidrolisáveis: O conteúdo de compostos fenólicos totais foi quantificado pelo método de Folin-Denis (Neves et. al. 2009) e o de taninos hidrolisáveis pela hidrólise ácida com butanol em HCL (5%) (Moreira, 2000). Os resultados foram expressos em g/100g de matéria seca.

Capacidade antioxidante: Os extratos metanólicos das polpas dos frutos foram obtidos por maceração metanólica à frio conforme metodologia descrita para obtenção dos extratos por Carlos et al. (2010). A avaliação da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotocolorimétrico do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazila), segundo a metodologia utilizada por Koleva et al (2002). Os resultados foram expressos em g/100g de extrato.

Todas as análises foram feitas em triplicata e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

4. Resultados e discussão

Verificou-se que a massa média dos frutos inteiros foi de 67,64 g, o comprimento médio 113,80 mm, diâmetro médio foi 35,75 mm e espessura média de casca 5,27 mm. O conteúdo de sementes representou 20,94g/100g de fruto, das cascas 62,35g/ 100g de fruto e de matéria seca 78,39 g/100 g de polpa, sendo que o rendimento de polpa foi 16,37% O teor médio de sólidos solúveis totais da polpa foi 3,65° Brix e o pH 5,60. Estes parâmetros estão em conformidade com os frutos descritos por Silva et. al. (2001).

Composição mineral: Dentre os macronutrientes analisados, o magnésio apresentou maior concentração (430,00 mg.100 g⁻¹) seguido de cálcio (90 mg.100 g⁻¹) e manganês (16,35 mg.100 g⁻¹), valores superiores aos encontrados em jatobás originários do Estado de Goiás (48,0 mg de Mg⁺⁺.100 g⁻¹ e 73,9 mg de Ca⁺⁺.100 g⁻¹) por Marin (2006). Porém a concentração de fósforo em jatobá do cerrado foi 90 mg.100 g⁻¹ (Tabela 1) enquanto que este nutriente não foi detectado nas amostras trabalho deste mesmo autor.

Em relação aos micronutrientes, o manganês apresentou-se em maior concentração (Tabela 2). Os valores de zinco (1,11 mg.100 g⁻¹) e ferro (0,95 mg.100 g⁻¹) foram respectivamente superiores aos valores encontrados para a pitomba (0,84 e 0,60mg.100 g⁻¹), mangaba (0,78 e 0,88 mg.100 g⁻¹) e araticum (0,79 e 0,43 mg.100 g⁻¹), que também são frutas nativas do cerrado (Silva et al., 2008). Caldeiras et al. (2004), obtiveram para aracá um teor de cobre (0,12 mg.100 g⁻¹) inferior ao deste trabalho.

Tabela 1. Composição em macronutrientes (mg.100 g⁻¹) de frutos de jatobazeiro (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) nativos do Cerrado Mineiro (expressos em base úmida).

Macronutriente	Ca	P	Mg	K	S	N
Conteúdo	90,0	90,0	430,0	1,35	30,00	870,0

Tabela 2. Composição em micronutrientes (mg.100 g⁻¹) de frutos de jatobazeiro (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) nativos do Cerrado Mineiro (expressos em base úmida).

Micronutriente	Cu	Mn	Zn	Fe	B
Conteúdo	0,45	16,35	1,11	0,95	1,01

Açúcares: A polpa apresentou em sua composição tomando-se como base 100 gramas de matéria seca 483,54 g de glicose, 124,72g de frutose e 116,35 g de sacarose. No entanto, não foram encontrados na literatura trabalhos sobre a o perfil de açúcares da polpa do jatobá do cerrado, o que faz deste estudo o primeiro relato acerca deste parâmetro.

Ácido ascórbico: Não foi detectada a presença de ácido ascórbico nas polpas de jatobá do cerrado, nas condições de análise empregadas.

Compostos Fenólicos e Taninos hidrolisáveis: Os conteúdos de compostos fenólicos e taninos condensados para jatobá foram 0,57 e 3,45 mg/100g de matéria seca, respectivamente. Os compostos fenólicos compõem uma das maiores classes de metabólitos em vegetais e ocorrem em diferentes tecidos, e nos alimentos compreendem, geralmente, os ácidos fenólicos, taninos e flavonóides. Relatos sobre as ocorrências de compostos fenólicos, refletem a atividade antioxidante observada para as fontes vegetais como para *Rubus* sp (amora) e *Psidium guajava* (goiaba vermelha) (Hassimoto *et al.*, 2005), capaz de prevenir inúmeras doenças crônicas não transmissíveis em seres humanos.

Atividade Antioxidante: O extrato metanólico da polpa de jatobá exibiu forte capacidade de seqüestro do radical DPPH, superior a 90% na concentração de 1mg/mL e superior a 26% na concentração de 0,1mg/mL. Na maior concentração, o extrato avaliado foi estatisticamente semelhante à capacidade antioxidante da rutina e do ácido ascórbico, porém na concentrações de 0,1 mg/mL este extrato exibiu atividade inferior a todos os padrões testados. Na concentração e 0,01mg/mL a capacidade antioxidnte foi similar a da rutina e inferior aos demais padrões (Tabela 3).

Tabela 3- Capacidade antioxidante da polpa de jatobá do cerrado nativo do Cerrado Mineiro e dos padrões testados. Resultados expressos em %.

	Concentração (mg/mL)		
	1,00	0,10	0,01
Extrato de metanólico	90,23 ^b	26,13 ^d	0,35 ^c
Quercetina	100,00 ^a	95,27 ^a	91,27 ^a
Rutina	88,00 ^b	86,42 ^b	0,85 ^c
Ácido ascórbico	95,63 ^{ab}	93,33 ^a	92,73 ^a
BHT	100 ^a	52,10 ^c	43,60 ^b

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

5. Conclusões

Os frutos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart nativos do cerrado mineiro, na região Centro-Oeste do Brasil apresentam, dimensões compatíveis com frutos provenientes de outras regiões, sendo o rendimento de polpa em torno de 16,37 g/ 100 g de fruto, o que reflete uma considerável percentagem de resíduos e torna necessário a busca de alternativas de uso dos mesmos.

As polpas dos frutos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart apresentam conteúdos significativos de glicose, sacarose e frutose, contudo não foi detectada a presença de ácido ascórbico.

As polpas são ricas em magnésio e cálcio e fósforo, o que pode trazer uma grande contribuição para a provisão das necessidades de minerais da população.

O conteúdo de compostos fenólicos e taninos hidrolisáveis foi bastante expressivo, permitindo que o jatobá, nativo do Cerrado Mineiro possa ser considerado uma fonte natural desses compostos e ainda representar uma nova opção de matéria prima para a indústria alimentícia na elaboração de alimentos funcionais ou mesmo ser associado a uma

dieta saudável que proporcione benefícios à saúde da população através do seu consumo *in natura*.

O extrato metanólico da polpa exibiu uma elevada capacidade antioxidante na concentração de 1 mg/mL, o que pode trazer efeitos benéficos para a saúde humana.

Os resultados apresentados neste trabalho podem contribuir para um aproveitamento mais racional e sustentável de jatobá do cerrado, agregando assim valor financeiro ao seu cultivo.

Agradecimentos: FAPEMIG, CNPq e FINEP.

6. Referências

- Ajaikumar, K. B.; Asheef, M.; Babu, B. H.; Padikkala, J. (2005) The inhibition of gastric mucosal injury by *Punica granatum* L. (pomegranate) methanolic extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, p.171-76.
- Almeida, E. R. (1993) Plantas medicinais brasileiras: conhecimentos populares e científicos. São Paulo: Hemus, 341 p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.(1992). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 11. ed. Washington: DC: AOAC, 1115p.
- Azevedo-meleiro, C.H.; Rodriguez-Amaya, D.B. (2004). Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17: 385-396.
- Benlloch, R.; Farre, R.; Frigola, A. (1993). A quantitative estimation of ascorbic acid and isoascorbic acid by HPLC: application to citric juices. *Journal of Liquid Chromatography*. 16: 3113-3122.
- Carlos, L. A. ; Amaral, K. A. S. ; Motta , O.V. ; Vieira, I. J. C. ; Mathias,L. ; Braz-Filho; Samaroo, S. S. (2010). *Rauvolfia grandiflora* Mart. ex A. DC. (Apocynaceae) extract interferes on staphylococcal growth, enterotoxin production and antimicrobial activity. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41: 612-20.
- Hassimotto, N.M.A.; Genovese, M. I.; Lajolo, F.M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 2928-2935.
- Isla, M. I.; Vattuone, M. A.; Sampietro, A .R. (1998). Hydrolysis of sucrose within isolated vacuoles from *Solanum tuberosum* L. tubers. *Planta* 205: 601-605.
- Jackson, M.L. (1965) Soil chemical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- Jones Jjr., J.B., Wolf, B., Mills, H.A. (1991) Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens (USA): Micro-Macro Publishing, 213p.
- Koleva, L.I.; Van Beek, T.A.; Linssen, J.P.H.; De Groot, A., Evstatieva, L.N. (2002). Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochemical Analysis*, 13: 8-17.
- Jones Jjr., J.B., Wolf, B., Mills, H.A. (1991) Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens (USA): Micro-Macro
- Lima, V.L.A.G.; Mélo, E.A.; Lima, D.E.S. (2002). Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. *Scientia Agrícola*, 3. 447-450.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. de. (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 319 p.
- Marin, A. M. F. (2006) Potencial nutritivo de frutos do cerrado: composição em minerais e componentes não convencional. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana)- Universidade de Brasília, Brasília. 121p.

- Moreira, D. L. (2000). Metodos de analise e dosagem de taninos condensados, taninos galicos e fenois totais. NPPN-UFRJ.
- Neves, L. C., Alencar, S.M., Carpes, S.T. (2009). Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera* Braz. J. Food Technol., VII BMCFB, junho.
- Roesler, R.; Malta, L. G.; Carrasco, L. C.; Holanda, R. B.; Sousa, C. A. S.; Pastore, G. M. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27(1), p. 53-60.
- Silva, J.A.; Silva, D. B.; Junqueira, N. T. V.; Andrade, L. R. M. (1994). Frutas nativas dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 166 p.

71TCA. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATRICES HÍBRIDAS DE BIOPOLÍMERO-SÍLICE PARA USO EN ENCAPSULACIÓN Y LIBERACIÓN CONTROLADA DE VITAMINA C

REVUELTA M.V.^{1,2}, FERNÁNDEZ VAN RAAP M.B.³; MENDOZA ZÉLIS P.³;
SÁNCHEZ F.H.³; NAVARRO A.S.^{4*}, CASTRO G.R.^{1,5}

¹CINDEFI (UNLP-CONICET, La Plata), ²FCAI-UNCuyo (Mendoza), ³IPLP (Dpto. de Física (UNLP, CONICET- La Plata), ⁴CIDCA (UNLP, CONICET- (La Plata), ⁵School of Eng., Tufts University (Ma., USA),
47 y 116. CP 1900, La Plata, Argentina - *albanavarro@yahoo.com.ar

Resumen: El objetivo de este estudio es diseñar y caracterizar matrices híbridas compuestas por sílice y pectina (P) como soportes para encapsular la vitamina C o ácido ascórbico (AA). Se presentan resultados experimentales sobre las síntesis, las estructuras y el estudio de liberación del AA. En la síntesis se utilizó la pectina (P) como biopolímero y dos tipos de precursores de sílice: tetraetilortosilano (TEOS) y metiltrimetoxisilano (MTMS). Las muestras se sintetizaron por el método sol-gel en presencia de distintos agregados de pectina. La estructura de los materiales híbridos obtenidos se estudió por microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM) y por difracción de rayos X (XRD). Los resultados mostraron la formación de dos estructuras distintas de matrices como consecuencia de la presencia o no de MTMS. Con MTMS, se observa una estructura abierta y tamaños de poros de 0,8 a 2 μm de diámetro, mientras que sin MTMS, la estructura es más densa mostrando tamaño de poros del orden de los nanómetros. En las medidas de XRD no se detectaron ninguno de los picos característicos del AA, por lo que se podría afirmar que en todas las muestras el AA se incorporó en el interior de las matrices diseñadas, revelando una organización amorfa. Las matrices preparadas en presencia o no de MTMS mostraron diferencias significativas en los porcentajes de liberación del AA; comportamiento que se correlaciona con las diferentes estructuras observadas en ESEM. Además se observa que el porcentaje de liberación de AA se incrementa para aquellas matrices sintetizadas con una proporción menor de pectina.

1. Introducción:

Los materiales híbridos (inorgánico-orgánico) sintetizados con la ayuda del método sol-gel constituyen, desde los últimos años, una nueva clase de materiales con prometedoras aplicaciones en biomedicina, biocatálisis y en biosensores. Una de las investigaciones de más rápido crecimiento en biotecnología es la inmovilización de diversas biomoléculas y la encapsulación de sustancias activas en matrices preparadas por sol-gel, en las cuales conservan sus actividades biológicas. Una serie de enzimas, anticuerpos y células han sido inmovilizados con éxito en materiales inorgánicos-orgánicos y en matrices de sílice. (Pope, 1999; Livage, 2001; Shchipunov, 2004). La estructura porosa de la matriz híbrida es un parámetro fundamental para la eficiencia del proceso de inmovilización y encapsulación, ya que estos poros poseen nano dimensiones y permiten regular la difusión de sustancias activas, como también la de sustratos y productos de la reacción enzimática. Son conocidas las interacciones entre las fases de estos materiales, donde a menudo la fase inorgánica se une en forma covalente con el polímero orgánico, dando lugar a materiales híbridos con mejores propiedades. Por otra parte, tal combinación asegura la citocompatibilidad, biodegradabilidad y la posibilidad de manipular la tasa de liberación de moléculas bioactivas.

Los materiales híbridos son sintetizados in situ por hidrólisis y condensación de alcóxidos y por combinaciones de polímeros para crear una mezcla de materiales inorgánicos-óxidos con polímeros orgánicos obteniendo estructuras de nanoescala (Livage, 2001; Haas, 2003; Castelvetro, 2004). Los componentes orgánicos más utilizados en la síntesis de materiales híbridos son: polietilenglicol, alcohol polivinílico, acrilamida, alginato, carragenina y gelatina, entre otros.

El compuesto orgánico elegido en este estudio fue la pectina, que es un polisacárido frecuentemente utilizado como material encapsulante, debido a su biocompatibilidad y capacidad de formar gel. Estructuralmente la pectina está constituida por una cadena de ácido galacturónico que están unidos entre sí por enlaces α -1,4, los cuales pueden estar esterificados con metanol (Sriamornsak y col., 2003).

El ácido ascórbico (AA), vitamina C, posee una amplia variedad de funciones biológicas, farmacéuticas y dermatológicas. El AA es considerado uno de los antioxidantes naturales más potentes otorgando protección contra las enfermedades relacionadas con el “estrés oxidativo” reduciendo el riesgo de la arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Lee, 2000). Se dificulta su empleo por ser inestable en medio acuoso, al aire, a la luz y al calor; por lo cual su atrapamiento en matrices inertes sería una alternativa para preservar su actividad biológica logrando una biodisponibilidad mayor. Asimismo, estas matrices inertes adecuadamente diseñadas podrían asegurar, regulando la liberación, la actividad biológica del AA durante un tiempo prolongado.

2. Objetivo

En el presente trabajo se desarrollan y caracterizan matrices híbridas compuestas por sílice y pectina en las cuales se encapsula el ácido ascórbico y se determinan cinéticas de liberación. Estas matrices tendrían aplicación en el desarrollo de soportes para el transporte de AA en envase de alimentos.

3. Materiales y Métodos:

Materiales

Tetraetilortosilano (TEOS), metiltrimetoxisilano (MTMS), ácido ascórbico (AA) y 2,6-diclorofenolindofenol fueron comprados a Sigma-Aldrich (Argentina). Pectina de bajo metoxilo (P), DE \approx 33% fue una donación de CPKelco (Dinamarca). El cloruro de calcio (CaCl_2), el ácido clorhídrico (HCl) y otros reactivos fueron de grado analítico (Anedra, Argentina).

Preparación de las matrices híbridas polímero/sílice

En todos los casos las matrices híbridas se prepararon mediante el método de sol-gel usando (TEOS) y (MTMS), siguiendo el procedimiento de un solo paso.

Prepolimerización del TEOS: el tetraetoxiortosilano se mezcló con agua destilada y HCl en una relación molar TEOS: H_2O : HCl= 1:5:10⁻² para formar una solución. Luego se dejó prepolimerizar la solución durante 24 horas a 4 ° C.

Matrices de Pectina/TEOS - Matrices de Pectina/TEOS/MTMS: en todas las matrices la relación en volumen TEOS prepolimerizado: pectina fue de 2:1. El AA se adicionó a una solución de pectina, se mezcló con 0,05 M de NaOH y luego se agregó el TEOS prepolimerizado y el MTMS, en el caso que correspondiera. La mezcla se agitó vigorosamente y se vertió en una placa de petri para su gelificación. Una vez formado el gel se sumergió en una solución de CaCl_2 0.063 M durante 30 min. Luego el gel resultante

se secó a 30 °C en estufa durante 24 horas generándose el xerogel. Una muestra de control de los xerogeles se sintetizó sin la adición de AA. En la Tabla 1 se muestran las diferentes formulaciones diseñadas de las matrices.

Tabla 1. Formulación de las matrices biopolímero/sílice.

Muestras*	Composición de las matrices híbridas	
	Pectina (%)	AA (mg/ml)
2M-49	2.0	49.0
3.2M-49	3.2	49.0
3.2M	3.2	-
6M-49	6.0	49.0
3.2	3.2	-
3.2-49	3.2	49.0
3.2-61	3.2	61.0
6-61	6.0	61.0

*La presencia del MTMS en la formulación de la matriz es indicada por la letra M en la nomenclatura de la muestra.

Caracterización de las matrices híbridas biopolímero/sílice

La morfología de la superficie de algunas de las matrices seleccionadas se examinó por microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM XL-30 Philips, EE.UU). Las muestras se escanearon con una tensión de aceleración de 15 kV. Los tamaños de poros de las imágenes de las matrices, obtenidas por ESEM, se analizaron a través del programa ImageJ.

Los difractogramas de rayos X de las matrices se obtuvieron utilizando un difractor de rayos-X, (X'Pert PW 3050, EE.UU). Los patrones de difracción de rayos X se obtuvieron en un rango de ángulo de $2\theta = 2^\circ - 60^\circ$, usando radiación Cu K α ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$), con una longitud de paso de $0,02^\circ$ y un tiempo de adquisición por paso de 4 s.

Estudio de liberación de AA a partir de las matrices híbridas

En los ensayos de liberación de AA se utilizaron fragmentos de xerogeles de 0,8 x 0,6 cm y 0,08 cm de espesor aproximadamente, pesados a la décima de miligramo. La liberación del ácido ascórbico se estudió en medio acuoso a pH = 5,0, 37° C y 150 rpm. En cada intervalo de muestreo, se retiró una alícuota de solución de cada frasco y se reemplazó inmediatamente con un volumen idéntico de medio fresco. El ácido ascórbico se determinó por duplicado empleando una modificación del método AOAC (2005) 967.22 por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol. La muestra se mezcló con 10 ml de una solución de ácido oxálico al 1%, posteriormente se tituló con una solución de 2,6-diclorofenolindofenol hasta que el viraje rosa permaneciera por lo menos 5 s, registrando el volumen empleado en la titulación para realizar los cálculos. El contenido de ascórbico se expresó en mg AA/100g de muestra.

4. Resultados y Discusión

Preparación de las matrices híbridas polímero/sílice

En la Tabla 2 se muestra la formulación de algunas de las matrices diseñadas junto con los tiempos de gelación (t), el pH final de síntesis y el aspecto de las mismas una vez formadas.

Tabla 2. Formulación de las matrices polímero/sílice.

Muestra	pH	t (horas)	Aspecto
3.2	5.5	0	opaco
3.2M	5.5	1/3	opaco
3.2-49	2.0	36	transparente
3.2M-49	2.0	48	transparente

Como se observa en la tabla 2, existen diferencias entre el pH, el tiempo de gelación y el aspecto de las matrices controles, respecto de las que contienen al ácido ascórbico. Los xerogeles controles presentan pH 5.5, un tiempo de gelación de pocos minutos y un aspecto opaco de la matriz. La tabla 2 muestra que la incorporación de AA a las matrices modifica tanto el pH, el tiempo de gelación como también el aspecto, obteniendo matrices ácidas, tiempos de gelación de horas y xerogeles transparentes. Estos parámetros muestran el efecto que causa la adición del AA en la síntesis y en la estructura final del xerogel.

Caracterización de las matrices

Análisis morfológico

En la Fig. 1 se muestran las micrografías obtenidas a través de ESEM de los xerogeles de control (sin AA) con y sin MTMS.

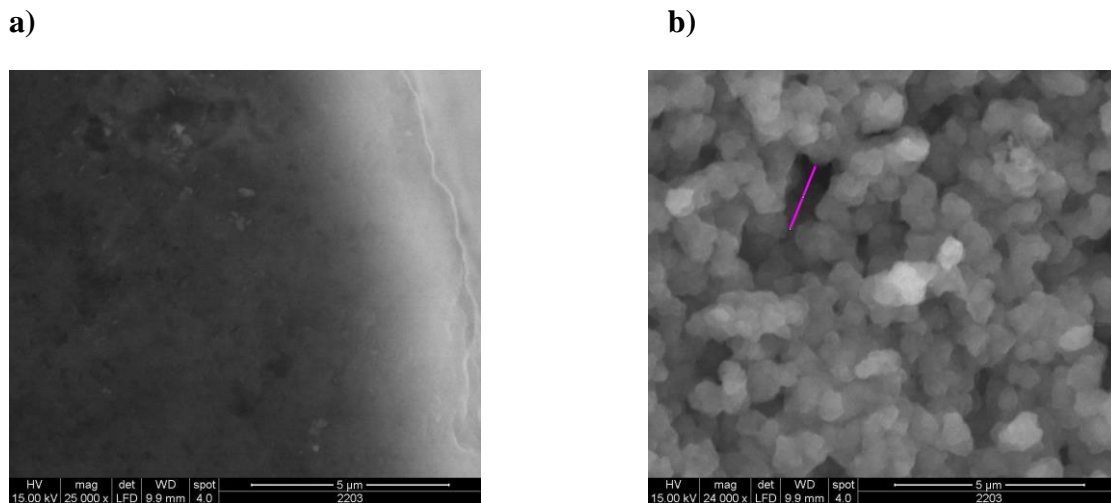


Figura 1. Imágenes correspondientes a las matrices híbridas polímero/sílice obtenidas por ESEM: a) xerogel 3.2 y b) 3.2M. Aumento 24000X. La barra indica la escala. La línea rosa indica el diámetro del poro de 1.81 μm

Las imágenes de ambos xerogeles, sin y con MTMS (Fig. 1 a y b) muestran matrices densas con superficies rugosas. El agregado de MTMS (Fig. 1b) generó una estructura con microagregados y formación de canales, revelando un material de un arreglo más abierto. En cuanto al tamaño de los poros, el xerogel sin MTMS presentaría diámetros del orden de los nanómetros, los cuales no pudieron ser resueltos mediante ESEM (Fig 1a). En cambio, en la Fig. 1b se observa que los diámetros de los poros se encuentran entre 0.8 a 2 micrones.

Análisis de difracción de rayos X

El difractograma del ácido ascórbico (Fig. 2a) indica claramente el comportamiento cristalino de este compuesto. Algunos de sus picos característicos localizados en 2θ igual a 10.3, 14.09, 17.3, 25.24 grados han sido reportados también por Desai, 2005. La pectina, en cambio presentó una menor cristalinidad (Fig. 2b), hallándose picos en valores de 2θ igual a 12.54, 21.48, 28.30 y 35.38 grados (Fig. 2b); valores similares a los obtenidos por Mishra, 2008.

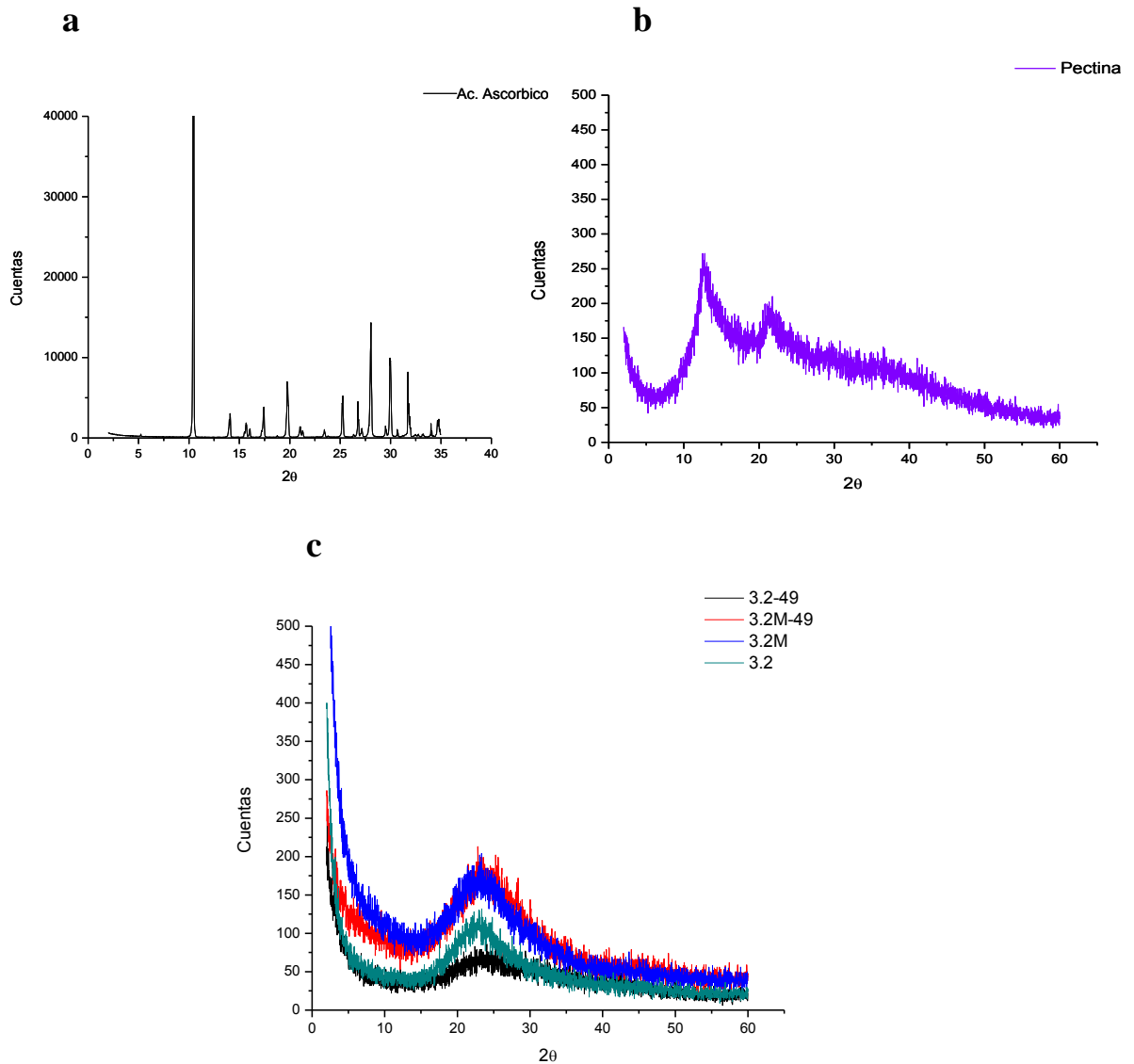


Figura 2. Espectros de difracción de rayos X de: a) Ácido Ascórbico, b) Pectina y c) Xerogeles híbridos cargados con AA, con y sin MTMS y sus correspondientes controles.

Los difractogramas de los xerogeles (Fig. 2c) muestran una línea de reflexión máxima A $2\theta = 23$ grados, característico de la sílice amorfa, no observándose otros picos atribuibles al resto de los componentes. El estudio de rayos X reveló que el AA se encuentra disperso en estado molecular en el interior de los poros de la matriz híbrida, ya que no se detecta la presencia de sus cristales.

Estudio de liberación de AA

La liberación de AA de algunas de las matrices diseñadas se realizó en medio acuoso a 37°C y 150 rpm, durante cinco horas aproximadamente.

En la Tabla 3 se informan los porcentajes de liberación a un tiempo determinado, 120 min.

Tabla 3. Porcentajes de liberación del Ácido Ascórbico para las formulaciones de matrices polímero/sílice diseñadas.

Nomenclatura	% liberación a 120 min ^a
2M-49	30.0 ± 0,00
6M-49	17.8 ± 0,07
3.2-61	18.6 ± 0,07
6-61	12.5 ± 0,14

^a Los porcentajes de liberación se realizaron por duplicado. Se muestran las medias ± SD.

En la Tabla 3 se observa que hay diferencias significativas del 5% en el porcentaje de liberación del AA entre las matrices que poseen o no en su formulación MTMS. Este comportamiento se correlaciona con lo observado en ESEM, ya que la estructura de los xerogeles que contienen MTMS presenta una estructura abierta, permitiendo al AA liberarse más fácilmente.

Por otro lado, se observa que existe un aumento significativo ($p > 0,05$) en el porcentaje de liberación cuando la matriz presenta un 2% de pectina en su composición, comparada con aquellas que tienen un 6% de pectina. Este resultado demostraría que al aumentar la cantidad de pectina en la matriz se reduce la liberación del AA desde la misma.

5. Conclusiones

El presente estudio muestra que el ácido ascórbico se incorporó en el interior de las matrices híbridas biopolímero-sílice, cuya porosidad interconectada constituye un sistema de transporte para el AA que además regula su liberación. Estos resultados demuestran que las matrices híbridas diseñadas podrían constituir una posible aplicación en el desarrollo de envases para alimentos fortificados o como soporte para liberación controlada de ácido ascórbico.

6. Bibliografía

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Method 967.22, 18th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA, AOAC International.

Castelvetto, V., Vita, C. (2004) Nanostructured hybrid materials from aqueous polymer dispersions. *Adv. Coll. Interface Sci.*, 108: 167–185.

Chernev, G.E., Samuneva, B.I., Djambaski, P.R., Salvado I.M., Fernandes, H.V. (2006) Silica hybrid nanocomposites *CEJC* 4(1): 81–91.

Desai, K.G.H., Park, H.J. (2005) Encapsulation of vitamin C in tripolyphosphate cross-linked chitosan microspheres by spray drying. *Journal of Microencapsulation* 22(2): 179–192.

Haas, K.H., and K. Rose, K. (2003) Hybrid inorganic/organic polymers with nanoscale building blocks: precursor, processing, properties and application. *Rev. Adv. Mat. Sci.* 5: 47–52.

- Livage, J., Coradin, T., Roux, C. (2001) Encapsulation of biomolecules in silica gels. *J. Phys.: Condensation Materials* 13: 673–691.
- Mishra, R.K., Datt, M., Banthia, A.K. (2008) Synthesis and Characterization of Pectin/PVP Hydrogel Membranes for Drug Delivery System. *AAPS PharmSciTech* 9(2): 395-403.
- Pope, E.J. (1999). Gel encapsulated microorganisms: *saccharomyces cerevisiae* – silica gel biocomposites, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*4: 225–229.
- Rios, X., Moriones, P., Echeverría, J., Luquín, A., Laguna, M., Garrido, J. (2011) Characterisation of hybrid xerogels synthesised in acid media using methyltriethoxysilane (MTEOS) and tetraethoxysilane (TEOS) as precursors. *Adsorption* 17: 583–593.
- Shchipunov Y.A., Karpenko, T., Bakunina, I., Burtseva, Y., Zvyagintseva, T. (2004) A new precursor for the immobilization of enzyme inside sol – gel derived hybrid silica nanocomposite containing polysaccharides. *J. Biochem. Biophys. Methods* 58:25–38.
- Sriamornsak, P.,(2003) Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review, *Silpakorn University International Journal* 3: 206-228.

72TCA. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE ESTEARINAS DE UNA NUEVA VARIEDAD DE ACEITE DE GIRASOL ALTO ESTEARICO ALTO OLEICO COMO ALTERNATIVAS A LAS GRASAS TRANS

RINCÓN CARDONA, J.A.¹; CANDAL, R.J.^{1,2}; HERRERA, M.L.³

¹ Universidad Nacional de Gral. San Martín, Escuela de Ciencia y Tecnología, Campus Miguelete, Edificio Tornavías, Martín de Irigoyen 3100, (1650) San Martín, Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), Ciudad Universitaria, Pab II, (1428) Buenos Aires, Argentina

³ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria. (1428). Buenos Aires, Argentina. TEL/FAX: 0054114576 – 3366. E-mail: lidia@di.fcen.uba.ar

Resumen: Dados los estudios científicos que han demostrado los efectos adversos sobre la salud cardiovascular que tienen las grasas *trans*, los distintos países han reglamentado la forma de informar el contenido de las mismas en las etiquetas de los alimentos. Esta legislación obligó a las industrias productoras de alimentos a eliminar o limitar el uso de estas grasas. Una de las alternativas para reemplazar las grasas *trans* es la utilización de nuevas variedades de aceites que confieran a los productos que las contengan en su formulación las mismas propiedades organolépticas y fisicoquímicas que las que le dan las grasas que reemplazan. Dichas propiedades fueron analizadas para una nueva variedad de aceite de girasol sembrada en las cercanías de Balcarce. Es una variedad de girasol no transgénico que posee una alta concentración de los ácidos oleico y esteárico lo cual le brinda las características ideales para sustituir los aceites hidrogenados en una gran variedad de alimentos. Se analizaron dos fracciones de este aceite de girasol, la fracción obtenida por cristalización por temperatura (Esterina Blanda) y la fracción obtenida por cristalización de solvente (Esterina Dura). Se estudió el contenido de sólidos por resonancia magnética nuclear (RMN) de baja resolución cristalizando las estearinas en forma isotérmica a temperaturas de 5, 10, 15, 20 y 25 °C para la estearina blanda y 10, 15, 20, 25 y 30 °C para la estearina dura, así mismo se realizó también la determinación de sólidos (SFC) por RMN empleando el método AOCS Cd 16b-93 I y II revisado en 1997. Se caracterizaron los puntos de fusión de los sólidos formados después de cristalizar isotérmicamente a las temperaturas mencionadas durante los mismos tiempos que se emplearon en los ensayos de RMN.

1. Introducción:

Recientes estudios han demostrado los efectos adversos sobre la salud cardiovascular que tienen las grasas *trans*. Estos estudios han conducido a que la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos publique una resolución vigente a partir del 1 de Enero de 2006 en la cual declara obligatorio incluir el contenido de isómeros *trans* en las etiquetas de los alimentos en una línea separada inmediatamente por debajo de los ácidos grasos saturados. En Diciembre de 2005 una reglamentación similar se había aprobado en Canadá. Esta obligación también rige en el MERCOSUR desde el 1 de Agosto de 2006. Muchos otros países también han publicado normas relativas a los isómeros *trans* y algunos de ellos como Dinamarca han establecido límites máximos que son menores que para los ácidos grasos saturados. La organización Mundial de la Salud ha recomendado consumir productos con valores menores al 1%. En la República Argentina, el Código Alimentario Argentino mediante la Resolución Ministerial 137/10 establece que

el contenido de ácidos grasos *trans* de producción industrial en los alimentos no debe ser mayor a 2% del total de grasas en aceites vegetales y margarinas destinadas al consumo directo y a 5% del total de grasas en el resto de los alimentos. Esta legislación ha limitado la utilidad del proceso de hidrogenación. Se han intentado diversas alternativas para reemplazar los aceites hidrogenados de las formulaciones. Entre ellas las cuatro fuentes principales son grasas que naturalmente son semisólidas, aceites interesterificados, modificar aceites parcialmente hidrogenados y nuevas variedades de aceites. Las nuevas materias grasas deben brindar a los productos con ellas formulados las mismas propiedades organolépticas y físicoquímicas que les confieren las grasas que reemplazan Quast et al., (2011). Algunos productos se han logrado formular con aceites líquidos pero otros requieren de un determinado contenido de sólidos para poseer las características reológicas adecuadas Bottello et al., (2011). Recientemente se ha sembrado en las cercanías de Balcarce una variedad de girasol no transgénico que posee una alta concentración de los ácidos oleico y esteárico. Si bien es un líquido a temperatura ambiente posee un gran potencial para ser fraccionado y empleado en la formulación de productos dado su elevado contenido de ácido esteárico. El ácido esteárico no modifica los niveles de colesterol como es el caso del ácido palmítico que es considerado hipercolesterolémico, con lo que esta variedad de girasol constituiría una mejor opción que el aceite de palma. Argentina es un país formador de precios en girasol siendo uno de los principales productores. Esta variedad tiene un enorme potencial para exportación a mercados como Estados Unidos que consumen el 10% de las grasas que se producen en el mundo y que están buscando alternativas para reformular productos grasos. Este aceite se ha lanzado al mercado en el año 2010 y existe escasa literatura sobre sus propiedades.

2. Objetivos:

Describir las propiedades físicoquímicas de las fracciones obtenidas por cristalización de aceite de girasol. Se estudiará la composición química, el contenido de grasa sólida y comportamiento térmico con el fin de determinar su funcionalidad para distintos productos.

Materiales:

Muestra de aceite

La muestra de aceite de girasol alto oleico alto esteárico se cristalizó de dos formas: en forma isotérmica por temperatura y de solvente. En la primera experiencia se obtuvo una fracción de menor punto de fusión llamada estearina blanda y en la segunda una fracción más pura de mayor punto de fusión llamada estearina dura. La composición en triglicéridos se realizó según el método de Salas et al., (2011). Los resultados para ambas estearinas se presentan en la Tabla 1.

3. Metodología:

Caracterización de las fracciones

Medición del contenido de grasa sólida (SFC) isotérmico en tiempo real

La determinación del contenido de sólidos se realizó en un equipo de RMN de baja resolución Minispec Bruker mq20 aplicando el método directo que se basa en el cálculo directo de la proporción entre la fase sólida y la fase líquida de la muestra. Las dos fracciones fueron fundidas en un baño de agua a 100°C durante 15 minutos para eliminar la historia cristalina de la muestra, luego mantenidas a 60°C durante 10 min y posteriormente se colocaron en un baño con control de temperatura a cada una de las temperaturas de

crystalización y se midió SFC durante 120 minutos a intervalos regulares hasta los 120 minutos.

Tratamientos térmicos indicados en los métodos AOCS Cd 16b-93 I y II (AOCS, Official methods 1997)

Método I Grasas y aceites sin templado.

La muestra se fundió a 100°C y se mantuvo durante 15 minutos a esta misma temperatura, a continuación se colocó durante 5 minutos a 60°C, posteriormente se llevó a 0°C durante 60 +/- 2 minutos y finalmente se mantuvo de 30 a 35 minutos a cada una de las temperaturas seleccionadas: 5, 10, 15, 20 y 25°C para estearina blanda y 10, 15, 20, 25 y 30° para estearina dura.

Método II Estabilización de grasas de chocolatería.

La muestra se fundió a 100°C y se mantuvo durante 15 minutos a esta misma temperatura, a continuación se colocó durante 5 minutos a 60°C, posteriormente se llevó a 0°C durante 90 +/- 5, después se templó a 26°C durante 40 +/- 0.5 horas, inmediatamente se trasladó a 0°C y se mantuvo allí durante 90 +/- 5, minutos y finalmente se colocó 60 a 65 minutos a cada una de las temperaturas seleccionadas.

Estudio del comportamiento térmico

Se determinaron los puntos de fusión para cada una de las fracciones utilizando un calorímetro diferencial de barrido (DSC) Metter Toledo 822°. Los resultados se evaluaron empleando un software para análisis térmico Stare. Las muestras se colocaron en la heladera por una semana y se fundieron en el DSC a 5°C/min calentando hasta 60°C para borrar la historia térmica. Luego se cristalizaron a 10°C/min enfriando hasta la temperatura seleccionada. Se mantuvieron en forma isotérmica por un intervalo de tiempo y se fundieron nuevamente a 5°C/min determinándose los puntos de fusión inicial y luego de fundir y re-cristalizar. Se informan en este trabajo las determinaciones para la estearina dura realizadas a temperaturas de cristalización de 10 y 25°C y tiempos de 50 y 100 minutos respectivamente, y de la estearina blanda cristalizada a temperaturas de 5 y 19°C y tiempos de 50 y 115 minutos respectivamente. Todas las mediciones se realizaron en cápsulas de aluminio de 40 µl selladas herméticamente y utilizando una cápsula vacía y perforada como referencia.

4. Resultados y discusión:

La **Tabla 1** muestra la composición en triglicéridos de las dos estearinas de girasol obtenidas. En ambas estearinas los triglicéridos mayoritarios fueron POS, SOS, SOO, OOO, SOA, SOB y la estearina blanda presentó una cantidad mayor al 2% de OOB. En manteca de cacao POS, SOS y SOO son los tres triglicéridos principales y representan más del 90%. En esta variedad de girasol es muy llamativa la presencia de triglicéridos del ácido graso araquídico (A) de 20 carbonos y behénico (B) de 22 carbonos. Estos ácidos grasos de cadena larga no se presentan en cantidades apreciables en el girasol tradicional (alto linoleico) que es el cultivo mayoritario en Argentina. Dada su longitud de cadena presentan puntos de fusión superiores a los triglicéridos C18 o C16. Si bien no superan el 10% es esperable que modifiquen el comportamiento de cristalización de los tres triglicéridos que se espera le confieran propiedades semejantes a la manteca de cacao (POS, SOS y SOO).

Tabla 1. Composición en triglicéridos de las dos estearinas de girasol obtenidas

TAG	% TAG para la Estearina Dura.	% TAG para la Estearina Blanda.	% TAG saturados e insaturados para Estearina Dura.	
			SUS	81,4
POP	0,4	0,6	SUS	81,4
POSt	9,3	7,4	SUU	11,2
POO	1,6	5,4	UUU	7,3
POL	0,2	0,5	S: Saturado.	
StOSt	54,6	23,7	U: Insaturado.	
StOO	7,5	22,3	% TAG saturados e insaturados para Estearina Blanda.	
OOO	6,1	22,8		
StOL	0,8	2,1		
OOL	0,9	3,3		
OLL	0,3	0,7		
StOA	8,0	3,6	SUS	38,8
OOA	0,5	1,6	SUU	34,3
StOB	9,2	3,5	UUU	26,9
OOB	0,7	2,3	S: Saturado.	
			U: Insaturado.	
P: Palmítico. O: Oleico. St: Estearico.				
L: Linoleico. A: Araquidónico. B: Behénico.				

La **Figura 1** muestra los resultados obtenidos al cristalizar la estearina blanda isotérmicamente a 5, 10, 15, 20 y 25°C y la **Figura 2** los resultados para estearina dura cristalizada a 10, 15, 20, 25 y 30°C. A todas las temperaturas ensayadas excepto 20 y 25°C para estearina blanda y 30°C para estearina dura, la velocidad de cristalización fue alta.

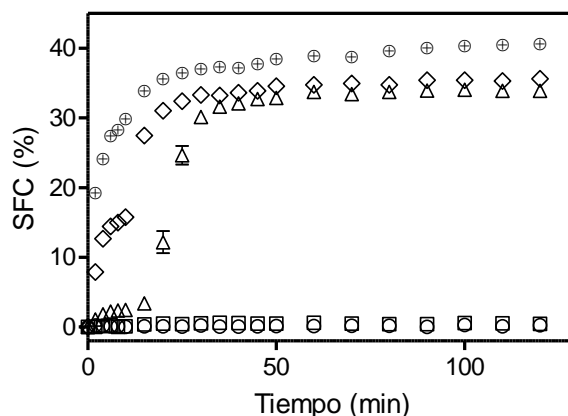


Figura 1. Estearina blanda a 5(○), 10(□), 15(Δ), 20(◇) y 25 °C (⊕) cristalizada isotérmicamente.

Notoriamente a 20 y 25°C para estearina blanda y 30°C para estearina dura no se registró un porcentaje de cristalización mayor a 2% luego de 120 min, lo que no era esperable. La estearina dura cristalizada a 25°C mostró un comportamiento intermedio. Al comienzo no cristalizó un porcentaje mayor a 2% y luego de 70 min a 25°C comenzó a cristalizar rápidamente.

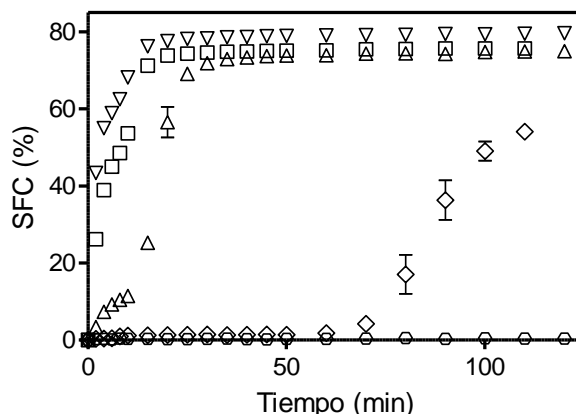


Figura 2. Estearina dura a 10(∇), 15(□), 20(Δ), 25(◇) y 30 °C (○) cristalizada isotérmicamente.

Para explorar en más profundidad el comportamiento de cristalización, se midió el SFC a distintas temperaturas por el método oficial de la AOCS Cd 16b-93 siguiendo tanto el protocolo I como el II.

Tabla 2. Contenido de grasa sólida de la estearina blanda

Temperatura	SFC		
	Método I	Método II	(SFC _{Max} /SFC _{Met.II}) X 100
5°C	53,34	44,67	91,47
10°C	48,13	38,85	91,66
15°C	39,94	29,05	116,72
20°C	28,07	24,61	1,86
25°C	22,52	19,31	1,19

Tabla 3. Contenido de grasa sólida de la estearina dura

Temperatura	SFC		
	Método I	Método II	(SFC _{Max} /SFC _{Met.II}) X 100
10°C	83,01	77,02	103,41
15°C	80,41	75,81	99,85
20°C	75,25	73,96	101,32
25°C	69,96	71,57	75,56
30°C	62,11	62,82	0,66

La **Tabla 2** resume los valores medidos para estearina blanda y la **Tabla 3** para estearina dura. Como se muestra en la Tabla 2, el contenido máximo de sólidos a 20 y 25°C (SFC_{Max}) representó un 1,86 y 1,19%, respectivamente, del obtenido luego de aplicar la secuencia temperatura/tiempo indicada en el método II (SFC_{Met.II}, grasas de chocolatería). La Tabla 3 muestra un comportamiento similar para estearina dura a 30°C y un valor intermedio (75,56) para 25°C. Esto indica claramente que las estearinas tienen dificultades para cristalizar a partir de una cierta temperatura. Estos resultados son muy relevantes para el proceso de producción de chocolates u otros subproductos.

La **Figura 3** muestra el comportamiento térmico de la estearina blanda fundida y re-cristalizada como se indicó en la sección materiales y métodos. La **Tabla 4** resume los puntos de fusión obtenidos tanto en la fusión inicial como luego de la re-cristalización

isotérmica. Como muestra la **Tabla 4** los puntos de fusión luego de fundir y re-cristalizar fueron significativamente más bajos que los puntos de fusión obtenidos al fundir una muestra almacenada en la heladera por una semana.

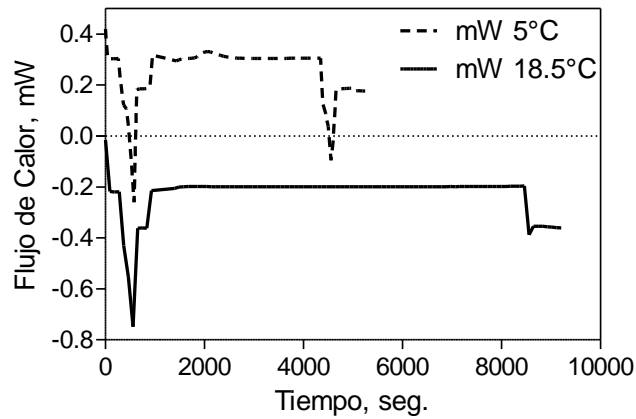


Figura 3. Estearina blanda analizada por calorimetría diferencial de barrido: fundida y re-cristalizada isotérmicamente a 5 y 18,5°C y posteriormente fundida.

Tabla 4. Puntos de fusión de la estearina blanda después de ser almacenadas por 1 semana a 5°C y luego de ser re-cristalizadas a 5 y 18,5°C

Estearina Blanda	Temperatura de Fusión Después de Almacenar 1 Semana a 5°C	Temperatura de Fusión Luego de Recristalizar las Muestras en el DSC
5°C	33°C	25°C
18,5°C	32°C	24°C

La estearina dura presentó el mismo comportamiento. La **Figura 4** y **Tabla 5** resumen estos resultados. Las temperaturas de fusión fueron significativamente más bajas que luego de almacenar la muestra a 5°C por una semana.

El comportamiento térmico analizado por DSC muestra claramente que la forma polimórfica que cristaliza durante el almacenamiento es distinta que la obtenida al re-cristalizar en el DSC. La forma presente en las estearinas almacenadas es más estable y probablemente sea la beta por el punto de fusión obtenido. La forma obtenida al re-cristalizar es la beta prima y en el caso de la estearina dura la diferencia entre los puntos de fusión obtenidos a 10 y 25 °C (30 y 32,5°C) indicaría la existencia de dos formas beta prima.

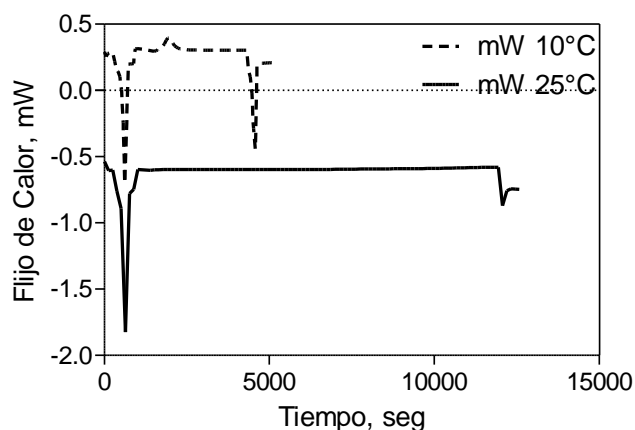


Figura 4. Estearina dura analizada por calorimetría diferencial de barrido: fundida y re-cristalizada isotérmicamente a 10 y 25°C y posteriormente fundida.

Tabla 5. Puntos de fusión de la estearina dura después de ser almacenadas por 1 semana a 5°C y luego de ser re-cristalizadas a 10 y 25°C

Estearina Dura	Temperatura de Fusión Después de Almacenar 1 Semana a 5°C	Temperatura de Fusión Luego de Recristalizar las Muestras en el DSC
10°C	37,5°C	30°C
25°C	38°C	32,5°C

5. Conclusiones:

Los resultados encontrados en estos estudios muestran la importancia del polimorfismo en el comportamiento de estas estearinas. Algunas formas polimórficas cristalizan tan lentamente que solo se obtuvieron porcentajes de sólidos menores a 2% luego de 120 min a la temperatura de cristalización. Estos resultados deberán ser confirmados estudiando el comportamiento polimórfico por rayos X.

6. Bibliografía:

- AOCS, Official methods Cd 16b-93; Solid Fat Content (SFC) by low-resolution Nuclear Magnetic Resonance of the American Oil Chemists' Society. (Sampling and analysis of commercial fats and oils of the American Oil Chemists' Society, Champaign, 1997).
- Bootello, M.A.; Garcés R.; Martínez-Force, E.; Salas, J.J. (2011) Dry Fractionation and Crystallization Kinetics of High-Oleic High-Stearic Sunflower Oil. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1511–1519.
- Quast, L.B.; Luccas, V.; Kieckbusch, T.G. (2011) Physical properties of pre-crystallized mixtures of cocoa butter and cupuassu fat. *Grasas y Aceites*, 62(1), 62-67.
- Salas, J.J; Bootello, M.A.; Martínez-Force, E.; Garcés R. (2011) Production of stearate-rich butters by solvent fractionation of high stearic–high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* 124, 450–458.

73TCA. ANALISIS DE FRUTOS DE MISTOL (*Zizyphus Mistol* Griseb)

CASTAÑO, C.A; BARRIONUEVO, M.J

Química Orgánica. Dpto. Ing. Química. Facultad Ciencias Exactas y Tecnología. UNT.
Av. Independencia 1900. San Miguel de Tucumán. Tucumán. (4000).

mjbarrionuevo@yahoo.com.ar, agus_clara_17@hotmail.com

Resumen: En los últimos años, se ha intensificado la tendencia de buscar y consumir alimentos saludables. Esto implica la necesidad de conocer y estudiar los frutos que presenta el NOA.

En este trabajo se ha analizado una especie autóctona (mistol) del NOA, pertenece a la familia Rhamnaceae, su nombre científico es *Zizyphus mistol Griseb*.

El objetivo fue determinar la composición proximal de los frutos de mistol recolectados en Santiago del Estero con el fin de determinar los productos naturales que se podrían obtener del Mistol (*Zizyphus mistol Griseb*) para utilizarlos en la alimentación humana.

Los frutos recolectados fueron desecados en estufa a 60°C. Se determinó: humedad (H), proteínas (Pr), lípidos (Lp), cenizas (Cn), determinación de Na y K, por método de absorción atómica, determinación de Ca y Mg con métodos de valoración complexométrico, fibra dietaria total (FDT) empleando el Kit TDFAB-Z. Y el contenido de ácidos grasos empleando métodos AOAC.

Los hidratos de carbono (HC) se obtuvieron por diferencia y los porcentajes se refieren a peso seco del fruto. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Los resultados del análisis proximal de los frutos con semilla y sin semilla.

Los frutos sin semillas desecados en estufa dieron en (%): 12,57H; 8,11Pr; 3,68Lp; 47,41HC; Cn 4,53; 23,40FDT; en mg/g 0,685Ca; 1,435Mg; 0,914Na y 43,812K; mientras que las semillas contenían 25,76H; 4,48Pr; 5,56Lp; 23,27HC; 1,78Cn; en mg/g 2,745Ca; 0,631Mg; 4,915Na y 18,362K.

Los análisis de los frutos completo perfil ácidos grasos: 2,2 C14:0; 19,6 C16:0; 12,1 C16:1; 15,3 C18:0; 46,4 C18:1; 4,7 C18:2; 1,7 C18:3; 2,5 C20:0 y 2,4 C20:1. ARD%: 32,45 y ART %: 37,61

Estos resultados permitirán prever que se podrían elaborar diferentes productos alimenticios con el propósito de lograr un aprovechamiento integral de estos frutos autóctonos.

1. Introducción

Descripción general del mistol

Nombre común: Mistol

Nombre científico: *Zizyphus mistol*. Familia: Rhamnaceae.

Árbol de la familia de las Rhamnaceae típico del parque chaqueño, abundante en el Chaco Austral y las zonas bajas del NOA así como la región septentrional de la provincia argentina de Córdoba, además de Perú, Bolivia y Paraguay.

Árbol de 4 a 9 m de altura de tronco gris plateado y ramas superiores retorcida y con abundantes espinas rectas y fuertes, follaje semipersistente. Hojas alternas y simples. Los frutos son drupas de color rojo intenso a pardo, de unos 15 mm de diámetro. Florece durante la primavera meridional (entre octubre y diciembre) y fructifica en el verano Meridional (entre diciembre y marzo). Es una especie autóctona, se encuentra principalmente en la provincia de Santiago del Estero (Giménez & Moglia, 2003). Por su

elevado contenido azucarado se usan para fabricar arropes, golosinas y en herboristería (Domínguez, 1928 y Biloni, 1990).

2. Objetivos

Se determinó la composición proximal de los frutos de mistol recolectados en Santiago del Estero con el fin de determinar los productos naturales que se podrían obtener del Mistol (*Zizyphus mistol* Griseb) para utilizarlos en la alimentación humana.

3. Materiales y Métodos

Todos los frutos recogidos en Santiago del Estero fueron desecados en estufa a 60 °C. Los porcentajes se refieren a peso seco del fruto y todos los análisis se realizaron por triplicado. Se emplearon las técnicas según se indican en los métodos oficiales de AOAC (1995).

Humedad (H) por desecación en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Proteínas (Pr): Se determinó %N2 por método de Kjeldahl. %Pr = 6,25*%N2

Lípidos (Lp) por extracción con éter de petróleo por el método de Soxhlet (60-80°C)

Cenizas (Cn) por incineración en mufla a 550°C.

Los hidratos de carbono (HC) se obtuvieron por diferencia $HC(\%) = 100 - (H+Pr+Lp+Cn+FDT)$.

Minerales:

Determinación de Na y K, por método de absorción atómica.

Determinación de Ca y Mg con métodos de valoración complexiométrica

Fibra dietaria total (FDT) con el kit TDFAB-Z.

Ácidos grasos metilados de los lípidos de los frutos de mistol: se empleó la norma española UNE 55-037.73 del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (Aenor, 1991)

Perfil de ácidos grasos de semillas del fruto de mistol: Se analizaron los ésteres metílicos de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa por el método AOAC 963.22 (AOAC Internacional, 1995). Cromatógrafo Gaseoso Agilent 6890 System Plus con inyector automático y detector de ionización de llama (FID). Sistema de inyección Split. Columna capilar de 30 ml*250 µm I.D, 0.25 µm e_f HP-INNOWAX.

4. Resultados

En la tabla 1 se observan los valores obtenidos del análisis proximal. El fruto de mistol tiene un aceptable contenido de proteína, buen contenido de hidratos de carbono

En tabla 2 se puede ver el valor de la fibra dietaria total tanto en cáscara como semilla tiene un alto contenido.

Tabla 1. Composición proximal de los frutos, separados sin semilla (cáscara y pulpa) y semilla del mistol.

Muestras		H	Pr	Lp	Cn	HC
Frutos de Mistol	Sin Semilla	12,57±0,9	8,11±1,3	3,68±1,2	4,53±1,3	47,41
	Semillas	25,76±0,6	4,48±0,9	5,56±1,1	1,78±0,9	23,27

*Nota: Los valores son el promedio aritmético \pm S.D., n=3 con un intervalo de confianza (CI) del 95%.

Tabla 2. Fibra dietaria total del fruto mistol y sólidos solubles

Muestras		FDT%
Frutos de Mistol	Sin Semilla	23,40
	Semillas	39,15

En tabla 3 se observan los altos valores de los minerales que contienen los frutos de mistol, lo cual indica gran utilidad en la alimentación humana.

Tabla 3. Minerales de los frutos de mistol

Minerales	Ca[mgr/gr]	Mg[mgr/gr]	Na[mgr/gr]	K[mgr/gr]
Sin Semilla	0,69	1,44	0,92	43,81
Semilla	2,75	0,63	4,91	18,36

En cuanto a los a los ARD y ART del fruto completo de mistol por el Método de Lane y Eynon(Fehling, modificado Causse-Bonans)

ARD%: 32,45

ART %: 37,61

En la tabla 4 podemos observar que la composición de los ácidos grasos de los lípidos metilados de los frutos de mistol tienen un mayor contenido en ácidos grasos insaturados y poliinsaturados; en especial los ácidos linoleico y linolénico esenciales para nuestra alimentación

Tabla 4. Ácidos grasos de los lípidos metilados obtenidos de los frutos de mistol determinado por CG, método Cis-trans para muestras diluidas, split 1/2.

Ácidos grasos	Porcentaje en peso
Ácido mirístico C14:0	2,2
Ácido palmítico C16:0	19,6

Ácido palmitoleico C16:1	12,1
Ácido esteárico C18:0	15,3
Ácido oleico C18:1	46,4
Ácido linoleico C18:2	4,7
Ácido linolénico C18:3	1,7
Ácido araquídico C20:0	2,5
Ácido godoleico C20:1	2,4

De los resultados obtenidos puede observarse que los frutos de mistol poseen un importante aporte de fibras y minerales, aceptable contenido de proteínas y un alto contenido de ácidos grasos insaturados, todos estos elementos relevantes en la alimentación humana

5. Conclusiones

Mediante este estudio se logró obtener la composición del fruto de este árbol autóctono de la región NOA argentina. De los resultados obtenidos se observa que los frutos de mistol tienen un alto contenido de ácidos grasos insaturados y poliinsaturados y entre ellos se encontraron los ácidos linoleico y linolénico que tienen la característica de ser ácidos grasos esenciales en nuestra alimentación humana.

Se prevé realizar la extracción de la fibra y potasio para estudiar sus propiedades funcionales y permitirá proyectar productos alimenticios nuevos conteniendo este fruto silvestre con el propósito de lograr un aprovechamiento integral de este árbol autóctono.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Dra. Norma Samman por la realización de los análisis de los ácidos grasos en la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de Jujuy, y determinación de fibra dietaria total en la Facultad de Bioquímica de la Universidad Nacional de Tucumán

Se agradece la colaboración al Ing. Alejandro Álvarez por la determinación de los minerales en la cátedra de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán.

6. Referencias bibliográficas

- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 1995. 16th Edition.
- Barbarán F. R. 1997. Recursos Alimenticios Derivados de la Caza, Pesca y Recolección de los Wichi del Río – Pilcomayo (Provincia de Salta, Argentina) Red de Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo. CONICET. UNSa. <http://theomai.unq.edu.ar/artbarbaran01.htm>

- Biloni, J. S. 1990. Árboles Autóctonos Argentinos. Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires. Argentina.
- Pearson, D. 1993. Técnicas de Laboratorio para el análisis de alimentos. Ed. Acribia. España. Capítulo 2, pp39-91.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. 1998. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/redes/sisag/arboles/Chi-geof.htm>.

74TCA. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE ALMIDÓN DE MAÍZ NORMAL Y CEREO EN PRESENCIA DE MUCILAGO DE TUNA, GOMA GUAR Y GOMA XANTICA

VISAKH P.M.*, RIBOTTA P.** , ITURRIAGA L.***

* Centre for Nanoscience and Nanotechnology, School of Chemical Science, Mahatma Gandhi University, Priyadarshini Hills P. O., Kottayam, Kerala, India

** Instituto Superior de Investigación, Desarrollo y Servicios en Alimentos, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, CP 5000, Argentina, pribotta@agro.unc.edu.ar

*** Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA) – Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA) - Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) - litur@unse.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se estudió el efecto de goma guar (GG), goma xántica (GX) y mucilago de tuna (*Opuntia ficus indica* L. Mill) sobre las propiedades fisicoquímicas de sistemas en base a almidón normal de maíz (AMN) y almidón céreo de maíz (AMW). Se observó que el mucílago provoca un incremento de las propiedades viscoelásticas G' y G'' , y también de las temperaturas de transición del proceso de gelatinización (Falta poner delta H). Los ensayos de flujo indicaron que la presencia de mucílago modifica el comportamiento transiente típico de los sistemas en base a almidón, ya que la tixotropía evaluada como el área generada en las curvas de ascenso y descenso de velocidades de cizalla, se redujo a aproximadamente un 10% del valor original, indicando que el mucílago no establece interacciones con AMW. La fuerza de ruptura y la elasticidad/fragilidad de geles con AMN fueron determinados mediante ensayos de penetración. Los resultados indicaron que el mucílago disminuyó la fuerza de ruptura y produjo geles más frágiles, debido probablemente a que tampoco interactúa con AMN.

1. Introducción

Los polisacáridos (gomas) derivados de plantas, son empleados en la industria alimentaria como agentes espesantes o estabilizantes. El uso de goma guar o goma xántica, locust vean gum, goma arábica etc., y las interacciones con los componentes presentes en alimentos, son bien conocidos, y hay un interés permanente por nuevos hidrocoloides (Hallagan et al., 1997; Medina Torres et al., 2000). El mucílago de la tuna es un mucopolisacárido presente en células especializadas del tejido parenquimático de los cladodios (tallos) de la tuna (*Opuntia* spp.). Químicamente está compuesto por L-arabinosa, D-galactosa, D-xylosa, y L-rhamnosa como azúcares neutros en mayor proporción respecto del ácido D-galacturónico que se encuentra en menor cantidad (Trachtemberg y Mayer, 1982; Majdoub et al., 2001).

Por otro lado, el almidón es utilizado en la industria de los alimentos como ingrediente principal o como aditivo alimentario. En este último caso, el almidón es agregado como hidrocoloide, cumpliendo funciones relevantes en la texturización y palatabilidad de los alimentos que lo contienen (Burton, 1989).

En cualquiera de los casos, el inconveniente principal es el proceso de retrogradación y sinéresis que ocurre durante el almacenamiento. Para mejorar la textura, la retención de agua y la palatabilidad, se han desarrollado alimentos formulados con mezclas de almidón e hidrocoloides, entre los cuales la goma guar y la goma xántica aparecen como los más

comúnmente utilizados (Norton y Foster 2002). Sin embargo, no se registran estudios de mezclas almidón-mucílago de tuna.

2. Objetivo

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue estudiar las propiedades fisicoquímicas de sistemas almidón-mucílago en relación a sistemas almidón-goma guar y almidón-goma xántica.

3. Materiales y Métodos

El mucílago de tuna (M) fue obtenido por precipitación con alcohol etílico del exudado natural del tejido parenquimático de cladodios de dos años de edad según el proceso descrito por Quinzio y col (2009). Las muestras de AMN con contenido de amilosa del 22% p/p y de AMW con contenido de amilosa < al 1% p/p; y las de GG y GX, fueron provistos por la firma SIGMA Aldrich S.A. Se prepararon soluciones de GG, GX y M al 1% p/v, utilizando como solvente agua destilada. Cada hidocoloide seco, fue agregado sobre la cantidad calculada de agua destilada y homogeneizado a temperatura ambiente (excepto la GG que fue calentada a 80°C) hasta disolución completa. También se prepararon geles al 10% p/v de almidón (AMN) los cuales fueron gelatinizados en presencia de agua destilada o de soluciones al 1% de GG o GX durante 3 min en baño maría (~97°C), con agitación suave. Las pastas fueron vertidas sobre moldes adecuados para los ensayos reológicos (discos de 1 mm de espesor) y de textura (cilindros de 3 cm de diámetro y 20 mm de altura). Los sistemas en base a AMW no forman geles y por lo tanto no fue necesario moldear. Todas las muestras una vez gelatinizadas, fueron enfriadas en baño de agua a temperatura ambiente y permanecieron en reposo al menos de 2 h previo al ensayo. Las muestras moldeadas en forma de cilindros, fueron herméticamente cerradas y almacenadas en refrigerador a $4,5 \pm 0,5$ °C. Octuplicados de cada muestra, fueron ensayados en un texturómetro a los días 0, 1, 5 y 10.

Las mediciones reológicas se realizaron en Reómetro esfuerzo/deformación controladas TA Instruments - AR1000, con geometría plato – plato de acero inoxidable de 40 mm de diámetro. Todos los ensayos se realizaron a 25°C. El equipo es controlado por software TA Instruments – Water LLC, 109 Lukens Drive y el análisis de los datos mediante software Rheology Advantage Data Analysis, versión 5.2.18. La determinación de las propiedades viscoelásticas dinámicas fueron realizadas en dos etapas: a) un barrido de esfuerzo entre 0,1 – 300 Pa y a una frecuencia constante de 1 Hz para encontrar el rango viscoelástico lineal (RVL) y b) un barrido de frecuencia entre 0,1 – 10 Hz a un esfuerzo constante de 20 Pa (dentro del RVL) para obtener espectros mecánicos que caracterizan el comportamiento del sistema. A partir de este ensayo se obtuvieron los módulos G' (módulo de almacenamiento) G'' (módulo de pérdida) en función de la frecuencia.

Las propiedades de flujo se realizaron en muestras de AMW aplicando el siguiente programa: a) la velocidad de cizalla fue incrementada desde 0 s^{-1} hasta 300 s^{-1} en 3 min para obtener la curva ascendente; b) se mantuvo esta velocidad por 10 min para eliminar la tixotropía; c) la velocidad de cizalla disminuyó desde 300 s^{-1} a 0 s^{-1} en 3 min para obtener la curva descendente. Se verificó la eliminación de la tixotropía realizando una curva

ascendente inmediatamente finalizada la etapa c). Para el análisis de las curvas, se empleó el modelo de Ostwald de Weale o ley de la potencia.

$$\tau = K \cdot \gamma^n$$

Donde τ = esfuerzo de corte [Pa]; K = coeficiente de viscosidad [Pa.sⁿ]; γ = velocidad de cizalla [1/s]; n = índice de comportamiento de flujo [adimensional].

La determinación de la fuerza y la elasticidad de geles de AMN fueron realizadas en texturómetro TAXTPlus Stable MicroSystems mediante un ensayo de penetración aplicando una velocidad de ensayo de 0,8 mm/s y una distancia de penetración de 8 mm. La fuerza del gel fue determinada como el punto máximo de la curva de fuerza- distancia y la elasticidad como la distancia a la cual se observó el máximo. Se empleó probeta P0.5R.

El efecto de las gomas sobre las propiedades de gelatinización de AMN y AMW fue llevado a cabo en un Calorímetro Diferencial de Barrido METTLER – DSC 823e/500/512 controlado por el software METTLER-STARE Default DB V900-STARE. Las muestras se prepararon agregando en cápsulas de aluminio de 100µg, pesando almidón y agregando agua destilada con una microjeringa para obtener una relación de 60:40 p/p (agua:almidón). Se dejó en reposo durante 24hs. Posteriormente se calentó la cápsula desde 25°C hasta 120 °C a una velocidad de $\beta=10^\circ\text{C}/\text{min}$. De los termogramas obtenidos se extrajeron los siguientes datos: la temperatura de inicio (T_o), la temperatura de finalización (T_f), la temperatura de gelatinización (T_G) y la entalpía de gelatinización (ΔH_G). Se empleó como referencia una cápsula vacía (aire).

4. Resultados y Discusión

Reometría dinámica

La Figura 1 muestra los espectros mecánicos correspondientes a geles y pastas formados por AMN y AMW en agua y en soluciones de GG, GX y M. En la misma se puede observar un comportamiento tipo gel para todos los sistemas formados con AMN ya que G' fue independiente de la frecuencia y más alto que G'' en todo el espectro de frecuencias. Por otro lado, un comportamiento diferente se observa para los sistemas que contienen AMW. Estos espectros muestran a G' mayor que G'' pero con una dependencia de G' y G'' con la frecuencia comportamiento asociado a sistemas macromoleculares con poca interacción entre sí (Alloncle y Doublier 1991). Este resultado responde al comportamiento característico de sistemas en base a almidón normal y almidón céreo. Mientras que la presencia de la amilosa en los primeros hace posible el desarrollo de un gel, su ausencia en los segundos contribuye a un comportamiento propio de macromoléculas flexibles que interactúan débilmente entre sí (Miles et al, 1985; Morris 1990).

En la misma Figura es posible observar que en todos los casos, la presencia de los hidrocoloides produjo un incremento del valor de ambos módulos, respecto del sistema sin hidrocoloide (AMN o AMW). Sin embargo, no todas las gomas produjeron el mismo efecto. Mientras que GG y GX produjeron el mayor incremento de G' y G'' , en AMN, M fue el que presentó el efecto menos pronunciado. Este efecto no fue observado en los sistemas con AMW, en donde la GX fue la que mostró el incremento más pronunciado, y GG y M el menor. Por otro lado, la presencia de hidrocoloides, no modificó

sustancialmente el comportamiento de los sistemas en ninguno de los casos a excepción de la GG que presenta cambios en la $\tan \delta$ respecto del sistema sin hidrocoloide en el sistema con AMN.

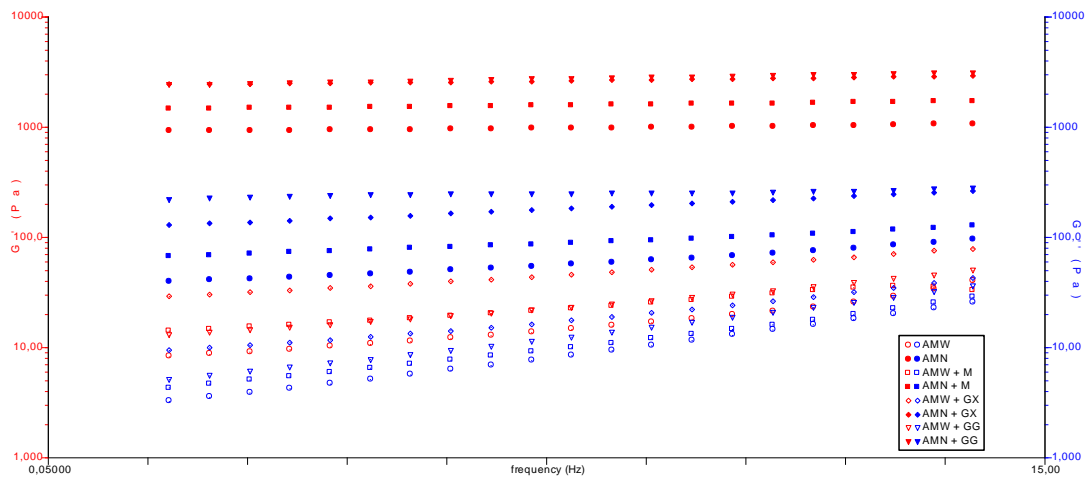


Figura 1: reogramas de frecuencia correspondientes a geles al 10% p/v de AMN, AMN + GG, AMN + GX y AMN + M y de pastas al 10% p/v de AMW, AMW + GG, AMW + GX y AMW + M. En la Figura se representa el valor medio de dos réplicas.

Propiedades de flujo de sistemas con AMW

La Tabla 1 muestra los parámetros del modelo de Ostwald de Waele aplicado a las curvas de flujo que resultan luego de haber eliminado la tixotropía en sistemas en base a AMW. En la misma se muestra que K se incrementó con la presencia de GG y GX pero disminuyó en presencia de M. Todos los sistemas mostraron un valor de $n < 1$ correspondiente a un comportamiento pseudoplástico, es decir que la viscosidad aparente disminuye con el incremento de la velocidad de cizalla. La Tabla también muestra el valor del área encerrada en el “loop” de histéresis tixotrópico formado por la curva ascendente y descendente y que representa la energía consumida en eliminar la “estructura” presente en el sistema (Steffe, 1996). Los resultados indican que GG contribuyó a formar estructura adicional respecto de AMW y que GX interfirió la formación de esa estructura. Se observa además que la muestra de M fue la que más disminuyó el valor de la tixotropía, prácticamente eliminándola respecto de AMW. El comportamiento no-newtoniano, pseudoplástico y dependiente del tiempo del almidón gelatinizado ha sido extensamente estudiado y se debe a la ruptura de los enlaces (uniones puente hidrógeno) establecidos entre la fase dispersa (gránulos hinchados) y los componentes de la fase continua viscosa (amilosa y moléculas pequeñas de amilopectina) lixiviadas, por efecto del tiempo de aplicación de esfuerzos de cizalla (Nguyen et al., 1998). Cuando en este sistema aparece un tercer componente, el resultado es dependiente de las nuevas interacciones formadas. El resultado encontrado en este trabajo, estaría indicando que tanto GG y GX interactuaron con los componentes del sistema. Contrariamente, la muestra de M no estableció interacciones, interfiriendo las que ocurren en forma natural, por lo que la presencia de mucílago de tuna, en las proporciones y concentración ensayadas en este trabajo, no solamente disminuyó el coeficiente de viscosidad “K” sino que prácticamente eliminó el comportamiento dependiente del tiempo de almidón céreo.

Tabla 1: parámetros correspondientes al modelo de Ostwald de Waele

	AMW*	AMW + GG*	AMW + GX*	AMW + M*
“K” [Pa.s]	20,2	40,6	67,6	15,5
“n” [adim]	0,51	0,54	0,42	0,49
Tixotropía [Pa/s]	35760	48800	24890	4771

* Valores medios de dos réplicas. Desviaciones estándar no mostradas. % CV menores al 10%.

Analisis de penetración de geles de AMN e hidrocoloide

La Tabla 2 muestra el efecto de la presencia de GG, GX y M sobre la fuerza de ruptura de geles de AMN durante el almacenamiento refrigerado. En primer lugar se observa que la Fuerza de ruptura se incrementa en función del tiempo, lo cual responde a los cambios estructurales que ocurren en los sistemas en base a almidón debido al proceso de retrogradación cuya velocidad se incrementa con el aumento del contenido de amilosa y con la disminución de la temperatura (Iturriaga y col, 2010). Además la presencia de GG y GX incrementaron la fuerza de ruptura respecto de AMN, mientras que la presencia de M la disminuyó. Este resultado estaría indicando que GG y GX refuerzan las interacciones de la matriz, mientras que M interfiere en las mismas.

Tabla 2: Fuerza de ruptura (F) de geles de almidón normal e hidrocoloides almacenados a 4,5±0,5 °C

F [g]*				
Día	AMN	AMN+GG	AMN+GX	AMN+M
0	82,2	95,9	113,1	65,9
1	82,9	86,8	141,2	61,3
5	189,7	174,5	240,5	163,1
10	356,6	306,8	319,8	328,8

* Valores medios de 8 réplicas. Desviaciones estándar no mostradas. % CV menores a 15%

La Tabla 3 muestra el efecto de los hidrocoloides sobre la elasticidad de los geles de AMN. La determinación de la elasticidad de un gel se mide como la distancia de penetración de la probeta sin que ocurra ruptura de un gel y por lo tanto cuanto más baja es ésta, más frágil es el gel. En concordancia con el análisis de la fuerza de ruptura, las elasticidades de todas muestras disminuyeron en función del tiempo de almacenamiento. Este resultado nuevamente se explica por la retrogradación del almidón. Por otro lado, y en concordancia con los resultados de los ensayos dinámicos de sistemas con AMN, la presencia de GX incrementó la elasticidad mientras que GG y M la disminuyeron en igual medida.

Tabla 3: Elasticidad/Fragilidad (E) de geles de almidón normal e hidrocoloides almacenados a 4,5±0,5 °C

E [mm]*				
Día	AMN	AMN+GG	AMN+GX	AMN+M
0	4,7	3,9	4,8	3,9
1	4,6	3,8	4,2	3,8
5	2,7	1,9	2,7	2,0
10	2,6	2,0	2,5	1,9

* Valores medios de 8 réplicas. Desviaciones estándar no mostradas. % CV menores a 15%

Propiedades de gelatinización

Las propiedades termofísicas debidas al proceso de gelatinización de sistemas con AMN y AMW y en presencia de hidrocoloides se muestran en la Tabla 4. En la misma se observa que la presencia de GG, GX y M produjo un corrimiento hacia la derecha en T_o , T_G y T_f respecto de AMN y AMW, el cual fue más pronunciado para GX. Este comportamiento es esperable teniendo en cuenta que el agua plastifica el proceso de gelatinización y que cuando esta no está disponible, el proceso ocurre en zonas de temperaturas más altas (Biliaderis, 1990). El efecto de los hidrocoloides fue el de disminuir el contenido de agua disponible (Ferrero et al., 1996). En relación al mucílago de tuna, el efecto fue más pronunciado en AMW que en AMN.

Tabla 4: Propiedades termofísicas correspondientes al proceso de gelatinización de sistemas en base a almidón e hidrocoloide, determinadas por DSC.

	AMN*	AMN + GG*	AMN + GX*	AMN + M*	AMW*	AMW + GG*	AMW + GX*	AMW + M*
T_o [°C]	67,3	66,5	68,3	67,1	66,7	67,4	69,2	68,0
T_G [°C]	72,1	71,8	73,23	72,7	72,9	73,9	75,3	74,6
T_f [°C]	80,1	80,8	81,8	81,2	90,7	86,4	90,8	87,9
ΔH_G [J/g]	9,8	10,2	10,1	9,9	15,8	11,9	10,5	12,5

* Valores medios de dos réplicas. Desviaciones estándar no mostradas. % CV menor al 7%.

5. Conclusiones

Los resultados encontrados en el presente trabajo, indican que el mucílago de la tuna reduce el contenido de agua disponible en los sistemas con almidón gelatinizado incrementando las propiedades viscoelásticas y las temperaturas de transición de fase. Sin embargo, la disminución de la consistencia, el cambio en el comportamiento dependiente del tiempo en AMW y el desarrollo de geles más frágiles en AMW indican que el mucílago no establece interacciones con los componentes del sistema. Estos efectos cobran importancia para el desarrollo de alimentos con aporte calórico y de baja consistencia tales como los destinados a patologías asociadas a problemas de deglución o en alimentos para bebés.

6. Bibliografía

- Alloncle, M; Doublier J. 1991. Viscoelastic properties of maize starch/hydrocolloid pastes and gels. *Food Hydrocolloids* Vol- 5 (5) pp: 455-467.
- Biladeris, K. 1990. Thermal analysis of food carbohydrates. In V.R. y Harwalkar & C. Y. Ma (Eds.), *Thermal analysis of food* (pp. 168–220). Elsevier Applied Science.
- Burton W. G. 1989. *The Potato* (Thd edition) Longman Scientific & Technical, Harlow.
- Ferrero C., Martino M, Zaritzky N. 1996. Effect of hydrocolloids on starch thermal transitions, as measured by DSC. *Journal of Thermal Analysis* 47, 1247-1266
- Hallagan, J. B., La Du, B. N., Pariza, M. W., Putnam, J. M., & Borzelleca, J. F. (1997). Assessment of cassia gum. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 625–632.
- Iturriaga L, Mishima B. L., Añon M.C. 2010. A study of the retrogradation process in five argentine rice starches. *LWT - Food Science and Technology* 43 (2010) 670–674

- Miles, M. J., Morris, V. J., Orford, P. D., & Ring, S. G. (1985). The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*, 135, 271–279.
- Morris, V. J. (1990). Starch gelation and retrogradation. Review. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 2–6.
- Quinzio C., Corvalán M., Lopez B., Iturriaga L Studying stability against coalescence in tuna (*Opuntia ficus indica*) mucilage emulsions. 2009 *Horticulturae Acta* 811: 427-43.
- Steffe J. M. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2th Ed. Freeman Press, USA. Pp: 27.
- Nguyen, Q. D., Jensen, C. T. B., & Kristensen, P. G. (1998). Experimental and modelling studies of the flow properties of maize and waxy maize starch pastes. *Chemical Engineering Journal*, 70, 165–171.
- Majdoub H, Rousdeli S., Deratani A. (2001). Polysaccharides from prickly pear and nopals of *Opuntia ficus indica*: extraction, characterization and polyelectrolyte behavior, *Polym. Int.*50: 552 – 560.
- Trachttemberg S.,Mayer A. (1981) Composition and properties of *Opuntia ficus indica* Mucilage, *Phytochemistry* 20: 2665 – 2668.
- Medina Torres L., Brito De La Fuente F., Torrestiana Sanchez B., Kattain R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*), *Food Hydrocolloids* 14: 417-424.
- Norton, I. T., & Foster, T. J. (2002). Hydrocolloids in real food systems. In P. A. Williams & G. O. Phillips (Eds.). *Gums and stabilisers for the food industry* (Vol. 11, pp. 187–200). Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry.

75TCA. DESARROLLO DE UN ADEREZO SALUDABLE PARA ENSALADAS: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO

WHELAN, M.R.¹, MATEUCCI, R.¹, ZANGRANDO, A.¹, SANTANA, S.¹, ZAMORA, M.C.^{2,3}, BREIER, R.¹

¹Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Medrano 951, Bs. As. Argentina, susananoemi2001@gmail.com

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina (UCA), Freire 183, Buenos Aires Argentina.

³Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Rivadavia 1917, Bs. As. Argentina

Resumen: El aceite de canola contiene grasos esenciales, omega 3 y omega 6, y es fuente de vitamina E. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un aderezo con bajo contenido graso, saludable y sabroso.

Para la mezcla base se probaron dos gomas –guar y xántica- con el agregado de inulina como fibra saludable, aceite de canola refinado, mostaza en polvo y betacaroteno como colorante, cuya concentración no supera la indicada por las Directivas de CEE (Comunidad Económica Europea).

La saborización se realizó ensayando siete condimentos en dos concentraciones: ajo, perejil, romero, salvia, tomillo, coriandro, albahaca y sus combinaciones. Las muestras fueron caracterizadas por su comportamiento reológico y 30 consumidores evaluaron la preferencia de cada muestra sobre una escala hedónica de 9 puntos. Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento no newtoniano de carácter pseudoplástico, que se lo pudo describir a través de la ley de potencia. Los consumidores expresaron su preferencia por la mezcla base que contenía goma xántica, siendo la que presentó el mayor índice de consistencia y mayor comportamiento pseudoplástico. La mostaza fue el condimento que modificó la viscosidad en forma significativa. La mezcla saborizada con concentraciones mínimas de ajo, coriandro y tomillo fue la preferida por los consumidores, y por lo tanto, fue seleccionada para elaborar el aderezo.

1. Introducción

Los datos reológicos son necesarios para los cálculos de flujo en muchas operaciones de la industria de alimentos. Los hidrocoloides (xantanos, pectinas, almidones, etc) son usados en alimentos debido a sus propiedades funcionales como gelificantes, espesantes y estabilizantes. Varios modelos han sido utilizados para describir el comportamiento de soluciones de hidrocoloides: Bingham, Ley de la Potencia (Ostwald-de-Waele), Herschel-Bulkley y Casson, entre otros. El modelo de la Ley de la Potencia es tal vez el más extensamente empleado para líquidos no newtonianos. Las soluciones de hidrocoloides exhiben un comportamiento pseudoplástico y también una dependencia con el tiempo (tixotropía), en la que la viscosidad aparente disminuye con el tiempo.

Cabe resaltar que el comportamiento viscoso de los productos es importante en muchas áreas de la tecnología de alimentos y puede convertirse en un factor significativo en determinados procesos, que se hacen más ineficientes a altas viscosidades (bombeo, agitación, mezclado, etc.). A una gran variedad de alimentos como la mayonesa o la salsa ketchup, se les exige determinadas características de textura: untabilidad y flujo bajo pequeños esfuerzos, pero que mantengan su forma cuando están en reposo.

El aceite de canola se caracteriza principalmente por su composición de ácidos grasos, dado que posee un 93 % de ácidos grasos mono y poliinsaturados. El 11% de dichos ácidos son ácido alfa-linolénico ($\omega 3$) y alfa-linoleico ($\omega 6$). Estos últimos son ácidos grasos esenciales que tienen un papel importante en el crecimiento, la reproducción, la visión, ayudan a mantener la piel saludable, actúan en el metabolismo del colesterol y pueden contribuir a prevenir enfermedades cardíacas. También aporta esteroides vegetales, facilita la absorción y aporta vitaminas E, K y otros nutrientes como licopeno y luteína (American Heart Association, 2006; Canola Council, 2004). Si bien tiene estatus GRAS (Generally Recognized As Safe), su uso en Argentina es limitado por el desconocimiento del producto en cuanto a sus propiedades y aplicaciones, su escasa disponibilidad en el mercado y su mayor costo comparado con otros aceites más comunes como el de girasol y maíz.

Actualmente, no se encuentran en el Mercado Argentino aderezos a base de aceite de canola. Sin embargo, existen otros productos en la categoría de aderezos que serían competidores indirectos, como la mayonesa, salsas para ensalada y aceites saborizados de canola.

La inulina es una fibra dietaria que también tiene propiedades benéficas para la salud porque actúa como prebiótico y mejora la absorción de calcio. Además, al solubilizarse confiere viscosidad al líquido y de esta manera se la puede utilizar para reemplazar las grasas, disminuyendo el valor calórico de los alimentos, sin comprometer sabor ni textura (Paseephol, Small and Sherkat, 2008). Estas propiedades son muy valoradas, ya que actualmente se buscan productos saludables y también ricos.

El betacaroteno reúne dos propiedades importantes: es un poderoso antioxidante y a la vez, al ser un compuesto perteneciente al grupo de los carotenoides, posee poder pigmentante que varía desde el amarillo al rojo intenso.

El efecto antioxidante del betacaroteno brinda protección contra enfermedades degenerativas (cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares), por su acción en contra de los radicales libres implicados en la causa de dichas enfermedades que ocasionan daños oxidativos a proteínas, lípidos y ácidos nucleicos.

Es por esto que los antioxidantes, los cuales neutralizan la acción de los radicales libres, desempeñan una función fundamental en la prevención de las mismas.

A nivel internacional, tanto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) y la Comunidad Económica Europea (CEE) han determinado listados de aditivos para alimentos entre los que consideran al betacaroteno como colorante permitido. Su uso está ampliamente difundido en la industria alimentaria, en todos los productos que presenten una coloración amarilla, como es el caso de este producto. La ingesta diaria admisible (IDA) se encuentra en 7,5 mg/Kg. de peso corporal.

Por último, es importante destacar que este aderezo estará orientado a personas que privilegian los productos naturales y están dispuestos a pagar un precio superior. El aumento del volumen elaborado de mayonesa y aderezos para ensalada, el desarrollo de nuevos productos, como las salsas light o de bajas calorías conforma un perfil de mercado en permanente expansión y alto dinamismo.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue el de estudiar el comportamiento reológico de un aderezo saludable para ensaladas con contenido de aceite de canola refinado, inulina y betacaroteno.

3. Metodología

Las muestras se elaboran a partir de las materias primas utilizando las buenas prácticas de higiene y sanidad, se envasan en bolsas estériles y se conservan a temperatura ambiente hasta su análisis.

Para la mezcla base se probaron dos gomas guar, xántica y la combinación de ambas con el agregado de inulina, aceite de canola refinado, betacaroteno y mostaza en polvo. Se ensayaron siete condimentos en dos concentraciones (0.1 y 0.2%): ajo, perejil, romero, salvia, tomillo, coriandro, albahaca y sus combinaciones dobles, triples y cuádruples.

Estudio Reológico

Para la caracterización reológica se utilizó un viscosímetro rotacional (Brookfield DVII-RVT; Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, EE.UU.) utilizando el adaptador Small Sampler con las agujas SC4-21, y SC4-27. La celda de la muestra se colocó dentro de una camisa de agua conectada (Cámara portamuestras SC4-27) a un baño termostático (TC-502 Brookfield) permitiendo determinar la viscosidad a temperatura constante de 20°C. Las mediciones se realizaron a varias velocidades de rotación (rango 0,01 a 200 rpm) correspondientes a porcentajes de torque de 10 a 100. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado a velocidades de corte, inicialmente crecientes y luego decrecientes, descartando los valores correspondientes a un error mayor al 2%.

Estudio Sensorial

La selección de la mezcla base, así como los condimentos para saborizar la mezcla elegida, fue realizada en base al estudio de las preferencias de los consumidores. Con este fin participaron 25 consumidores, 2 hombres y 23 mujeres de entre 22 y 24 años para el estudio sensorial de las mismas.

Con el fin de explorar la preferencia de la mezcla base con goma guar o xántica o combinación de ambas, se aplicó el test de comparación por pares con elección forzada (ASTM, 1977). En esta prueba cada asesor recibía muestras (10g aprox.) codificadas con números de tres cifras, debiendo decidir cual era la más rica de todas; en caso de que le gustaran mas de una por igual debía elegir una al azar (prueba con elección forzada). Para la elección de los condimentos se aplicó una escala hedónica. Las muestras fueron presentadas a temperatura ambiente, en orden aleatorio. Las evaluaciones fueron realizadas en cabinas individuales, iluminadas con luz diurna (6500 K). Los evaluadores probaban siete muestras por sesión, enjuagándose la boca entre muestras con agua mineral y galletitas sin sal.

Una vez seleccionadas las muestras saborizadas que presentaron la máxima preferencia, estas fueron comparadas con un aderezo comercial (Ranch, sabor cebolla). En este caso, 50 consumidores midieron la preferencia en el color, sabor y textura.

4. Resultados

El modelo de la Ley de la Potencia: $\tau = \mu_a \left(\frac{\partial V}{\partial s} \right)^n$ (Ostwald-de-Waele) ajusta satisfactoriamente los datos experimentales obtenidos de todas las muestras.

En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos de μ_a , coeficiente de consistencia y n , índice del comportamiento del flujo de las muestras que resultaron más significativas para la realización de este trabajo. En todas las muestras el índice de comportamiento de flujo, n es menor que la unidad indicando un comportamiento pseudoplástico.

Como puede observarse en la **TABLA 1**, las mezclas bases con goma guar presentan un coeficiente de consistencia menor, que las mezclas con goma xántica o las que contienen la combinación de ambas.

En la **TABLA 2** se muestran los resultados de las preferencias evaluadas a través del Test de Comparación por Pares, de las muestras bases con guar, xántica o la combinación de ambas.

De los resultados obtenidos, se puede concluir que los consumidores prefirieron las mezclas con mayor consistencia, es por ello, que se ha seleccionado para las pruebas de saborización a la mezcla base con goma xántica.

Referente a la mostaza, la concentración ensayada inicialmente fue de 1.53%, pero debido a que este ingrediente le confería una sensación muy picante a la muestra y provocaba el rechazo de los consumidores, se exploraron concentraciones más bajas. En esta búsqueda de la concentración óptima se detectó que la mostaza tenía una influencia muy marcada en el índice de consistencia de la muestra. Esto puede avistarse en la Tabla 1, donde la viscosidad descendió (en valores promedios) 1.6 veces al bajar la concentración de mostaza de 1.53% a 0.46%, y 1.4 veces cuando se desciende de 0.46% a 0.23%.

También se observa en la tabla mencionada, que el tipo y nivel de condimento utilizado podía afectar la viscosidad de las mezclas con goma xántica. Romero, ajo y coriandro aumentaron la viscosidad al incrementar la concentración, pero tomillo y salvia no provocaron cambios.

La saborización de la mezcla base con goma xántica se desarrolló seleccionando primero la concentración preferida de cada uno de los siete condimentos. En esta primera etapa los condimentos que más gustaron fueron en primer lugar el ajo, seguido por coriandro a la mayor concentración ensayada, y los que menos gustaron fueron perejil y albahaca. Salvia y tomillo se volvieron a probar a una concentración intermedia y romero a una concentración menor.

Una vez seleccionadas las concentraciones se comenzaron a contrastar las combinaciones de condimentos.

TABLA 1. Valores de los parámetros μ_a y n obtenidos al ajustar con la Ley de la Potencia, los datos experimentales obtenidos de las formulaciones más significativas.

Muestra	Hc	n	Muestra %	Guar %	Xántica %	guar-xántica %	Perejil %	Romero %	Salvia %	Tomillo %	Ajo %	Coriandro %	Albahaca %	Betacaroteno %
1	16,988	0,4179	1,53	0,27										
2	26,205	0,2416	1,53		0,27									
3	18,322	0,3528	1,53			0,27								
4	24,504	0,2599	1,53		0,27		0,10							
5	24,766	0,2897	1,53		0,27			0,20						
6	18,219	0,3298	1,53		0,27			0,10						
7	28,389	0,2729	1,53		0,27				0,20					
8	27,84	0,2824	1,53		0,27				0,10					
9	24,252	0,3153	1,53		0,27					0,20				
10	24,291	0,328	1,53		0,27					0,10				
11	31,947	0,2465	1,53		0,27						0,20			
12	25,839	0,3044	1,53		0,27						0,10			
13	34,927	0,2336	1,53		0,27							0,20		
14	28,388	0,2909	1,53		0,27							0,10		
15	20,938	0,3384	0,46		0,27		0,10				0,20			
16	14,486	0,3507	0,46		0,27						0,20			
17	11,96	0,3929	0,46		0,27			0,10						
18	13,928	0,3902	0,46		0,27							0,20		
19	16,563	0,3635	0,46		0,27						0,20	0,20		
20	19,005	0,3504	0,46		0,27				0,10				0,10	
21	17,46	0,3624	0,46		0,27		0,10			0,10	0,10			
22	21,757	0,3723	0,46		0,27					0,10	0,10	0,10		
23	18,123	0,3395	0,46		0,27						0,10	0,10	0,10	
24	12,562	0,3869	0,46		0,27		0,10				0,10		0,10	
25	16,113	0,3555	0,46		0,27					0,10	0,10		0,10	
26	11,3	0,4553	0,23		0,27						0,10	0,10	0,10	
27	13,226	0,4417	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10	0,10	
28	14,96	0,417	0,23		0,27		0,10			0,10	0,10			
29	12,039	0,4323	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10		
30	18,912	0,376	0,23		0,27		0,10			0,10	0,10	0,10		
31	9,968	0,4508	0,23		0,27					0,10	0,10		0,10	
32	29,579	0,3352	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10		0,0015
33	25,228	0,3089	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10		0,0025
34	24,979	0,3246	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10		0,0045
35	20,409	0,3537	0,23		0,27					0,10	0,10	0,10		0,0065

TABLA 2. Evaluación de preferencias por el Test de Comparación por Pares por 25 consumidores.

PARES	Mezclas bases con contenido de:		
	Guar	Xántica	Guar+Xántica
guar/ xántica	7	18	
guar/ xántica+guar	7		18
xántica/ xántica+guar		14	11

TABLA 3. Preferencias de las muestras saborizadas.

	Ajo	Coriandro	Salvia	Tomillo	Romero	Perejil	Albahaca
Ajo	+						
Coriandro	+	+					
Salvia	-	-	-				
Tomillo	+	+	-	+			
Romero	-	-			-		
Perejil	+	-		+		-	
Albahaca	+	+		+		-	-
Tomillo/ Ajo		+					
Perejil/ ajo		-		-			
Albahaca/ ajo		+		-		-	
Albahaca/ Ajo/				-			

Coriandro							
Tomillo/ Ajo/ Coriandro						-	

En la **TABLA 3** se muestran los resultados obtenidos de las preferencias correspondientes a todas las mezclas degustadas. Los signos + denotan aceptación y los signos – denotan rechazo. Salvia y romero fueron suprimidos porque no gustaron cuando se presentaron como único condimento en las mezclas, ni tampoco cuando aparecieron en combinación con ajo y coriandro, que fueron los condimentos de mayor preferencia.

Finalmente, las dos mezclas seleccionadas junto con un aderezo comercial fueron evaluadas por un panel de 50 consumidores a quienes se les pidió que midieran la preferencia en el color, el sabor y la textura. La mezcla con tomillo/ajo/coriandro tuvo el más alto nivel de aceptación por los consumidores. La composición porcentual completa de dicha muestra se presenta en la **TABLA 4**.

En la **FIGURA 1** se muestran los datos experimentales de la formulación elegida y el ajuste de la ecuación de la Ley de la Potencia a los mismos. Se aprecia un comportamiento de la muestra dependiente del tiempo (comportamiento tixotrópico).

TABLA 4. Composición de la muestra seleccionada

Muestra seleccionada	%p/p
Almidón preparado	48,35
Goma Xántica	0,27
Huevo hidratado (Yema, clara y agua)	29,37
Componentes secos (Sal, azúcar e inulina)	5,93
Aceite de Maíz	4,56
Aceite de Canola	4,56
Mostaza en polvo	0,23
Jugo de Limón	6,39
Ajo en polvo	0,10
Tomillo en polvo	0,10
Coriandro en polvo	0,10
betacaroteno	0,0045
Total	100

El descenso en la viscosidad aparente no está relacionado solamente con la velocidad de deformación, sino también con el tiempo. A velocidad de deformación constante, la viscosidad aparente desciende. Esto confirma la presencia de un bucle de histéresis.

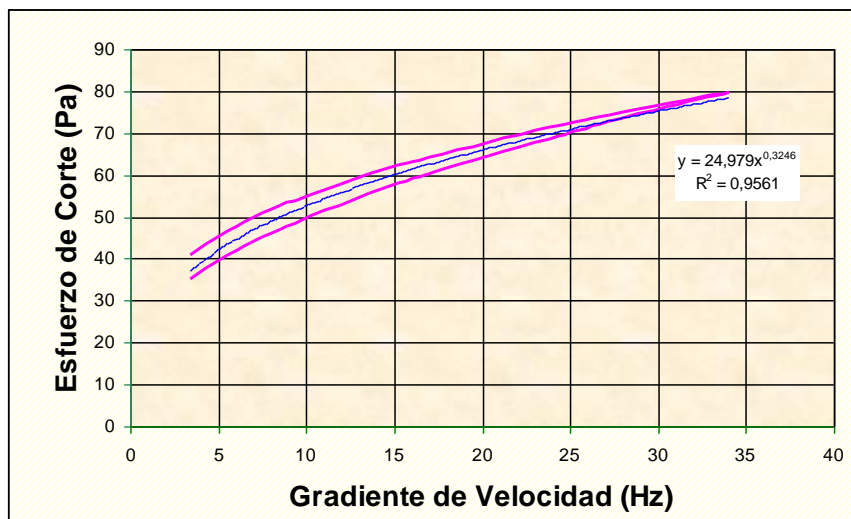


FIGURA 1 Ajuste de los datos experimentales de la muestra elegida con el modelo de la Ley de la Potencia

5. Conclusiones

Durante la búsqueda de nuestro aderezo para ensaladas saludables, sabrosas y con bajo contenido graso, hemos tenido que analizar, las posibles combinaciones y concentraciones de los ingredientes a integrar, la secuencia y los tiempos en que debían ser incorporados, como también así lograr que sea aceptada para su consumo. Esto ha requerido la realización de una numerosa cantidad de muestras y el análisis exhaustivo de cada una de ellas.

De esta manera, se obtuvo un producto consistente, saludable, con buen color, olor, sabor y textura, cumpliendo el objetivo planteado desde el comienzo de este proyecto.

6. Bibliografía

- AmericanHeartAssociation(ADA),(2006).<http://www.canolainfo.org/espanol/pdfs/hola-canola.pdf>
- ASTM, (1977). Manual on Sensory Testing and Methods, STP 434, pp. 64. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Canola Council, (2004). La canola y las buenas noticias sobre las grasas alimenticias.
http://www.canolacouncil.org/uploads/spanish/good_news_spanish.pdf
- Da Silva, M.S., Pedro, J.C., Oliveira and Rao, M.C., (1997). Granule size distribution and rheological behavior of heated modified waxy and unmodified maize starch dispersions. *Journal Texture Studies*. 28, pp. 123–138.
- Dickie M.and Kokini J.L., (1983). An improved model for food thickness from non-Newtonian fluid mechanics in the mouth. *Journal of Food Science* 48, pp. 57–65.
- Glickman, M. (1969). Rheology, Texture and Gums. In: *Gum technology in the food industry*. Chapter 3, pp. 56–93. Academic Press, New York and London.
- Khouryieh,H.A., Herald, T.J., Aramouni, F., Alavi, S. (2006). Influence of mixing temperature on xanthan conformation and interaction of xanthan-guar gum in dilute aqueous solutions, *Food Research International*, 39 (9), pp 964-973.
- Krumel, K.L., Sarkar, N. (1975).Flow properties of gums useful to the food industry. *Food Technology* 29(4), pp. 36–44.
- Pasephol, T., Small, D.M. and Sherkat, F. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *J. Texture Studies* 39, 6: 617-634.
- Stanley, N. F. (1990). Carrageenans. In: *Food gels*. Chapter 3, pp. 79–119.Elsevier Applied Science, New York, NY.
- Weltmann, R. N. (1943). Breakdown of thixotropic structure as function of time. *Journal of Applied Physics* 14, pp. 343–350.
- White, V.J. Davidson and L. Otten, (1993). A capillary viscometer for characterization of fluid foods. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 26, pp 109-129

76TCA. SECADO DE BARRAS DE CEREALES SALADAS A BASE DE AMARANTO CRUENTUS: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO

MALKA M.¹, BATLLE T.¹, ZANIOLO S.¹, BALMACEDA M.¹, BOMBEN R.¹,
DELLACASA A.¹, BONFANTI R.¹ y GIANNUZZI L.²

¹Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico
Sociales Av. 25 de Mayo N° 384 (5730) Villa Mercedes San Luis, ² Centro de
Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), calle 47 y 116,
La Plata (1900), Pcia. de Bs As, Argentina - tmalka@fices.unsl.edu.ar

Resumen: Se elaboró una barra de cereales salada, nutricionalmente equilibrada a base de semillas de amaranto popeadas (*Amaranthus cruentus*, variedad *Candil*), e ingredientes como: avena, salvado extruido, semilla de sésamo, copos de maíz, arroz inflado como fuentes de proteínas y de calcio. Para lograr la cohesión de estos ingredientes se utilizó un ligante no convencional y novedoso que distingue al producto de las barras de consumo masivo.

A la formulación seleccionada se le realizó estudios de secado para determinar la influencia de las variables del proceso en la calidad del producto terminado, resultando los mejores atributos cuando las barras se expusieron a 100°C durante 45 min.

Se realizó la evaluación sensorial del producto mediante un panel no entrenado a través de una escala Hedónica resultando con una muy buena aceptación.

1. Introducción:

Una dieta equilibrada debe proveer las calorías suficientes requeridas por el individuo para su crecimiento, mantenimiento metabólico y desarrollo de actividades. De las kilocalorías aportadas por los diferentes grupos de alimentos, entre el 55-65 % de las mismas deben provenir de glúcidos, en tanto que 20-25 % de lípidos y un 10-15 % de proteínas (Latham, 2002). Una de las deficiencias en la dieta observadas en Argentina a partir de la agudización de la crisis económica es la carencia de proteínas en general, de alta calidad en particular (carne, leche, huevos). En este sentido el amaranto posee propiedades nutricionales, agronómicas e industriales, que lo convierte en el “mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano”, designación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de los EE UU y por la FAO, en 1979. Esta categorización se debe a la alta calidad de sus proteínas, por su perfil de aminoácidos esenciales y a sus carbohidratos asimilables, vitaminas, minerales, además de su excelente relación costo-beneficio. El amaranto contiene más lisina, triptófano y aminoácidos azufrados que los cereales (Bressani, 2006). Las proteínas de amaranto son consideradas una excelente alternativa o complemento de los cereales y legumbres debido a su composición bien balanceada de aminoácidos esenciales. El patrón de aminoácidos de la proteína de amaranto es similar al del patrón FAO/OMS lo que sugiere que es una proteína de alto valor nutritivo (Becker, 1989; Marcone et. al, 1991). Una de las características importantes de las proteínas de amaranto es que han sido utilizadas en dietas para personas con la enfermedad celíaca. El amaranto ha sido utilizado para obtener concentrados y aislados proteicos. (Marcone et. al, 1991; Martínez et. al 1996; Salcedo Chávez et. al, 2002). Las altas concentraciones de calcio, fósforo, hierro, potasio, zinc, vitaminas E y del complejo B, como así también los bajos niveles de factores antinutricionales, hacen de este grano un producto de interés en la elaboración de nuevos alimentos (Mújica, 1997). El almidón representa el principal componente del grano y juega un papel importante en las aplicaciones de productos, tales

como: espesantes para sopas, sustitutos de grasa, salsas, cereales para el desayuno, galletas, aperitivos, pastas y alimentos saludables (Armada, 2011).

Para la formulación de las barras se empleó *amaranthus cruentus* variedad *candil* de cultivares de la Universidad Nacional de Río IV. Los granos de amaranto se expusieron a tratamiento térmico mediante calor seco para su popeado. Este proceso conlleva varios propósitos: obtener sabor, color y aromas agradables, mejorar la relación de eficiencia proteínica (PER), así como la digestibilidad y la destrucción de factores antinutricionales, lo que hace más nutritiva a la semilla (Bressani et al., 1992).

Con el objetivo de mejorar el perfil nutricional de las barras también se utilizaron como ingredientes para la elaboración de las mismas otros cereales. En este sentido, “usando amaranto procesado térmicamente se ha establecido biológicamente el efecto complementario proteínico con harina de trigo y avena laminada. Con trigo se observó un incremento lineal en calidad proteica respecto al nivel de amaranto. La calidad proteica de amaranto/avena fue similar para todas las combinaciones”. (Bressani, 2006).

Debido a la calidad nutricional de las semillas se han desarrollado estudios para incorporarlas en productos alimenticios que mejoren la calidad de vida de la población y la conviertan en una opción agropecuaria e industrial. Contribuyendo a este objetivo este proyecto ha desarrollado este nuevo producto a base de amaranto utilizando tecnologías de secado.

2. Objetivos:

Obtener barras de cereales saladas, nutricionalmente equilibradas utilizando amaranto, principal ingrediente, como fuente de proteínas y calcio, mediante procedimientos de secado controlado, estudiando la incidencia de las variables de este proceso en la calidad nutricional y organoléptica del producto.

3. Metodología

Formulaciones de las barras

El criterio asumido para establecer la formulación del producto se basó en el objetivo de desarrollar barras de cereales saladas, que aporten una fracción importante de los requerimientos nutricionales diarios, utilizando amaranto popeado, avena, salvado extruido, semilla de sésamo, copos de maíz, arroz inflado como fuentes de proteínas y de calcio. Como ligante de estos ingredientes se utilizó almidón pregelatinizado-leche.

Se preparó una fase seca (mezcla de los ingredientes) a la que se le adicionó la fase húmeda ligante, moldeándose para formar las barras. Como se muestra en la Figura 1.

a)



b)



Figura 1: a) barra de cereales b) materias primas seca

Secado de la formulación

La formulación se secó con el objetivo de garantizar una buena conservación, desarrollar color, aroma, textura, crocancia y cohesión en la barra. Se diseñaron diferentes experiencias estudiando la incidencia de las variables: tiempo, temperatura y ventilación,

para obtener una barra que respondiera a las características nutricionales y de palatabilidad previamente propuestas.

Los ensayos de secado se realizaron a temperaturas de 70, 80 y 100°C, a distintos tiempos de exposición en una secadora de bandejas de malla de acero inoxidable, con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s.

Las barras se prepararon por duplicado y se sometieron a los distintos tiempos de secado programados para el estudio, realizando tres repeticiones para cada tiempo. Una muestra se utilizó para medir la actividad acuosa y la otra para determinar la humedad en base seca. La actividad acuosa (a_w) se midió con equipo AquaLab Series 3TE. La humedad en base seca se determinó gravimétricamente secando la barra de cereales a 105°C durante 2hs. en estufa convencional.

Se graficó la humedad en base seca vs. actividad acuosa a 70, 80 y 100°C obteniéndose las isotermas de sorción.

Balance nutricional del producto

Al producto obtenido se le determinó humedad AOAC 24.002 (1984), proteína AOAC 24.027(1984), grasa. AOAC 24.005 (1984), cenizas AOAC 24.009 (1984) y carbohidratos por diferencia.

Estudio de aceptabilidad

Se realizó la evaluación de aceptabilidad mediante una prueba del tipo de escala Hedónica estructurada de 9 puntos, con extremos 1 = me disgusta mucho y 9 = me gusta mucho, y donde el puntaje intermedio 5 correspondía a la descripción “me es indiferente”, empleando un panel no entrenado de 60 evaluadores (Meilgaard y et al., 1991).

4. Resultados

La barra formulada respondió a los atributos color, aroma, textura, sabor y cohesión deseados como objetivo.

Las curvas de secado de las barras a 100°C, se muestran en la Figura 2, donde se observa que utilizando la secadora con circulación de aire se reducen los tiempos de residencia, con lo que se minimiza la merma nutricional del producto.

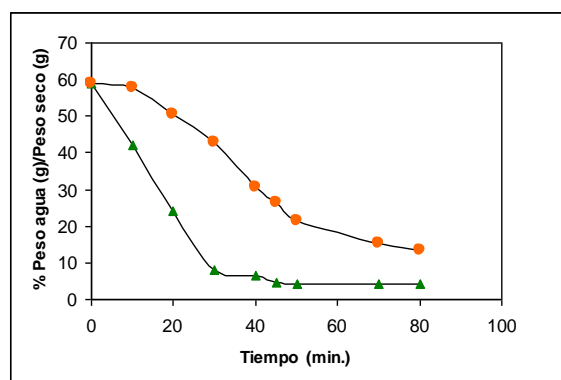


Figura 2: Curva experimental de secado de las barras de cereal a 100°C, sin circulación (●) y con circulación de aire (▲) a una velocidad de 1,4 m/s.

A partir de los estudios de secado los mejores atributos se lograron exponiendo las barras a 100°C durante 45 min., resultando una actividad acuosa de 0,28 y una humedad en base

seca de 4%. Secando a 70 y 80°C se requirió de tiempos de residencia de 115 y 105 min. respectivamente, para alcanzar la misma humedad, como puede observarse en la Figura 3.

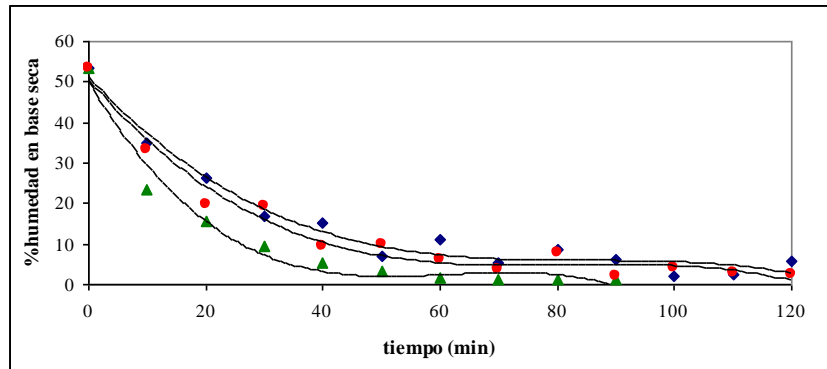


Figura 3: Curvas experimentales de secado de las barras de cereales a 70 (◆), 80 (●) y 100°C (▲), con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s.

Las barras expuestas a estos últimos tiempos de secado resultaron con calidad nutricional similar como muestra la Tabla 1. Además presentan menor cohesión y mayor dureza como se ve reflejado en el análisis sensorial.

Variables de secado	100°C-45 min	80°C- 105 min	70°C-115 min
Valor energético.	408Kcal	415 Kcal	394Kcal.
Carbohidratos	57,83g	60,63g	60,21g
Proteínas	21,01g	17,34g	15,78g
Grasas totales	10,32g	11,46g	9,98g
Calcio	284,7mg	284,7mg	284,7mg

Tabla 1. Información nutricional, por porción de 100g, para las barras secadas a 70, 80 y 100° C

En la Tabla 1 además puede observarse que el producto final obtenido es nutricionalmente equilibrado, su composición responde a los rangos aceptables de distribución de macronutrientes para dietas saludables, establecidos por el Consejo de Alimentación y Nutrición de EEUU (2002) (Hernández, 2004).

Del análisis de las Isotermas de Sorción a 70, 80 y 100°C graficadas en la Figura 4, puede observarse que para la humedad en base seca del 4%, seleccionada desde el estudio sensorial, los valores de las actividades acuosas son inferiores a 0,3 para las tres temperaturas de secado.

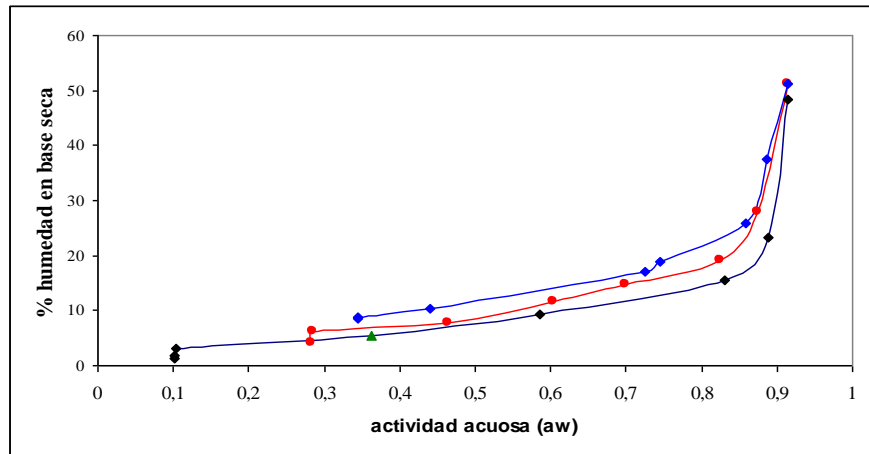


Figura 4: Isoterma de Desorción de las barras de cereal a temperatura de 70 (♦), 80 (●) y 100°C(▲)

Para estos valores de actividad acuosa el agua presente está unida a grupos polares, es agua no disponible para reacciones químicas (ni como reactivo ni como solvente), y tampoco puede utilizarse para el crecimiento microbiano. Por lo tanto este valor de actividad acuosa garantiza la estabilidad microbiana del producto.

El estudio de aceptabilidad global de las barras presentó un puntaje de 8, valor superior a 6, considerado este último como límite comercial en una escala Hedónica de 9 puntos. La valoración 6 indica una actitud de “gusto” por parte de los evaluadores. El 80% de los evaluadores manifestó una actitud Hedónica positiva hacia las barras utilizando puntajes en las categorías Gusta y Gusta mucho. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron una alta aceptación de la barra. Los valores promedio obtenidos para las características de aceptabilidad global, sabor global y los descriptores dureza y cohesión para cada una de las muestras se presentan en la Tabla 2.

Muestra	Aceptabilidad global	Sabor global	Dureza	Cohesión
Barra (70°C)	6,1	7,4	9	6,7
Barra (80°C)	6,9	7,7	8,5	7,4
Barra (100°C)	8	8,1	7,9	8,6

Tabla 2. Análisis sensorial, puntaje global obtenido para cada una de las características medidas en las barras secadas a 70, 80 y 100° C.

5. Conclusiones

A partir de los estudios realizados se determinó el valor de las variables temperatura y tiempo de secado requeridos para desarrollar un producto novedoso a base de semillas de amaranto, una formulación robusta por su alto valor nutritivo, con importante aporte de proteínas y calcio en la dieta y de gran aceptabilidad por parte de los catadores, lo que permite indicar que estamos ante un producto de buena calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Guillermo Peiretti de la Universidad Nacional de Río IV por proveer las semillas de amaranto.

6. Bibliografía

- AOAC 1984. Official Methods of Analysis 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Armada, M. y. Burgos, V. 2011. *Evaluación de propiedades funcionales: harina de amaranto (amaranthus cruentus) y harinas comerciales*. XIII Congreso CYTAL – AATA
- Becker R. 1989. *Preparation, composition, and nutritional implications of amaranth seed oil*. Cereal Foods World. v. 34, n.11, p. 950-953
- Bressani, R. 2006. *Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto: caracterización química y nutricional de productos intermedios y finales del procesamiento*. Proyecto FODECYT N° 23-2002 Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala
- Bressani, R., Sanchez-Marroquin, A., Morales, E. 1992. *Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality*. Foods Reviews International, 8(1), 23-49
- Hernandez Triana, M. 2004. *Recomendaciones nutricionales para el ser humano*: Rev Cubana Invest Biomed:23(4):266-92
- Latham, M. C. 2002. *Nutrición humana en el mundo en desarrollo* Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. Roma
- Marcone, M. F. y Yada, R. Y. 1991. *Isolation, Purification, and Characterization of the Oligomeric Seed Globulin from Amaranthus hypochondriacus*. Agricultural and Biology Chemistry. v. 55, n. 9, p. 2281-2289.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1991. *Sensory evaluation techniques*. Cap. CRC Press, Florida , USA10
- Martínez, E. N. y Añón, M. C. 1996. *Composition and structural characterization of amaranth protein isolates. An electrophoretic and calorimetric study*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Chicago. v. 44, n. 9, p. 2423-2430.
- Mujica Sánchez A., Izquierdo J. y M. Berti Díaz 1997. *El Cultivo del Amaranto (Amaranthus spp.), Producción, mejoramiento genético y utilización*, Capítulo VII, Nutrición y composición química.
- Salcedo-Chávez, B.; Osuna- Castro J. A.; Guevara- Lara F.; Domínguez- Domínguez J. y Paredes-López O. (2002). *Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (Amaranthus cruentus) seeds*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. V. 50, p. 6515-6520.

77TCA. NUEVOS INHIBIDORES DE PROTEASAS CON POTENCIAL UTILIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA OBTENIDOS A PARTIR DE PAPA ANDINA

TELLECHEA, M.; COTABARREN, J.; CISNEROS, J. S.; CECCACCI, F.; OBREGÓN, W. D.

Laboratorio de Investigación de Proteínas Vegetales (LIPROVE), Dpto. de Cs. Biológicas,
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.

Resumen: En los últimos años, la biotecnología y sus aplicaciones industriales han experimentado grandes logros en la obtención de productos químicos, en la industria alimentaria y farmacéutica. El empleo de productos vegetales para la conservación de alimentos es uno de los procesos que busca actualmente la “química verde” para tratar carnes, vegetales y productos envasados en general, para prolongar la vida útil del alimento. Dentro de estos productos bioactivos se encuentran los inhibidores de metalocarboxipeptidasas los cuales, entre otras acciones, inhiben el crecimiento bacteriano o fúngico. La regulación precisa de la actividad proteolítica es esencial para la fisiología de los microorganismos, como ser la producción de toxinas, entre otras, por esto la actividad de muchas proteasas se encuentra bajo estudio intensivo, ya que los inhibidores de proteasas (IP) son un tipo de regulador de las mismas. La tecnología y la creación de instrumentos para una fina purificación como la inmovilización de enzimas y la espectrometría de masas es lo que ha permitido detectar y caracterizar componentes individuales como los inhibidores de proteasas con posibles propiedades conservantes del alimento. Por otra parte, cabe destacar además que, en el caso de los inhibidores peptídicos de origen vegetal, son mínimos los estudios referidos al material botánico de la flora Argentina. Dada la gran biodiversidad vegetal existente en nuestro país resulta de sumo interés la implementación de una búsqueda de nuevas moléculas naturales capaces de modificar o modular la actividad biológica de proteasas y microorganismos que estén involucradas en la conservación de alimentos o en funciones nutricionales. En el presente trabajo se ha purificado y caracterizado un nuevo inhibidor de Carboxipeptidasa A de 4,3 KDa obtenido a partir de *Solanum Tuberosum* subespecie andigenum variedad Churqueña (Papa Andina). Los tratamientos térmicos del inhibidor muestran que conserva actividad luego de un proceso de 1 hora a 100°C.

1. Introducción:

Las papas andinas se utilizan como uno de los alimentos principales en la región del noroeste de nuestro país. Entre los componentes alimentarios principales de la papa encontramos almidón, proteínas, fibras, vitaminas. Dentro de las proteínas encontramos un 40 % de las denominadas patatinas y en un porcentaje un poco menor encontramos inhibidores de proteasas. Se ha hablado principalmente de las partes verdes de la papa, por el efecto antinutricional de uno de sus componentes, solanina, un glucoalcaloide de sabor amargo y con propiedades tóxicas, que no es eliminado por tratamiento con calor. Pero la papa contiene también otros factores antinutricionales (Gilani GS 2005) a destacar, entre ellos, los inhibidores de proteasas (IPs), que están en gran cantidad en el tubérculo de la misma. Estos inhibidores enzimáticos interfieren con el proceso de digestión, pudiendo inhibir no sólo proteasas de estómago sino también las liberadas por el páncreas al intestino. Entre estas últimas podemos nombrar a la tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasas, entre otras. Se ha observado que muchos de estos inhibidores, principalmente los inhibidores de carboxipeptidasas, tienen resistencia al calor durante varios minutos, incluso llegando a mantener su actividad biológica luego de tratamientos

térmicos de 100°C durante una hora. En este trabajo encontramos, estudiamos y caracterizamos un nuevo inhibidor de carboxipeptidasa A presente en tubérculos de *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* variedad Churqueña. Entre los resultados obtenidos se destaca la notable estabilidad que tienen estos nuevos inhibidores frente a tratamientos térmicos prolongados. Podría generarse una controversia entre los efectos benéficos de los inhibidores y los efectos antinutricionales de los mismos, tema que debe ser motivo especial de estudio. Se sabe que muchos inhibidores de proteasas se podrían utilizar potencialmente como aditivos alimentarios ya sea en la conservación de carnes como prevención de contaminantes de alimentos por hongos o bacterias (Santos 2011).

2. Objetivos:

- Obtener un extracto crudo con actividad inhibitoria de metalocarboxipeptidasa a partir de tubérculos de *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* variedad “Churqueña”.
- Evaluar la estabilidad térmica de los inhibidores hallados.
- Diseñar y armar matrices de afinidad para inmovilizar proteasas diana, por ejemplo carboxipeptidasa A.
- Purificar los IPs mediante cromatografía de afinidad
- Caracterizar los inhibidores obtenidos por técnicas convencionales y/o proteómicas.

3. Metodología:

Preparación de los extractivos crudos: Tubérculos de *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* variedad Churqueña (papa andina) se pelaron y trituraron en agua fría a 4°C, en presencia de ditioneitol (DTT) 10 mM para prevenir la oxidación de polifenoles. Se sedimentó el almidón por incubación en la heladera y el sobrenadante se centrifugó diferencialmente a 5000 rpm y 11000 rpm por 60 min. a 4 °C., obteniéndose de este modo el extracto crudo (EC).

Determinación de actividad inhibitoria de proteasas: Determinación de actividad inhibitoria de carboxipeptidasa A (CPA): La actividad es registrada por el descenso de la absorbancia a 350nm mediante medidas continuas durante 120 seg a 37°C. Buffer de reacción: Tris-HCl 0,1M; NaCl 0,2M; pH 7,5. Solución de enzima: CPA de páncreas bovino (Sigma-Aldrich). Concentración de enzima: 7,0x10⁻⁹M. Solución de sustrato: N-(4-metoxifenilazofornil)-Phe-OH 10mM.

Tratamiento térmico del extracto crudo: La mayoría de los inhibidores de proteasas que han sido identificados presentan una estructura compacta estabilizada por numerosos puentes disulfuro, esta característica estructural provee a la molécula de cierta estabilidad frente a determinadas condiciones extremas. Las muestras fueron tratadas térmicamente por calentamiento a 70 °C, 85 °C, y 100 °C durante 60 minutos. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se centrifugaron a 11000 rpm por 90 min a 4 °C. El sobrenadante obtenido fue analizado para verificar la presencia de inhibidores estables térmicamente.

Inmovilización de proteasas sobre gel de glioxil-agarosa: El soporte utilizado para la inmovilización de Carboxipeptidasa A fue agarosa 10 BLC. Dicho soporte debió ser previamente activado con grupos aldehído para que éstos reaccionen con los residuos aminoacídicos de la enzima, utilizando el protocolo de activación de (Soler, Bastida et al. 1997). El soporte activado se denomina glioxil-agarosa y es el que se utiliza para la inmovilización covalente de la enzima. La inmovilización se realizó a 25° C, pH 10, con bicarbonato de sodio 100 mM, glicerina al 25% (v/v), en una relación de 25 y 45 mg de enzima/g de glioxil-agarosa en un volumen total de 25 ml.

Purificación cromatográfica del extracto crudo: Se realizó una cromatografía de afinidad con CPA inmovilizada en glioxil-agarosa. 50 ml del EC fueron sembrados y eluidos a una velocidad de 1ml/min por la columna y luego se lavó la misma con buffer de reacción de CPA (Tris-HCl 0,1M, ClNa 0,2 M, pH 7,2). Este soporte conteniendo a la enzima inmovilizada, atrapada mediante uniones covalentes (base de Schiff entre el grupo amino libre de la proteína y el grupo aldehído de la glioxil-agarosa), puede ser reutilizado en muchas aplicaciones ya que se ha demostrado que la enzima permanece unida y activa.

Identificación mediante Intensity Fading MALDI-TOF/MS: La atenuación de la intensidad de la señal de espectrometría de masas con el método de ionización asistida por matriz y analizador de tiempo de vuelo (IF MALDI-TOF MS: del inglés “intensity fading”, “matrix-assisted laser desorption ionization”, “time of flight”, “mass spectrometry”) posibilita detectar la formación de complejos entre moléculas, particularmente proteínas, mediante la utilización de la espectrometría de masas como transductor. El método fue desarrollado para identificar IPs a partir de mezclas naturales complejas mediante su capacidad de interacción con las proteasas que inhibe (Obregón 2011) La variante diseñada por nosotros incluye primariamente una etapa de afinidad con la proteasa inmovilizada en micropartículas poliméricas. El inhibidor retenido en la micropartícula puede ser eluido selectivamente y analizado mediante espectrometría de masas. De esta forma, la reaparición o el aumento de la intensidad de la señal en el espectro de la fracción eluida, corrobora la presencia de una molécula capaz de interactuar con la proteasa inmovilizada y descarta la posibilidad de interacciones inespecíficas. Esta metodología ha permitido identificar IPP en extractos heterogéneos que fueron posteriormente purificados y caracterizados por métodos convencionales.

Análisis de la huella peptídica: Se realizó la digestión trípica de las bandas de SDS-PAGE para el análisis de la huella peptídica o “peptide mass fingerprint” (PMF) que se empleó para la identificación de los inhibidores aislados. Para ello las bandas fueron cortadas, lavadas y decoloradas. Posteriormente se relucieron y alquilaron los grupos Cys libres y se incubaron en presencia de tripsina a 37°C durante 2 horas para la digestión de los inhibidores. Los péptidos generados fueron analizados por espectrometría de masas MALDI-TOF/MS.

4. Resultados

Actividad inhibitoria del extracto crudo.

El extracto crudo (EC) tuvo una concentración de proteínas de alrededor de 800 µg/ml. Se realizó una curva dosis-respuesta del extracto como primera prueba de la existencia de actividad inhibitoria en dicha muestra (Fig 1). Se observa que a medida que aumenta la cantidad de extracto disminuye la actividad de la enzima carboxipeptidasa A, evidenciándose la presencia de un inhibidor de esta enzima en el EC obtenido.

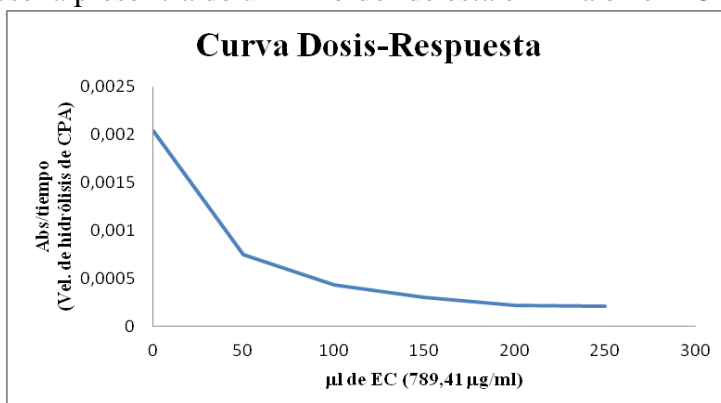


Figura 1: Curva dosis- respuesta del EC.

Actividad inhibitoria de CPA frente a los diferentes tratamientos térmicos.

Sabiendo que el inhibidor de CPA es un péptido termorresistente, el EC fue sometido a tratamiento térmico a 60°C, 70°C, 85°C y 100 °C. Este proceso bajó el rendimiento de proteínas, disminuyendo la concentración a 120 µg/ml cuando la muestra se incubó durante una hora a 60° C. El rendimiento proteico bajó aún más con los tratamientos de 70°C, 85°C y 100°C cayendo la cantidad de proteínas a valores de alrededor de 90 ug/ml. Sin embargo, la actividad inhibitoria de CPA se mantuvo incluso a 100°C.

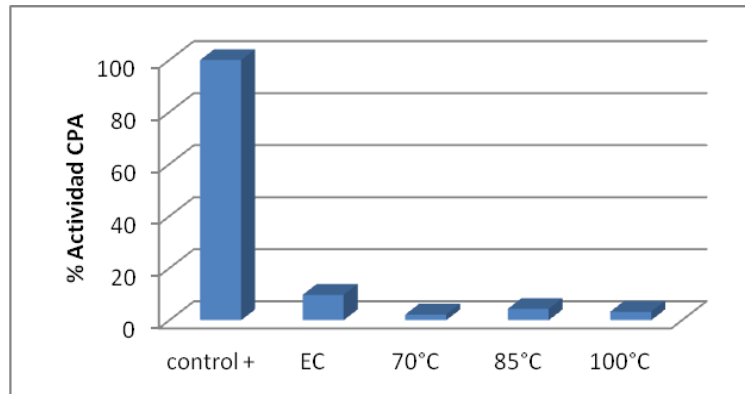


Figura 2: Actividad enzimática de CPA en presencia de los distintos tratamientos térmicos.

Se ve que la actividad inhibitoria de CPA se conserva con los diferentes tratamientos térmicos, a pesar de la gran pérdida de proteínas que se obtuvo debido a la desnaturalización de las mismas. Por lo tanto se puede observar que la disminución del contenido proteico se contrasta con la actividad inhibitoria obtenida, es decir, que el tratamiento térmico afecta a las demás proteínas que constituyen el EC excepto a los inhibidores, generando un tratamiento preliminar de muy alto rendimiento de purificación.

Perfil electroforético del EC y los tratamientos térmicos de Churqueña

La figura 3 muestra la distribución de masas moleculares de las proteínas constituyentes del EC y de los Tratamientos Térmicos (TT) a 60, 70, 85 y 100 °C. Se observan bandas intensas de 14 KDa., . y 2 bandas menores de 10 KDa. Entre las bandas menores a 10 KDa se encuentran los inhibidores de CPA,(Josep Vendrell 1999; V. Bártová 2008), los cuales se conservan con los tratamientos térmicos, lo cual ya fue demostrado en las curvas de actividad inhibitoria anteriores.

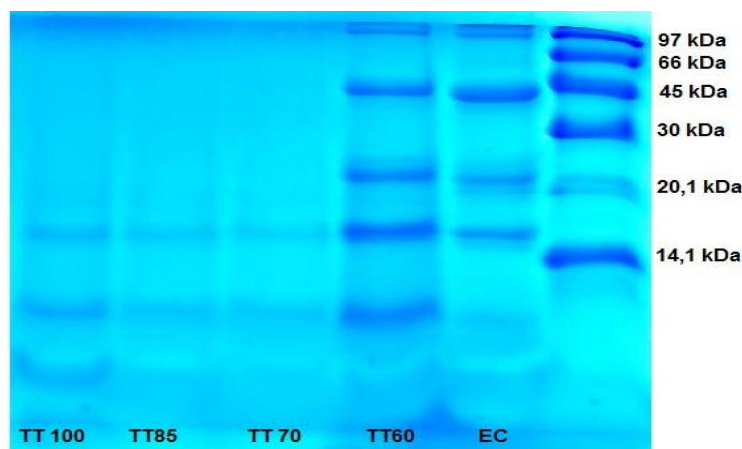


Figura 3 Electroforesis SDS-PAGE.

Determinación de concentración proteica por el método de Bradford

Muestra	concentración proteica ($\mu\text{g/ml}$)
EC	789,412
TT 60	112,588
TT 70	87,882
TT 85	92,588
TT 100	82,588

Tabla N°1

Puede observarse la gran pérdida de proteínas que se obtuvo debido a la desnaturalización térmica de las mismas. Las proteínas que quedan luego de estos tratamientos térmicos son principalmente inhibidores de proteasas presentes en el EC de Churqueña. Se destaca que los tratamientos a 70°C, 85°C y 100°C prácticamente no presentan diferencias en la concentración final de proteínas obtenidas.

Purificación de los inhibidores mediante Cromatografía de Afinidad

El EC.y los TTs fueron sometidos a cromatografía de afinidad. Se observó que los TTs permiten una mejora en la obtención de moléculas más puras cuando son sometidos a cromatografía de afinidad, esto es debido a que la muestra es menos compleja y hay menos posibilidad de interacciones inespecíficas con el soporte de glioxil-agarosa. Como primer ensayo de pruebas se realizó una cromatografía de afinidad CPA-agarosa en Batch como control del proceso. Posteriormente el relleno de afinidad fue colocado en una columna para automatizar la purificación. En la figura 4 se observa uno de los cromatogramas obtenidos por el proceso de purificación, en este caso el de un extracto crudo proveniente de Churqueña, sin previo tratamiento térmico, para mostrar la relación entre la fracción no retenida (NR) y la fracción retenida. Pudimos observar que el pool del no retenido (NR: Tubos 1-14) no presenta actividad inhibitoria, mientras que hay un pico eluido a pH 5 (tubo 21 y 22) que muestra una fuerte inhibición, del 87% con respecto al control positivo.

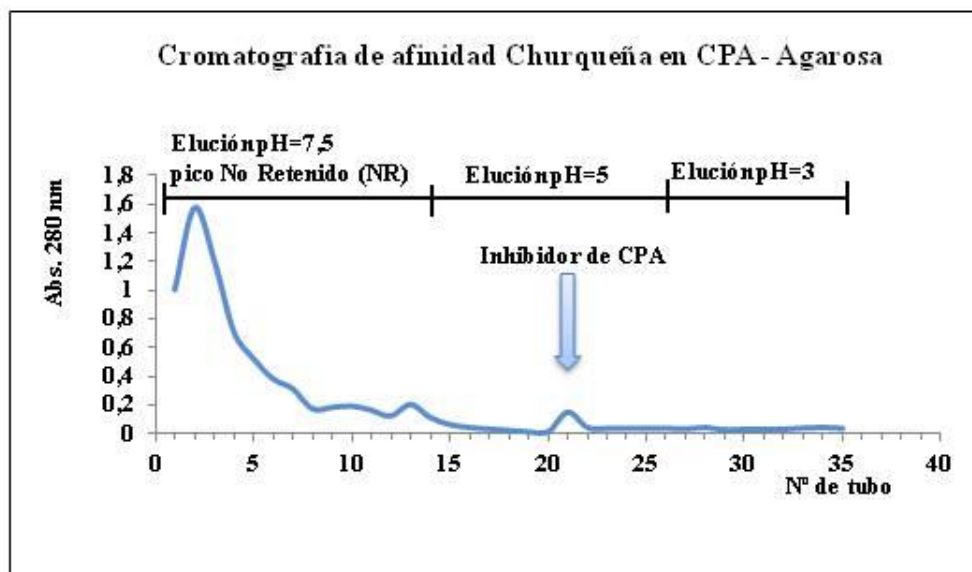


Figura 4: Cromatografía de afinidad de Churqueña en CPA – Agarosa

Medida del Peso Molecular mediante espectrometría de masas MALDI TOF/MS.

Por espectrometría de masas se verificó que en el eluyente obtenido a pH=5 existe una molécula inhibidora con una masa molecular de alrededor de 4309,8 Da.

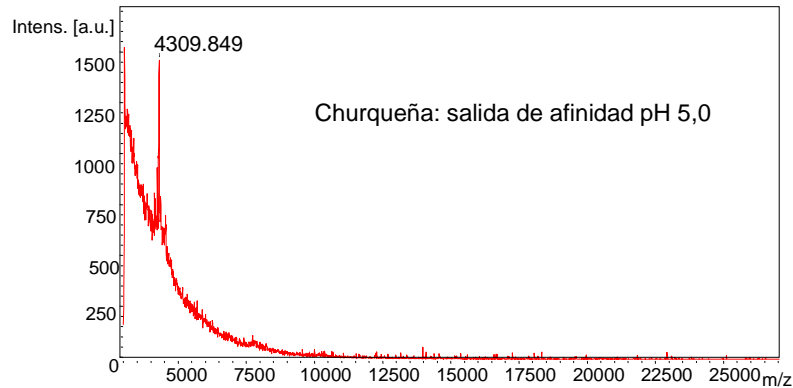


Figura 5: a) Espectro de masas MALDI-TOF/MS

Huella peptídica (Peptide Mass Fingerprint).

Se realizó una electroforesis SDS-page del eluido a pH=5, obteniéndose una banda que fue cortada y a la cual se le realizó una digestión triptica para posteriormente obtener la huella peptídica y compararla con la base de datos.

La obtención de la huella peptídica sin embargo no pudo determinar que este inhibidor sea hallado en bases de datos, por lo cual se confirmaría que se trata de un inhibidor nuevo, no estudiado hasta el momento.

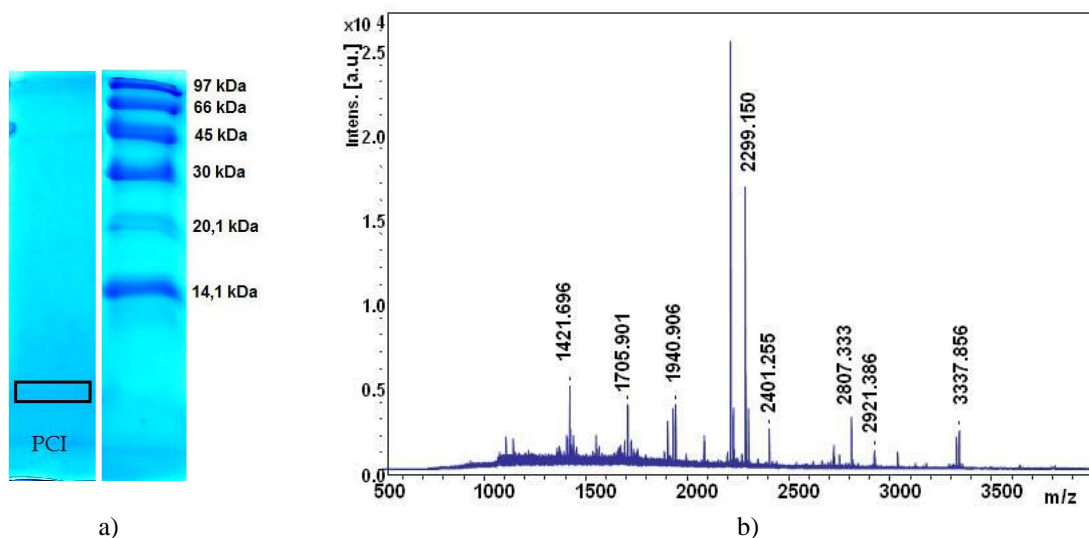


Figura 7: a) SDS-PAGE del pico eluido a pH5 en la cromatografía de afinidad b) Espectro de masas obtenido luego de la digestión triptica, de la banda PCI, también llamado huella peptídica del inhibidor de CPA aislado de papa andina.

5. Conclusiones:

Mediante los porcentajes de actividad residual de CPA se deduce que, en el caso del empleo de los tratamientos térmicos a 70, 85 y 100 °C de Churqueña, la actividad de la enzima es muy baja, lo cual demuestra la muy buena estabilidad térmica del inhibidor.

Estos resultados nos permiten observar el alto grado de purificación logrado luego de realizar los tratamientos térmicos y la cromatografía de afinidad, conservando en un gran porcentaje la actividad inhibitoria sobre CPA con respecto al extracto crudo.

La inmovilización de enzimas junto con el tratamiento térmico demostraron ser herramientas claves para la purificación y aislamiento de los inhibidores con alto grado de pureza. La espectrometría de masas es un método analítico con alto grado de precisión, lo cual permitió en nuestro trabajo la identificación concreta de las moléculas presentes en las muestras. Por último, se logró evidenciar que en los tubérculos de la variedad Churqueña se encuentra presente un inhibidor de metalocarboxipeptidasas el cual no ha sido estudiado aún, lo cual se determinó mediante el análisis de la Huella Peptídica. Dada la gran biodiversidad vegetal existente en nuestro país resulta de sumo interés la implementación de una búsqueda de nuevas moléculas naturales capaces de modificar o modular la actividad biológica de proteasas y microorganismos que estén involucradas en la conservación de alimentos o en funciones nutricionales.

6. Referencias

- Gilani GS, C. K., Sepehr E. (2005). "Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods." *J AOAC Int.*
- Josep Vendrell, E. Q., Francesc X. Avile's (1999). "Metallocoarboxypeptidasas and their protein inhibitors Structure, function and biomedical properties."
- Obregón, W. D. (2011). "Detection and characterisation of a new metallocoarboxypeptidase inhibitor from *Solanum tuberosum* cv. Desirée using proteomic techniques." *Food Chemistry.*
- Santos, A. L. S. d. (2011). "Protease expression by microorganisms and its relevance to crucial physiological/pathological events." *World J Biol Chem.*
- Soler, G., A. Bastida, et al. (1997). "Reactivation strategies by unfolding/refolding of chymotrypsin derivatives after inactivation by organic solvents." *Biochim Biophys Acta* 1339(1): 167-75.
- V. Bártová, J. B. (2008). "Effect of heat treatment on re-solubility of potato proteins isolated from industrial potato fruit juice."

78TCA. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE COMINO QUE PRODUCE CATAMARCA

CABRERA L.*, QUIROGA V.*, FIAD S.*

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Universidad Nacional de
Catamarca (UNCA) -4700 Catamarca- Argentina – vquirogadb@gmail.com

Resumen: El comino es el fruto maduro y desecado de una hierba anual umbelífera, empleado, principalmente, como aromatizante alimentario y contiene entre un 2-5% de aceite esencial (AE). La industria usa este aceite porque es microbiológicamente estéril y carece de las materias extrañas que pueden encontrarse en la especia molida. Catamarca es la segunda productora de comino en la Argentina y comercializa el grano como materia prima para la elaboración del producto molido. El objetivo fue conocer las propiedades físicas y la composición química del AE de comino que se produce en Catamarca, cosecha 2008-2009 y establecer su quimiotipo. Las muestras se tomaron de los departamentos productores de la provincia. El AE se extrajo por cohobación sumergida. Se determinó índice de refracción por refractometría, densidad por picnometría y composición química por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa. Los rendimientos medios en AE fueron similares a los reportados en la literatura y los quimiotipos, diferentes para las distintas zonas de muestreo. Sólo el AE de comino de Pomán presentó quimiotipo en cuminal.

1. Introducción:

El *Cuminum cyminum* L. o comino, es una planta herbácea, anual, erguida, de la familia de las umbelíferas. El fruto semilla es de color cuero verdoso o amarillo parduzco, de olor fuerte característico y sabor picante poco agradable (Curioni, A. y Arizio, O. 1997). Es una especie invierno-primaveral de amplios usos en la industria alimenticia, licorera y perfumera. Se cultiva en zonas templadas semiáridas y se adapta a suelos arenosos, arcillosos, profundos y permeables. En Argentina, se produce en La Rioja, San Juan, Salta y Catamarca. La siembra, en nuestra provincia, se realiza entre la primera quincena de mayo y la segunda quincena de junio y la cosecha se realiza entre mediados y fines de octubre. De los frutos maduros y secos se extrae, por hidroddestilación, entre 1,5 y 4,8 % de AE (Código Alimentario Argentino C.A.A.; Pérez A. y Luna C. 1983; Quiroga V. y Luna G. 1999). En nuestro país, el grueso de la producción se realiza con simiente a una selección local del INTA Catamarca, denominada Sumalao N°1, con alto rendimiento de esencia (de 3,90 a 4,57%) y buen tamaño de semilla (peso de 1000 granos 3,51g). En menor medida se siembra una variedad introducida de Egipto, de grano glabro de menor tamaño de semilla (peso de 1000 granos 2,33g), (Paunero 1995; Martínez, S. et al 2004).

El C.A.A. en el artículo 1300, apartado 16 expresa: el AE de *Cuminum cyminum* L. “obtenido de las semillas, líquido transparente, de color amarillo ámbar o amarillo oscuro y de olor fuerte característico. Densidad relativa a 20/20 °C: 0,908 a 0,928; Índice de refracción a 20 °C: 1,5010 a 1,5060; Desviación polarimétrica a 20 °C: +3° a +8°, Solubilidad en alcohol etílico de 80°: 4 vol mín – 8 vol máx. y Aldehído cumínico: 45% mín. a 52% máx. p/p”. Para la caracterización de un AE se tienen en cuenta las propiedades físicas, la composición química y el quimiotipo. El valor condimenticio del comino está dado por el rendimiento en esencia y por el porcentaje de cuminal presente en el AE, el cual constituye el componente mayoritario y es el principal responsable de su sabor y aroma característico (Tainter, D. R. y Grenis A. 1993; Quiroga V. et al 2003). El

AE de comino se obtiene por hidrodestilación por cohobación sumergida usando la trampa tipo Clevenger, según tentativa de la official and Tentative Methods of the American Oil Chemistry Society (A.O.C.S.), método con el cual se obtiene mejor rendimiento en esencia (Quiroga, V. et al 2003 op cit.). Antecedentes señalan para el comino de Catamarca un rendimiento medio en AE de 3,99% para comino de Belén, 3,91% de Santa María y 4,81% de Pomán. Tanto los cominos de Belén como de Santa María correspondían a la variedad criolla (Sumalao N°1), mientras que el comino de Pomán era de la variedad egipcia. La densidad relativa media del AE de Belén es de 0,907; de Santa María es de 0,908 y el de Pomán 0,924. El índice de refracción del AE de Belén es de 1,4973; el de Santa María de 1,5001 y el de Pomán de 1,5033 (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit) y el de Valle Viejo 1.5023 (Fuentes A., et al 2008). Otros estudios señalan rendimientos de esencia comprendidos entre 2,1 y 2,7 % para el comino de origen nacional, valores similares a los obtenidos con el comino de origen turco (2,1 %) (Bandoni, 1993). Se encontraron distintos quimiotipos para los AE de comino, entre ellos γ -terpineno (29.1%), (Borges, P. y Pino, J. 1993), p-mentha-1,4-dien-7-al (27.4%), (Iacobellis, N. S. et al, 2005), cuminal (31,40 - 32.99%) para comino de Valle Viejo y Pomán respectivamente, (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit; Fuentes A. et al, 2008 op cit), y para comino de Túnez, cuminal (39.48%), (Hajlaoui, H., et al. 2010).

En la norma IRAM-SAIPA N° 18 571 se especifican los valores máximos y mínimos y los métodos de ensayo para los estándares físicos y químicos del AE de comino otorgando rangos más amplios que los especificados en el C.A.A., como es el caso del mínimo de 35% p/p y máximo de 66% p/p para los compuestos carbonílicos expresados como aldehído cumínico. No obstante, los AE de comino analizados por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), reportados en la literatura señalan porcentajes menores de aldehído cumínico que van entre el 16% y el 39% (Iacobellis, N. S. et al, 2005 op cit; Luna, G y Quiroga, V. 1999 op cit; Quiroga V. et al 2003 op cit, Hajlaoui, H., et al. 2010) y en algunos casos hasta un 54,53% de aldehído cumínico como el encontrado en semillas ennegrecidas y almacenadas durante un año (Quiroga, V. , et al 2003). Estas diferencias encontradas podrían sugerir la necesidad de actualizar la normativa vigente en nuestro país y considerar como método válido a la CG-EM para la determinación de la composición química de los AE.

2. Objetivos:

- Determinar la variedad botánica del *Cuminum cyminum* L. en estudio.
- Establecer el rendimiento medio en aceite esencial.
- Conocer las propiedades físicas y la composición química del aceite esencial de comino que se produce en Catamarca, cosecha 2008-2009 y establecer su quimiotipo.

3. Metodología:

Se trabajó con comino de Catamarca, campaña 2008-2009 de los departamentos Pomán, Tinogasta, Belén, Santa María, y Valle Viejo. El comino empleado fue secado y limpiado por el productor. Las muestras para laboratorio se redujeron por cuarteo y se conservaron en frascos de vidrio limpios, secos y cerrados herméticamente.

La variedad botánica de comino se determinó a partir del peso de 1000 granos.

La extracción del AE se hizo según tentativa de la official and Tentative Methods of the American Oil Chemistry Society (A.O.C.S.). El equipo adaptó la técnica estableciendo como mejor performance, una densidad de carga de 0,05g de comino molido por ml de agua, durante 5 hs de destilación continua, cuidando que la ebullición sea suave para impedir que el aceite se emulsione. Los AE se conservaron a $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su

posterior análisis. A fin de ahorrar agua de refrigeración se acoplaron dos destiladores (ver **Figura 1**). El agua de refrigeración fue contenida en un depósito de 10L e impulsada por una bomba eléctrica para circular por ambos refrigerantes y regresar al mismo. En el depósito se colocaron botellas plásticas con agua congelada para que el agua de refrigeración se mantenga fría y la refrigeración sea óptima.



Figura 1: Sistema acoplado de destilación impulsado por bomba eléctrica

El índice de refracción se determinó por refractometría según Norma IRAM – SAIPA N° 185–05, la densidad relativa según norma IRAM-SAIPA N° 185-04, (IRAM-SAIPA 1981) CDU 668.5:531.755.1

Los componentes volátiles de los AE se identificaron y cuantificaron por CG-EM. Se sustituyó la columna polar DB-WAX por una columna apolar DB-5 para correr la serie homóloga de alcanos y la muestra proveniente de Belén con el fin de poder comparar los índices de retención obtenidos con ésta última columna con aquellos citados en la bibliografía, ya que en la misma, la mayoría de los datos de índices de retención responden a análisis realizados en columnas cromatográficas apolares. Conocida la identidad de los picos a partir del índice de retención, se corroboró la existencia de los mismos compuestos químicos en las muestras corridas en columna polar. Por esto, la única muestra que presenta datos correspondientes a índice de retención es la proveniente de Belén. Los cromatogramas se analizaron con el programa AMDIS32, y se identificaron utilizando la biblioteca de espectros NIST 2008. La cuantificación de los constituyentes se hizo por el porcentaje de área asignado a cada pico cromatográfico. Se empleó cromatógrafo gaseoso CLARUS 600 – marca: PERKIN ELMER, espectrómetro de Masas: CLARUS 600T – marca: PERKIN ELMER.

Condiciones Trace GC Ultra: Inyector modo Split, split Flow 20 ml/min, temperatura 250 °C, temperatura del FID: 250°C, volumen inyección: 1 ul (solución al 50%), columna Elite 5 MS, de 60m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25um de espesor de fase estacionaria. Horno: temp. inicial: 60°C durante 5 min luego hace una rampa subiendo 5°C por minuto hasta llegar a 240°C en donde se mantiene durante 10 min. Gas Carrier: Helio 99.999%, Flow Mode: Constant Flow, caudal: 3,26 ml/min. Condiciones Polaris Q: Tipo de Ionización: Impacto Electrónico (EI) 70 eV. Temperatura de la fuente de ionización: 200°C. Filament Delay: 5 minutos

Los componentes individuales son identificados mediante la comparación de sus tiempos de retención y sus índices de retención (Índices de Kovats) con aquellos que se encuentran recogidos en la biblioteca NIST08 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD).

4. Resultados y discusión:

Del peso de 1000 granos de comino (ver **Tabla 1**) surge que la variedad cultivada en Catamarca es la criolla o Sumalao N°1. En estudios anteriores de comino de Catamarca (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit), se reportó que el comino proveniente de Pomán

correspondía a la variedad egipcia, lo que indica que actualmente, en este departamento, se cultiva una variedad distinta.

Tabla 1: Peso medio de 1000 granos de comino y valores medios de propiedades físicas del AE

Muestra	Peso de 1000 granos	Rendimiento promedio (%)	Índice de refracción	Densidad relativa
Pomán	4,33	4,40	1,5007	0,9109
Valle Viejo	3,45	3,87	1,5002	0,9098
Tinogasta	3,24	3,55	1,4945	0,8982
Belén	4,52	4,05	1,4967	0,9025
Santa María	4,35	4,38	1,4941	0,9188

Como se observa en la Tabla 1, el rendimiento en AE difiere según el lugar de procedencia. Los valores encontrados superan los mínimos requeridos por el CAA siendo el comino de Valle Viejo, el que presenta el menor valor, aunque mayor que lo reportado en estudios anteriores (Fuentes A., et al 2008). Comparando con los antecedentes (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit), actualmente, el comino de Tinogasta muestra un mayor rendimiento y el de Pomán menor, aunque este último sigue siendo alto respecto a los AE obtenidos de semillas de comino provenientes de otros departamentos. Los AE de comino proveniente de Pomán y Valle Viejo son los únicos que presentan un IR cercano a lo especificado por el C.A.A. y difieren muy poco de los reportados en otros estudios (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit). Las densidades relativas obtenidas reflejan que las muestras provenientes de Pomán, Valle Viejo y Santa María responden a los estándares del C.A.A, mientras que los AE provenientes de Belén y Tinogasta exhiben valores menores a los requeridos por el CAA. Respecto a resultados obtenidos en estudios previos de AE de Catamarca (Quiroga, V. y Luna, G. 1999 op cit), los datos difieren en forma marcada, aunque la mayor diferencia la presenta el AE de Pomán. Esta diferencia puede deberse a la diferencia en la variedad botánica.

En los AE de comino de Pomán, Valle Viejo y Tinogasta se elucidaron 21 compuestos, (ver **Tabla 2**). El AE de Pomán presenta un quimiotipo en aldehído cumínico (22,53%), un elevado porcentaje de o-cymeno (21,71%) con predominio de hidrocarburos terpénicos (60.2%), seguida de una importante fracción aldehídica (38,96%) y una mínima fracción alcohólica (7 alcoholes elucidados con un porcentaje total de 1,03%). Presenta valores intermedios de α -pineno, β -pineno y γ -terpineno con respecto a las composiciones químicas de AE de cominos reportados en la literatura internacional (Iacobellis, N. S. et al, 2005 op cit; Borges, P. y Pino, J. 1993 op cit) e inferior porcentaje de cuminal respecto al reportado para comino de Pomán (Quiroga, V. et al 2003).

Tabla 2: Composiciones químicas de AE de comino de Pomán, Valle Viejo y Tinogasta

Orden	Pomán		Valle Viejo		Tinogasta	
	Nombre Compuesto	Abundancia relativa	Nombre Compuesto	Abundancia relativa	Nombre Compuesto	Abundancia relativa
1	α -pineno	0,76%	α -pineno	1,28%	α -pineno	1,12%
2	β-pineno	15,32%	β-pineno	22,45%	β-pineno	18,37%
3	sabineno (o 4(10)-tujeno)	0,74%	sabineno	1,26%	sabineno	1,08%
4	β -mirceno	0,72%	β -mirceno	1,03%	β -mirceno	1,04%
5	α -terpinoleno	0,09%	α -terpinoleno	0,07%	limoneno	0,23%
6	limoneno	0,17%	limoneno	0,26%	β -felandreno	0,32%
7	β -felandreno	0,25%	β -felandreno	0,33%	γ-terpineno	23,49%

8	γ -terpineno	20,01%	γ -terpineno	22,45%	o-cymeno	22,37%
9	o-cymeno	21,71%	o-cymeno	22,45%	cis-p-terpineol	0,03%
10	(4-isopropil-1,3-ciclohexadien-1-il) metanol	0,30%	(4-isopropil-1,3-ciclohexadien-1-il) metanol	0,18%	(4-isopropil-1,3-ciclohexadien-1-il)metanol	0,22%
11	terminen-4-ol	0,15%	terpinen-4-ol	0,11%	terpinen-4-ol	0,12%
12	Trans-pinocarveol	0,03%	l-trans-pinocarveol	0,05%	trans-pinocarveol	0,04%
13	β -farnesene	0,15%	β -farnesene	0,21%	β -farnesene	0,28%
14	Acoradieno	0,12%	acoradieno	0,15%	acoradieno	0,11%
15	felandral	0,11%	felandral	0,05%	felandral	0,06%
16	cuminaldehído	22,53%	cuminaldehido	17,00%	cuminaldehido	17,66%
17	2-careen-10-al	16,32%	2-careen-10-al	10,23%	2-careen-10-al	12,86%
18	P-cimen-8-ol	0,04%	carotol	0,04%	carotol	0,09%
19	Carotol	0,06%	p-menta-1,4-dien-7-ol	0,09%	p-menta-1,4-dien-7-ol	0,19%
20	p-menta-1,4-dien-7-ol	0,20%	cuminol	0,17%	cuminol	0,21%
21	cuminol	0,24%	carvacrol	0,14%	carvacrol	0,11%

En el AE de comino de Valle Viejo el β -pineno, γ -terpineno y o-cymeno son mayoritarios y presentan igual abundancia relativa de 22,45%, por lo que presenta un quimiotipo mixto en estos componentes. Predomina la fracción de hidrocarburos terpénicos (71,94%), seguida de una fracción aldehídica (27,28%) y la fracción alcohólica (0,78%). Se encontraron valores muy superiores de γ -terpineno y β -pineno respecto de las composiciones químicas de AE de comino reportados en la literatura internacional. Por su parte, la proporción de o-cymeno (%22,45) y 2-careen-10-al (%10,23) en el AE de Valle Viejo es mayor al reportado para el comino de Túnez (%11,82). Finalmente, el porcentaje de cuminal en el AE de Valle Viejo es mayor al reportado para el comino de Italia (%16,1) (Iacobellis, N. S. et al, 2005 op cit), inferior al comino proveniente de Túnez (%39,48) (Hajlaoui, H., et al. 2010 op cit) y considerablemente inferior al encontrado en estudios anteriores de comino de Valle Viejo (Fuentes A. et al 2008).

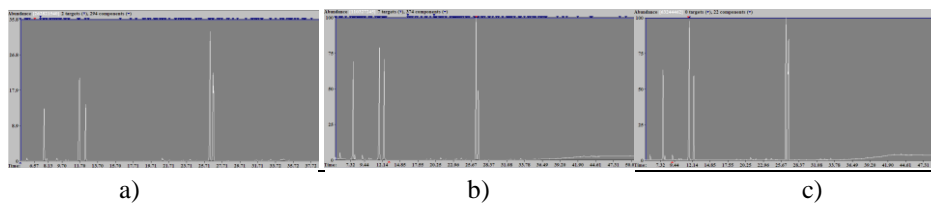


Figura 2: a) Cromatograma del AE de Pomán, b) Cromatograma del AE de Valle Viejo, c) Cromatograma del AE de Tinogasta

El componente mayoritario en el AE de comino de Tinogasta es γ -terpineno (23,49%), y sería correcto llamarlo *Cuminum cyminum* γ -terpineno. Este AE presenta una proporción de hidrocarburos terpénicos de 68,41%, la fracción aldehídica alcanza u 30,58% y la alcohólica, representada por 8 alcoholes elucidados, un 1,01%. Presenta valores muy superiores de γ -terpineno y o-cymeno respecto de las composiciones químicas reportadas en la literatura internacional, mientras que la proporción de α -pineno, β -pineno, β -mirceno, cuminaldehído y 2-careen-10-al poseen valores intermedios (Iacobellis, N. S. et al, 2005 op cit; Borges, P. y Pino, J. 1993 op cit; Hajlaoui, H., et al. 2010 op cit).

Tabla 3: Composición química AE de comino proveniente de Belén y Santa María

Orden	Belén		Santa María	
	Nombre compuesto	porcentaje relativo	Nombre compuesto	porcentaje relativo
1	α -tujeno	0,39%	α -pineno	3,73%
2	α -pineno	0,70%	β-pineno	11,17%
3	sabineno	0,66%	sabineno	7,85%
4	β-pineno	13,41%	β -mirceneno	3,65%
5	β -mirceneno	0,62%	limoneno	0,46%
6	α -felandreno	0,64%	γ-terpineno	15,53%
7	o-cymeno	28,20%	o-cymeno	15,53%
8	limoneno	0,20%	(4-isopropil-1,3-ciclohexadien-1-il)metanol	1,20%
9	β -felandreno	0,35%	terpinen-4-ol	0,77%
10	γ-terpineno	24,01%	β -farneseno	0,57%
11	linalool	0,05%	acoradieno	0,25%
12	no identificado	0,23%	No identificado	2,84%
13	terpinen-4-ol	0,22%	cuminaldehído	15,53%
14	no identificado	2,15%	2-careen-10-al	15,53%
15	cuminaldehído	13,00%	p-cimen-8-ol	0,47%
16	thymol	1,06%	cariophileno	0,17%
17	2-careen-10-al	5,57%	oxide	0,54%
18	myrthenal	8,37%	cuminol	1,47%
19	β -cariofileno	0,04%	carvacrol	0,99%
20	β -farneseno	0,14%	ácido cumínico	1,76%

El cromatograma del AE de comino de Belén (ver **Figura 3 a**) resolvió 20 picos, de los cuales dos no pudieron ser elucidados, ya que la opción dada por la biblioteca de espectros Nist 2008 no se corresponde con ningún compuesto citado en bibliografías consultadas. El primer compuesto no identificado presenta un pico a los 16,9 minutos y presenta un índice de retención de 1104, por lo que según la bibliografía podría ser cis-sabineno hidrato. El segundo compuesto desconocido presenta un pico a los 20,12 minutos y presenta un índice de retención de 1200, según el cual podría tratarse del trans-carveol (Hajlaoui, H. et al, 2010 op cit). Al comino de Belén sería correcto llamarlo *Cuminum cyminum* o-cymeno, ya que este terpeno es el compuesto mayoritario (28,20%) (ver **Tabla 3**). Este AE presenta una proporción de hidrocarburos terpénicos de 69,34%, una fracción aldehídica de 26,95% y una mínima fracción alcohólica (8 alcoholes elucidados con porcentaje total de 1,33%). Considerando la literatura internacional, el AE de comino de Belén presenta valores superiores de o-cymeno y myrtenal; no obstante, la proporción de γ -terpineno y β -pineno se encuentra en valores intermedios; por su parte, el cuminaldehído y el 2-careen-10-al, exhiben valores inferiores a los reportados en otras investigaciones.

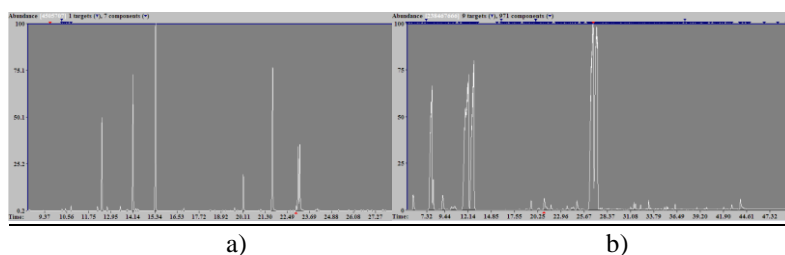


Figura 3: a) Cromatograma del AE de Belén, b) Cromatograma del AE de Santa María

Se identificaron 19 compuestos de los 20 picos exhibidos en el cromatograma del AE de comino de Santa María (ver **Figura 3 b**). Presenta un quimiotipo mixto en cuminal, o-

cymeno, γ -terpineno o 2-careno-10-al, ya que todos estos compuestos mayoritarios se encuentran en igual proporción (15,53%). La porción de hidrocarburos terpénicos es de 58,72%, la fracción aldehídica es de 31,06% y la alcohólica de 5,44%, reportando la mayor proporción alcohólica de todos los AE analizados en éste trabajo. Presenta además ácido cumínico (%1,76), lo que puede estar indicando oxidación del aldehído. Este AE exhibe valores bajos de aldehído cumínico y valores intermedios de β -pineno y γ -terpineno, muy similares a los reportados para el comino de Túnez (Iacobellis, N. S. et al, 2005 op cit; Borges, P. y Pino, J. 1993 op cit; Hajlaoui, H., et al. 2010 op cit). El α -cymeno, el 2-careno-10-al, el α -pineno, el sabineno y el β -mirceno se encuentran en mayor proporción en el AE de comino de Santa María que en los AE reportados en las citadas investigaciones.

5. Conclusiones:

En los AE estudiados, la fracción más abundante es la de los hidrocarburos terpénicos. La fracción de mayor importancia es la aldehídica, ya que ésta es la responsable, en gran parte, del aroma de los AE (Tainter, D. R. y Grenis A. 1996 op cit; Quiroga V. et al 2003 op cit). Si bien el AE de Santa María muestra una fracción aldehídica elevada, hay que considerar la presencia de ácido cumínico; que lo hace menos recomendable que el proveniente del comino de Belén. El AE de comino de Pomán es el único que tiene como componente mayoritario al aldehído cumínico y el que presenta la mayor fracción aldehídica, de lo cual se desprende que es el AE de mejor calidad. Así mismo, si tenemos en cuenta que la variedad de semilla de comino cosechada en Pomán es distinta de la reportada en trabajos anteriores y aun así se obtuvo uno de los mayores rendimientos, se podría pensar que las condiciones edafoclimáticas para el cultivo de comino en Pomán son más propicias que en los otros departamentos de la provincia de donde provenían las semillas de comino estudiadas en este trabajo. Las muestras de AE analizadas revelan que todas ellas poseen quimiotipos distintos, aun cuando se trata de la misma variedad botánica. Así, resulta lógico que los valores de densidad e índice de refracción sean distintos unos de otros según la procedencia ya que la composición química refleja la particularidad de cada uno de los AE.

6. Bibliografía:

- Bandoni, A. (2003) Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores". 2º Edición.
- Borges, P. and Pino, J. (1993) The isolation of volatile oil from cumin seeds by steam distillation". Die. Nahrung. 2: 123-126.
- Código Alimentario Argentino Actualizado – C.A.A. –
- Curioni, A. y Arizio, O. (1997) Plantas Aromáticas Medicinales Umbelíferas. Buenos Aires, Argentina. Edit. Hemisferio Sur S.A.
- Fuentes S.; Romero E.; Quiroga V. (2008) Rendimiento y composición química del aceite esencial de comino de Sumalao. R. Aportes a la Ciencias Químicas Volumen 1 (Número 1 y 2), pp: 121-129.
- Hajlaouia, H.; Mighrib, H.; Noumia E., Snoussia, M.; Trabelsid, N.; Ksourid R., Bakhroufa A. (2010) Chemical composition and biological activities of Tunisian Cuminum cyminum L. essential oil: A high effectiveness against *Vibrio* spp. strains. Food and Chemical Toxicology Volume 48, Issues 8-9, August-September 2010, Pages 2186-219248
- Iacobellis N. S., Lo Cantore, P., Capasso, F., y Senatore F. (2005) Antibacterial Activity of Cuminum cyminum L. and Carum carvi L. Essential Oils. J. Agric. Food Chem, p. 53, 57-61.

Martínez S., Quiroga, V., Luna, G., Fiad, S., De La Quintana, L., Vergara Roig, A., Amaya, S. y Altamirano, S. (2004) Estudio Comparativo de Valores Físico-Químicos en *Cuminum cyminum* L. que Produce la Provincia de Catamarca. *Revista Ciencia y Técnica* N° 11.

Paunero, I.E. (1995). Evaluación de especies aromáticas en la EEA Catamarca”. Informe técnico INTA.

Pérez, A. y Luna, C. (1983) Composición del aceite esencial de comino de Pomán (Provincia de Catamarca). *Anuales de SAIPA – III Congreso Nacional de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales. VIII: p. 115 a 120.*

Quiroga, V. y Luna, G. (1999) Parámetros físico-químicos en comino molido que produce Catamarca. Tesis de Lic. FCEyN. UNCa.

Quiroga, V., Luna, G., de la Quintana, L., Vergara, A., Fiad, S., Amaya, S., Altamirano, S., y Martínez, S. (2003) Valor Condimenticio de Semillas de Comino Procedentes de Pomán, Ennegrecidas por la Lluvia Previa a la Cosecha.” *R. Ciencia, 1, 283-300.*

Tainter Donna R. y Grenis A. (1993). *Espicias y Aromatizantes Alimentarios.* Zaragoza, España. Ed. Acribia S.A.

79TCA. ESTUDIO EXPERIMENTAL Y MODELADO DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DEPENDIENTE DEL TIEMPO DE GELES DE ALMIDÓN DE AMARANTO CON DIFERENTES CONTENIDOS DE AMILOSA

VILLARREAL, M. E.⁽¹⁾; ITURRIAGA, L. B.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - Facultad de Agronomía y Agroindustrias - Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda. Belgrano (S) 1912 – (4200) Santiago del Estero - Argentina - 54 385 4509528 (tel) - 54 385 4509500 (fax) - mevilla@unse.edu.ar

Resumen: En el presente trabajo se estudió el efecto del contenido de amilosa y de la velocidad de corte sobre el comportamiento reológico dependiente del tiempo de geles de almidón de *Amaranthus cuneatus* (ACR) y *Amaranthus caudatus* (ACA) al 10% p/v comparados con geles de almidón de maíz normal (MN) y maíz waxy (MW). Las propiedades de flujo en estado transitorio a velocidades de corte constantes (50, 150 y 300s⁻¹) se llevaron adelante en un reómetro de esfuerzo/deformación controlados AR 1000-TA Instruments. Todos los sistemas exhibieron un comportamiento tixotrópico. La velocidad y el grado de reducción de la viscosidad variaron con la velocidad de cizalla y con el tipo de almidón. La viscosidad inicial de los geles presentó una relación directa con el contenido de amilosa de los almidones, mostrando la siguiente tendencia MN>ACa>ACr>MW. Los sistemas poliméricos con mayor contenido de amilosa fueron los que más rápidamente se desestructuraron con el cizallado de las muestras. El modelo cinético estructural de 3° orden mostró un mejor ajuste de los datos experimentales ($R^2 > 0,95$) que el modelo de Weltman. La velocidad de ruptura estructural (k) incrementó con el aumento de la velocidad de cizalla para ACa, ACr y MW, lo cual podría atribuirse a que la ruptura de la red se produciría en los mismos tipos de enlaces de la red macromolecular, observándose también una menor velocidad de ruptura estructural en los geles de menor contenido de amilosa (MW y ACr), lo cual podría sugerir, que en estos geles los enlaces son más rígidos que los existentes en los geles de mayor contenido de amilosa. El grado de ruptura estructural (η_0/η_{eq}) disminuyó con el incremento de la velocidad de cizalla en los geles de MN, ACr y MW, mientras que aumentó en los geles de ACa.

1. Introducción:

Desde hace aproximadamente una década, se ha intensificado la búsqueda e investigación de fuentes alternativas de almidones nativos noveles que puedan ser industrializados, en este sentido, el almidón de amaranto se constituye en una atractiva opción por las dimensiones muy pequeñas de sus gránulos (1 a 2 μm), los contenidos variables de amilosa (1 al 13%) de las distintas variedades y especies (Kong et al., 2009), la estabilidad de sus geles ante la congelación-descongelación (Yanez et al., 1986) y la resistencia de las pastas y geles a la retrogradación, comparativamente con almidones de otras fuentes (Baker y Rayas-Duarte, 1998).

El estudio de las propiedades reológicas y texturales de los sistemas a base de almidón es de suma importancia para evaluar el comportamiento de los almidones durante su transformación, para el diseño de equipos de procesos y para el control de calidad y utilización de los productos almidonosos en aplicaciones industriales alimentarias y no alimentarias. En este sentido, la revisión bibliográfica revela que, a la fecha, hay escasa información acerca del comportamiento al flujo y la dependencia con el tiempo que pudieran presentar las pastas y geles de almidones de amaranto.

Los geles de almidón pueden ser considerados sistemas bifásicos cuyas propiedades reológicas son determinadas por la contribución e interacciones de la fase dispersa (gránulos de almidón hinchados ricos en amilopectina) y de la fase viscosa continua (red de amilosa), como así también por las interacciones con el agua (Carnali y Zhou, 1996). En general, la mayoría de las pastas y geles a base de almidón exhiben comportamiento de flujo no Newtoniano con una viscosidad que depende del tiempo y velocidad de cizalla, historia de cizallamiento, concentración y temperatura (Abu-Jdayil y Mohamed, 2003).

Distintos autores (Doublier et al., 1987; Dolz et al., 1995; Nguyen et al., 1998; Dewar y Joice, 2006; Achayuthakan y Suphantharika, 2008) reportaron comportamientos tixotrópicos para sistemas poliméricos a base almidón. Para estudiar el mencionado comportamiento frecuentemente se emplea el método del “loop de histéresis” en el cual la muestra es sometida a sucesivos ciclos de incremento y decrecimiento lineales de la velocidad de cizalla. Sin embargo, este método, si bien es sencillo proporciona información cualitativa, sujeta a variaciones por efectos de inercia del equipo, características e historia previa de la muestra (Barnes, 1997) y el área del “loop” de histéresis es fuertemente afectada por el tiempo de cizallamiento y la máxima velocidad de cizalla seleccionada (Nguyen et al., 1998). Para subsanar estos inconvenientes varios autores (Nguyen et al., 1998, Abu-Jdayil et al., 2002) sugieren realizar ensayos en estado transitorio a velocidad de cizalla constante observando las variaciones del esfuerzo cortante y la viscosidad aparente con el tiempo de cizallamiento y aplicando modelos reológicos basados en consideraciones referidas a los cambios estructurales inducidos en las muestras por efecto de la velocidad de corte y del tiempo de cizallamiento (Weltmann, 1943).

2. Objetivos:

El objetivo del presente trabajo fue determinar, a través de ensayos reológicos experimentales y la aplicación de diferentes modelos matemáticos, el efecto del contenido de amilosa y de las velocidades de corte sobre el comportamiento reológico de geles de almidón de *Amaranthus cruentus* y *caudatus* comparadas con almidones comerciales de maíz.

3. Metodología:

Se emplearon almidones del género *Amaranthus* de las especies *cruentus* (ACr) y *caudatus* (ACa) extraídos a partir de granos provistos por la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo, Argentina y por la Cooperativa CAUQUEVA de Jujuy, Argentina, respectivamente, y almidones de maíz normal (MN) y de maíz waxy (MW) adquiridos a la firma comercial SIGMA-ALDRICH. Los contenidos de amilosa aparente (AAp) de los almidones sin desgrasar, determinados colorimétricamente (Juliano et al., 1981), fueron de 0,08% p/p (s.b.s.) para MW; 1,06 para ACr; 7,39 para ACa y 25,82 para MN.

Para cada gel de almidón al 10% p/v se pesó el almidón y se le agregó agua destilada, se mezcló la dispersión y se calentó en un baño de agua termostatzado a una temperatura de $97 \pm 1^\circ\text{C}$ con agitación suave. El tiempo de cocción fue ajustado observando la pérdida de birrefringencia en un microscopio Leica CME provisto de lente para luz polarizada y cámara fotográfica Sony. Se seleccionó un tiempo de cocción de 5 min. como aquel en el cual la muestra perdió su birrefringencia y se mantuvo la integridad de la mayor parte de los gránulos. Las muestras fueron inmediatamente enfriadas en un baño de agua helada, se las cubrió con un parafilm a los efectos de evitar la deshidratación y se las dejó reposar durante 2 h previo a realizar las mediciones.

Las mediciones reológicas se llevaron adelante en un reómetro de esfuerzo/deformación controlados (AR 1000-TA Instruments, New Castle, DE 19720), accionado a través del Software TA Instruments – Water LLC, 109 Lukens Drive. Se empleó una geometría tipo plato de acero inoxidable de 40 mm de diámetro, con 1 mm de gap a una temperatura de 25°C. Los datos obtenidos fueron analizados usando el software Rheology Advantage Data Analysis, versión 5.2.18.

Se estudió el comportamiento reológico de los geles de almidón a través de ensayos en estado transitorio a velocidades de corte constantes (50, 150, 300s⁻¹). Los geles fueron cizallados a una velocidad de corte constante durante 120 min y se midió el esfuerzo de corte y la viscosidad aparente en función del tiempo de cizalla hasta que se alcanzó el equilibrio (Nguyen et al., 1998; Abu-Jdayil y Mohamed, 2003). Las propiedades de flujo dependientes del tiempo fueron modeladas por:

- Modelo de Weltman (Weltman, 1943):

$$\tau = A + B \ln t \quad (1)$$

- Modelo Cinético Estructural (Nguyen et al., 1998):

$$\left(\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0 - \eta_{eq}} \right)^{1-m} = (m - 1)k t + 1 \quad (2)$$

Donde τ es el esfuerzo de corte en [Pa], t es el tiempo de cizallamiento en [s], A y B son constantes que caracterizan el comportamiento de los geles dependiente del tiempo, η_0 es la viscosidad aparente inicial a $t=0$ (estado estructurado) en [Pa.s], η_{eq} es la viscosidad aparente de equilibrio a $t \rightarrow \infty$ (estado estructurado en el equilibrio) en [Pa.s], m es el orden de reacción de la ruptura estructural [adimensional] y $k = f(\dot{\gamma})$ es la constante de velocidad de ruptura estructural en [s⁻¹].

Los datos reológicos informados son las medias de determinaciones realizadas por triplicado. El análisis estadístico se realizó a través del análisis de variancia de una sola vía (ANOVA) para un nivel de significancia $p \leq 0,5$ usando el software INFostat. La diferencia significativa entre muestras se evaluó por medio del test de Tukey.

4. Resultados:

La Figura 1 muestra las curvas experimentales (η vs t) obtenidas a partir de aplicar a los geles de almidón de amaranto una velocidad de corte constante durante un cierto tiempo. Todos los geles presentaron comportamiento tixotrópico. Achayuthakan y Suphantharika (2008) y Villarreal et al. (2010) informaron comportamientos anti-tixotrópicos para geles de MW a concentraciones menores al 6% y para ACr, comportamientos que no se evidenciaron en este estudio, posiblemente debido a los especiales cuidados que se tuvieron en la preparación de los geles a fin de mantener la integridad granular, de tal forma de disminuir la cantidad de amilopectina disuelta en la fase continua y de ese modo evitar la antitixotropía de la muestra (Wang et al., 2009). A una determinada velocidad de cizalla, la viscosidad decreció rápidamente con el tiempo en los primeros minutos. En las figuras se observa que la velocidad y el grado de reducción de la viscosidad varían con la velocidad de cizalla y con el tipo de almidón (fuente y especie), en coincidencia con lo informado por otros investigadores (Nguyen et al., 1998; Dewar y Joice, 2006). La viscosidad inicial de los geles presentó una relación directa con el contenido de amilosa de los almidones, mostrando la siguiente tendencia MN>ACa>ACr>MW. Asimismo se

observó que los geles de MN y ACa fueron los sistemas poliméricos que más rápidamente se desestructuraron con el cizallado de las muestras.

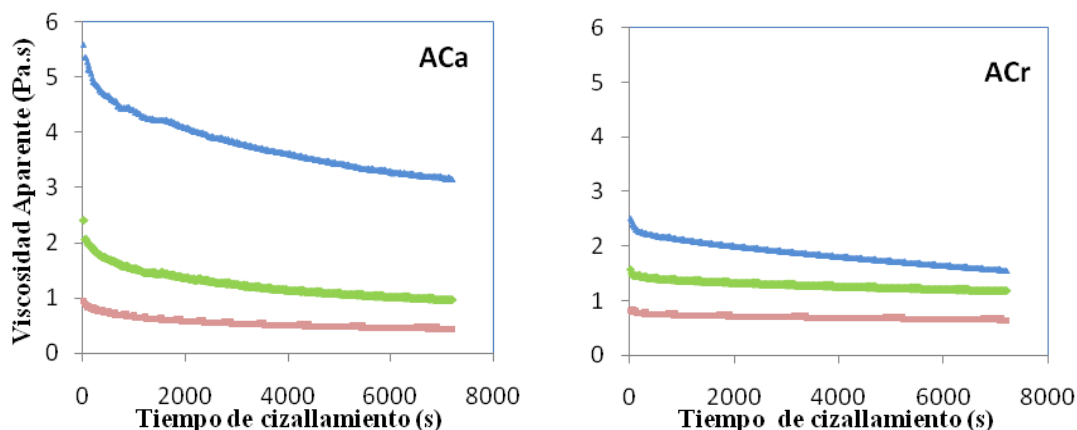


FIGURA 1. Viscosidad experimental a distintas velocidades de cizalla de geles de almidón de amaranto al 10% p/v en función del tiempo de cizallamiento. (celeste) 50s^{-1} , (verde) 150s^{-1} , (rosa) 300s^{-1}

El comportamiento de flujo dependiente del tiempo fue modelado a través del modelo de Weltmann (Tabla 1) y del modelo cinético estructural (Tabla 2), los cuales han sido utilizados por varios autores (Weltmann, 1943; Nguyen et al., 1998; Abu Jdayil y Mohamed, 2002; Dewar y Joice, 2006; Razavi y Karazhiyan, 2008) para caracterizar el comportamiento reológico de suspensiones de pigmentos, pastas de almidón de maíz waxy y regular, yogur concentrado, soluciones de almidón de maíz y azúcares y soluciones de hidrocoloides, respectivamente.

Los datos experimentales, esfuerzo de corte vs tiempo de cizallamiento, ajustado por el Modelo de Weltman presentaron valores de R^2 variables, siendo los geles de MW los que mostraron los mejores ajustes. El grado de tixotropía (B) decreció con el incremento de la velocidad de cizalla en los geles de MN, mientras que aumentó en los geles de MW y ACa y se mantuvo sin modificaciones importantes en los geles de ACr.

TABLA 1. Parámetros de ajuste de geles de almidón al 10% p/v evaluados a diferentes velocidades de cizalla conforme al modelo de Weltmann

Geles	$\dot{\gamma}$ (1/s)	A (Pa)	-B (1/s)	R^2
MW	50	242,25	22,65	0,9914
	150	328,00	27,27	0,9894
	300	401,45	30,15	0,9908
ACr	50	172,74	10,10	0,8980
	150	280,20	11,13	0,9290
	300	290,31	10,44	0,9488
ACa	50	390,92	25,52	0,9549
	150	491,22	38,50	0,9848
	300	401,45	30,15	0,9908
MN	50	242,2	20,52	0,7135
	150	72,03	7,40	0,4285
	300	26,85	2,17	0,4281

El modelo cinético estructural, por su parte, postula que los cambios en las propiedades de flujo están asociados con la ruptura de la estructura interna de la muestra inducida por la cizalla y que la velocidad de ruptura depende de la cinética de los procesos en estado estructurado y no estructurado (Abu Jdayil, 2003). Para los geles de todos los almidones estudiados el modelo cinético estructural de 3° orden (m=3) fue el que mejor ajuste presentó ($R^2 > 0,95$) en coincidencia con lo reportado para pastas de almidón de maíz normal y waxy al 6 y 7% p/p (Nguyen et al., 1998).

TABLA 2. Parámetros de ajuste de geles de almidón al 10% p/v evaluados a diferentes velocidades de cizalla conforme al modelo cinético estructural de tercer orden (m=3).

Muestra	$\dot{\gamma}$ (1/s)	k (1/s)	η_0 (Pa.s)	η_0/η_∞	R^2
MW	50	0,00047	2,138	2,813	0,992
	150	0,00040	1,396	2,584	0,980
	300	0,00252	0,398	1,243	0,972
ACr	50	0,00057	2,368	1,528	0,987
	150	0,00071	1,482	1,266	0,994
	300	0,00076	0,780	1,211	0,994
ACa	50	0,00113	5,287	1,673	0,988
	150	0,00220	2,262	2,357	0,989
	300	0,00296	1,039	2,528	0,988
MN	50	0,00832	3,862	3,140	0,962
	150	0,00391	0,170	2,789	0,968
	300	0,00395	0,053	2,414	0,953

La velocidad de ruptura estructural, medida a través de la constante k, incrementó con el aumento de la velocidad de cizalla para ACa, ACr y MW, lo cual podría atribuirse a que si bien los geles presentan diferentes contenidos de amilosa, la ruptura de la red se produciría en los mismos tipos de enlaces de la red macromolecular, enlaces hidrógeno de los grupos hidroxilos adyacentes a las cadenas de amilosa en los geles de mayor contenido de amilosa y en las cadenas cortas vecinas a la amilopectina en los geles de menor contenido de amilosa (Nguyen et al., 1998). Por otro lado, la velocidad de ruptura estructural es mucho menor en los geles de menor contenido de amilosa (MW y ACr), lo cual podría sugerir que en estos geles los enlaces son más rígidos que los existentes en los geles de mayor contenido de amilosa (Nguyen et al., 1998).

El grado de ruptura estructural expresado, en el modelo cinético estructural, como la proporción de la viscosidad aparente inicial a la viscosidad aparente en el equilibrio (η_0/η_{eq}) (Abu-Jdayil y Mohameed, 2002) disminuyó con el incremento de la velocidad de cizalla en los geles de MN, ACr y MW, mientras que aumentó en los geles de ACa.

La Figura 2 muestra la dependencia de la viscosidad aparente con el tiempo y la velocidad de cizalla para los geles de almidón de ACr y ACa al 10% p/v. En las figuras puede observarse la buena predicción de los datos experimentales a través del modelo cinético estructural de tercer orden (m=3).

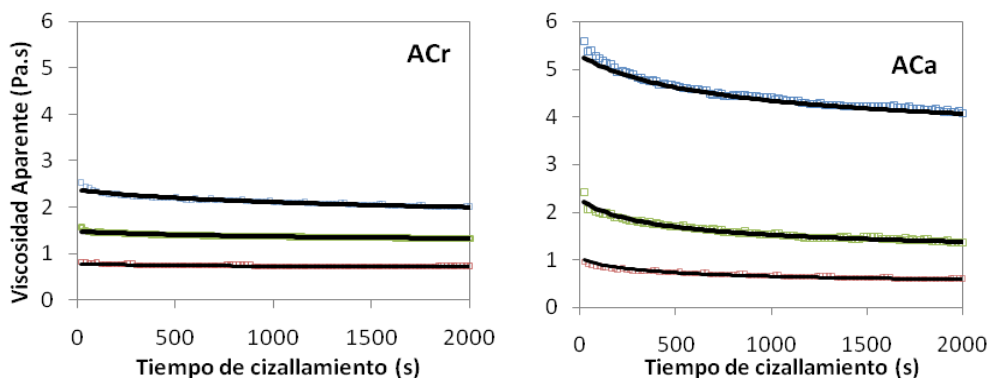


FIGURA 2. Viscosidad experimental y calculada a partir del modelo cinético estructural ($m=3$) para geles de almidón de amaranto 10% p/v vs el tiempo de cizallamiento.
Datos experimentales: (celeste) $50s^{-1}$, (verde) $150s^{-1}$, (rosa) $300s^{-1}$; (-) modelo cinético estructural.

5. Conclusiones:

Los geles de amaranto al 10% p/v exhibieron comportamiento tixotrópico, al igual que los geles de MN y MW. La viscosidad decreció rápidamente con el tiempo de cizallamiento en los primeros minutos y con el incremento de la velocidad de cizalla, siendo más acentuado el efecto del cizallamiento en los geles de mayor contenido de amilosa. El modelo cinético estructural de 3° orden mostró un mejor ajuste de los datos experimentales ($R^2 > 0,95$) que el modelo de Weltman. La velocidad de ruptura estructural (k) incrementó con el aumento de la velocidad de cizalla para ACa, ACr y MW, observándose asimismo una menor velocidad de ruptura estructural en los geles de menor contenido de amilosa (MW y ACr), lo cual podría sugerir, que en estos geles los enlaces son más rígidos que los existentes en los geles de mayor contenido de amilosa. El grado de ruptura estructural (η_o/η_{eq}) disminuyó con el incremento de la velocidad de cizalla en los geles de MN, ACr y MW, mientras que aumentó en los geles de ACa.

6. Bibliografía:

- Abu-Jdayil, B.; Mohameed, H. (2002). Experimental and modelling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affected by the storage time. *Journal of Food Engineering*, 52: 350-365.
- Abu-Jdayil, B. (2003). Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 57: 97-102.
- Achayuthakan, P.; Suphantarika, M. (2007). Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by guar gum and xanthan gum. *Carbohydrate Polymers*, 71: 9-17.
- Baker, L.; Rayas Duarte, P. (1998). Retrogradation of amaranth starch at different storage temperature and the effects of salts and sugars, *Cereal Chemistry*, 75: 308-314.
- Barnes, H. (1997). Thixotropy, a review. *Journal of Non Newtonian fluid mechanics*, 70: 1-33.
- Carnali, J. O.; Zhou, Y. (1996). An examination of the composite model for starch gels. *Journal Rheologist*, 40: 221-234.
- Dewar, R.; Joice, M. (2006). The thixotropic and rheopetic behavior of maize starch and maltodextrin thickener used in dysphagia therapy. *Carbohydrate Polymers*, 65: 296-305.

- Dolz, M; Hernández, M.J.; Pellicer, J.; Delgado, J. (1995). Shear stress synergism index and relative thixotropic area. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 84 (6): 728-732.
- Doublier, J.L.; Paton, D.; Llamas, G. (1987). A rheological investigation of oat starch pastes. *Cereal Chemistry*, 64 (1), 21-26.
- Juliano, B.O.; Perez, C.M.; Blakeney, A.B.; Castillo, T.; Kogeree, N.; Laignelet, B.; Lapis, E.T.; Murty, V.V.S.; Paule, C.M.; Webb, B.D. (1981). International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch*, 33 (5): 157-162.
- Kong, X.; Bao, J.; Corke, H. (2009). Physical properties of *Amaranthus* starch. *Food Chemistry*, 113: 371-376.
- Nguyen, Q.D.; Jensen, C.T.B.; Kristensen, P.G. (1998). Experimental and modelling studies of the flow properties of maize and waxy maize starch pastes. *Chemical Engineering Journal*, 70: 165-171.
- Razavi, S.; Karazhiyan, H. (2009). Flow properties and thixotropy selected hydrocolloids: Experimental and modelling studies. *Food Hydrocolloids*, 23: 9089-912.
- Villarreal, M. E.; Lescano, N. E. Iturriaga, L.B. (2010). Propiedades de flujo de geles de almidón de *Amaranthus cruentus* y *caudatus*. *Inv. Fac. de Ing. del NOA*, 545-559.
- Wang, B.; Li, D.; Wang, L.; Ozkan, N. (2009). Anti-thixotropic properties of waxy maize starch dispersion with different pasting conditions. *Carbohydrate Polymers*, 79: 1130-1139.
- Weltman, R.N. (1943). Breakdown of thixotropic structure as function of time. *Journal of Applied Phisycs*, 14: 343-350.
- Yanez, G.A.; Walker, C.E. (1986). Effect of tempering parameters on extract and ash of prosomillet flours and partial characterization. *Cereal Chemistry*, 63: 164-167.

80TCA. ACELERACIÓN DE LA MADURACIÓN DE QUESOS DUROS DE PASTA COCIDA POR MODIFICACIONES EN LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN

VELEZ, M.A.¹; BERGAMINI, C.¹; MEINARDI, C.¹; CANDIOTI, M.¹; PALMA, S.¹; RODRÍGUEZ, G.²; PEROTTI, M.C.¹; HYNES, E.¹

¹ Instituto de Lactología Industrial (UNL/CONICET) – Facultad de Ingeniería Química. Santiago del Estero 2829 – (3000) Santa Fe, Argentina

² Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos (DESA) - Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria (ISETA) - H. Yrigoyen 931 – (6500) 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina
ehynes@fiq.unl.edu.ar

Resumen: El objetivo de este trabajo fue incrementar la actividad de las enzimas nativas de la leche (plasmina y lipoproteína lipasa) y de la enzima coagulante agregada en la elaboración, mediante modificaciones en la tecnología de quesos duros de pasta cocida, con la finalidad de favorecer la lipólisis, la proteólisis y acelerar la maduración. Los cambios en la tecnología se ensayaron en minicuajadas y quesos miniatura. Se evaluó el efecto del pH de drenado del suero (4.6, 5.4 y 6.4), la temperatura de cocción (50 y 56°C), el lavado de la cuajada y el tipo de coagulante (quimosina bovina y de camello) sobre las actividades de plasmina y coagulante y sobre la proteólisis. En cuanto a la lipólisis, se testearon diferentes pretratamientos de la leche de elaboración: tratamientos mecánicos (homogeneización y agitación) y métodos de sanitización (pasteurización y afloramiento espontáneo de la crema) y se elaboraron quesos miniatura con leche pretratada. Se valoró el impacto de las modificaciones tecnológicas en la bioquímica de maduración; la lipólisis se determinó por GC y la proteólisis por fraccionamiento de N, electroforesis y perfiles peptídicos. Además, se evaluó la composición global de los quesos y cuajadas y se cuantificaron las actividades enzimáticas sobre sustratos específicos. Las variables tecnológicas más favorables fueron: la homogeneización de la leche, la utilización de una temperatura de cocción de 50°C, y la aplicación de un paso de lavado; ya que el cambio de pH incrementó la actividad de la plasmina pero disminuyó la del coagulante. Los tratamientos más favorables se combinaron en una tecnología de elaboración de quesos aplicable a escala piloto. La composición global de los productos fue adecuada y los ensayos sensoriales demostraron una intensificación del flavour y aceleración de la maduración.

1. Introducción

La manufactura de quesos coagulados enzimáticamente, tal como el queso Reggiano, continúa luego de la elaboración con un proceso de maduración, que insume largos períodos, comprendidos entre 6 y 24 meses. Durante el mismo se produce una compleja serie de reacciones bioquímicas, que involucran el metabolismo de la lactosa residual, del citrato y del lactato, la lipólisis, la proteólisis, y el metabolismo de los aminoácidos y ácidos grasos libres. Estas transformaciones influyen en la textura y funcionalidad del queso, así como en el desarrollo del flavour característico de cada variedad (Fox, 2003; McSweeney, 2004).

La lipólisis, se refiere a la hidrólisis enzimática de los triacilglicéridos (TG), la cual da origen a los ácidos grasos libres (AGL), y a los mono y diacilglicéridos. En la leche, la hidrólisis enzimática no se produce espontáneamente, debido a que los TG se encuentran compartimentalizados dentro de glóbulos rodeados por una membrana, y la lipasa nativa

(LPL) se encuentra asociada a la fase proteica. En quesos, los agentes responsables de la lipólisis son: la LPL, el cuajo (en caso de utilizar cuajo en pasta con lipasas activas), los fermentos lácticos, los fermentos secundarios de hongos o bacterias si los hubiera, la microflora adventicia y lipasas agregadas exógenamente (Collins et al., 2003).

Los procesos físicos aplicados en la leche de elaboración de quesos (agitación mecánica, espumado, homogeneización) pueden disminuir la acción protectora de la membrana del glóbulo graso y favorecer la lipólisis (Evers 2004a; Werner et al., 1993). Además, los tratamientos térmicos empleados para sanitizar la leche pueden inducir cambios en la actividad de las enzimas, modificar la microbiota y afectar también el flavour del queso (Lawrence et al., 1993).

En cuanto a la proteólisis, la hidrólisis inicial de las caseínas es producida por el coagulante y por la enzima nativa de la leche plasmina, lo cual resulta en la formación de péptidos largos que luego son degradados por el coagulante y por enzimas del fermento primario y por la microflora no perteneciente al fermento (Visser, 1993). La formación de péptidos y de aminoácidos libres contribuyen al flavour, directa o indirectamente actuando como precursores de otros compuestos (Sousa et al., 2001).

A pesar de que se conocen aspectos generales sobre la influencia de la plasmina, el coagulante y la LPL en la proteólisis y lipólisis de quesos, existe poca información que relacione la tecnología de elaboración de quesos duros de pasta cocida con las respectivas actividades enzimáticas y su impacto en la calidad de los quesos. La modulación de la actividad las enzimas proteolíticas y lipolíticas habitualmente presentes en el queso mediante cambios en la tecnología puede ser una herramienta eficaz para reducir los tiempos de maduración sin introducir nuevos costos, como enzimas exógenas.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo fue incrementar la actividad de las enzimas nativas de la leche (plasmina y lipoproteína lipasa) y de la enzima coagulante agregada en la elaboración, mediante modificaciones en la tecnología de quesos duros de pasta cocida, con la finalidad de favorecer la lipólisis, la proteólisis y acelerar la maduración. Se ensayaron las siguientes variables tecnológicas: la temperatura de cocción, el tipo de coagulante, el lavado de la cuajada, el pH de drenado del suero, y tratamientos físicos aplicados a la leche (tratamiento térmico, agitación mecánica y homogeneización).

3. Metodología

Pretratamiento de la leche de elaboración

Se aplicaron diferentes tratamientos físicos a la leche de elaboración, cuyo impacto se evaluó en la lipólisis de quesos.

Tratamiento mecánico de la grasa y método de sanitización de la leche

Se realizaron experimentos en modelos de quesos adaptando la tecnología de elaboración para quesos duros de pasta cocida a pequeña escala (Hynes et al., 2004), estudiando dos factores a dos niveles cada uno: la agitación mecánica de mezclas al 30% de materia grasa (agitada y no agitada) y el método de sanitización de la leche de elaboración (pasteurización y tratamiento no térmico - afloramiento). Se realizaron 2 elaboraciones por cada tratamiento obteniéndose un total de 8 unidades experimentales (quesos). Los tratamientos fueron: quesos elaborados con leche pasteurizada y mezcla agitada (PA), quesos con leche pasteurizada y mezcla no agitada (PN), quesos con leche aflorada y mezcla agitada (AA), y por último, quesos con leche aflorada y mezcla sin agitar (AN).

Para el tratamiento físico de la materia grasa se preparó una mezcla al 30% MG, la cual se agitó mecánicamente trabajando a 5°C/2800 rpm/2 min. (Vélez et al., 2011a). Las mezclas

tratadas físicamente o control se diluyeron al 3% de MG con leche descremada pasteurizada o sanitizada por afloramiento, y esta leche se empleó para la elaboración de quesos experimentales y controles.

Homogeneización de la leche

Se utilizó el mismo modelo de queso a pequeña escala, estudiando el factor homogeneización a dos niveles: mezclas de 20% MG sometida a homogeneización y sin homogeneizar, originando 2 tratamientos (Vélez et al., 2011b). La mezcla al 20% de materia grasa se homogeneizó a 9 MPa/45°C (Homogeneizador 31M-3TA, Gauling Corporation, Estados Unidos). Con las mezclas de crema homogeneizada o control y con leche descremada se preparó leche al 3% de MG que se reservó durante 12 horas a 12°C; la misma se utilizó en la elaboración de quesos. Para evaluar el impacto de los tratamientos aplicados: agitación mecánica, homogeneización y sanitización de la leche, se analizó la composición global de los quesos y la lipólisis al inicio (3 días) y al final de la maduración (90 días).

Influencia de la temperatura de cocción y del tipo de coagulante en la proteólisis

Con el modelo de quesos miniatura, se estudiaron dos factores a dos niveles cada uno: tipo de enzima coagulante y temperatura de cocción. Las enzimas coagulantes utilizadas fueron: quimosina bovina (CH) y quimosina de camello (CA) (ambas provistas por Chr. Hansen, Argentina) que se utilizaron en dosis equivalentes (Costabel et al., 2006). Las temperaturas de cocción de la cuajada ensayadas fueron: 50 y 56 °C. Los cuatro tratamientos se denominaron CA-50°C, CA-56°C, CH-50°C y CH-56°C. Se determinó la composición, actividad coagulante residual y proteólisis, a los 6, 50 y 90 días de maduración.

Influencia de la temperatura de cocción, lavado de la cuajada y pH de drenado en la proteólisis

En experiencias separadas, se evaluó el efecto de 3 factores: temperatura de cocción y lavado de la cuajada y pH de drenado del suero, sobre la proteólisis y la actividad de plasmina y coagulante. Para ello se utilizó un segundo modelo consistente en minicujadas modelo, obtenidas a partir de mezclas de granos de cuajada y suero (Vélez et al., 2011c). El pH de drenado se ensayó a 3 niveles (4,6; 5,6; 6,3) a una temperatura de cocción de 50°C; la temperatura de cocción a 2 niveles (50 y 56°C) a un pH de 5,6; y el lavado de la cuajada a 2 niveles (con y sin incluir una etapa de lavado) a una temperatura de cocción de 50°C y a un pH de 5,6. Por cada experiencia, se realizaron 3 réplicas de elaboración y 2 minicujadas fueron elaboradas en paralelo. Se analizó la composición, proteólisis y actividad de las enzimas, a los 0 y 7 días.

Aplicación de los mejores tratamientos en elaboraciones de quesos a escala piloto

Se combinaron los mejores tratamientos tecnológicos en la elaboración de quesos a escala piloto (50 L). Se elaboraron quesos controles con la tecnología tradicional para quesos duros (temperatura de cocción 52°C y sin aplicación de lavado a la cuajada) y quesos experimentales con la tecnología modificada (fracción grasa homogeneizada, temperatura de cocción 50°C e incluyendo una etapa de lavado). Las elaboraciones se realizaron por duplicado.

Un volumen de leche cruda se descremó y se obtuvo leche descremada y crema nativa. Con estas fracciones se preparó una mezcla al 20% MG que se homogeneizó a 9 MPa/45°C. La mezcla tratada se diluyó con leche descremada a 2,5% MG. Para los quesos controles, la leche se estandarizó al 2,5% MG sin tratar.

Los quesos obtenidos se maduraron a 12°C/80%HR durante 180 días; se analizó la composición global y se determinó el perfil sensorial (a los 45 y 75 días de maduración).

Determinaciones analíticas

Grasa libre: se empleó el método de centrifugación a 60°C. La técnica se basa en la diferencia de densidad de la grasa libre y de la grasa que se encuentra en el interior de los glóbulos (Evers, 2004b). Se aplicó sobre en las cremas tratadas u homogeneizadas para evaluar la eficacia del tratamiento, y el suero de los quesos elaborados con leche pretratada u homogeneizada para valorar si había pérdidas.

Muestreo y composición global: el muestreo de los quesos se realizó según norma FIL (FIL 50 C, 1995). Se determinó el pH (Bradley et al., 1992), el porcentaje de humedad (FIL 4A, 1982), el contenido de materia grasa (FIL 152 A, 1997) y de proteínas (FIL 20 B, 1993).

Fracciones nitrogenadas: se analizó el contenido de nitrógeno soluble a pH 4,6, en TCA 12% y en PTA 2,5% según (Gripon et al., 1975) para evaluar proteólisis.

Electroforesis: el residuo insoluble a pH 4.6 se analizó por electroforesis en gel de poliacrilamida (Urea-PAGE) según Andrews (1983) y Hynes et al.(1999), con el objetivo de valorar la proteólisis primaria

Perfiles peptídicos: se analizó la fracción soluble en agua por HPLC en fase reversa (Bergamini et al., 2009) para determinar proteólisis.

Lipólisis: Los AGL (C_{4:0} - C_{18:2}) fueron extraídos y cuantificados por CG (Perotti et al., 2005) con el interés de evaluar la lipólisis

Actividad de plasmina: la actividad de plasmina se cuantificó por fluorometría según Richardson y Pearce (1981). La actividad enzimática se definió como nmoles de 7 amido-4 metil-cumarina (AMC) liberados por gramo (de cuajada seca), por min a pH 7,5 y 25°C.

Actividad de coagulante: la actividad residual de coagulante analizó con el método de Hurley et al. (1999) con modificaciones (Bergamini et al., 2009). Se definió actividad de coagulante como nmoles de producto liberado por gramo (de queso o cuajada) y por hora, en las condiciones ensayadas.

Análisis sensorial: se empleó el Análisis Descriptivo Cuantitativo según norma ISO (2003).

4. Resultados y discusión

Pretratamiento de la leche de elaboración

Agitación mecánica y sanitización de la leche

El tratamiento de agitación aplicado a la mezcla de crema y leche produjo daño a la membrana y liberación de la grasa compartimentalizada en los glóbulos, lo que fue confirmado por la determinación positiva de de grasa libre en las cremas tratadas, pero no ocasionó pérdidas significativas de grasa en el suero.

Los niveles de lipólisis en los quesos experimentales aumentaron desde los 3 a los 90 días, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos (valor promedio global, 670 y 940 mg /100 g de grasa a los 3 y 90 días). Estos resultados fueron similares a los reportados para quesos Reggianito (Perotti et al., 2005). No hubo diferencias ($p > 0,05$) en las concentraciones de la mayoría de los AGL entre los quesos elaborados con leche agitada y los controles. Sin embargo, se encontró que el porcentaje de los ácidos grasos cortos (C_{4:0} - C_{8:0}) fue significativamente superior en quesos no tratados térmicamente y con ausencia de agitación. En efecto, los valores para los quesos PN, PA, AN y AA fueron: $4,9 \pm 0,3\%$, $5,2 \pm 0,3\%$, $8,8 \pm 0,2\%$ y $6,6 \pm 1,2\%$ respectivamente.

De las experiencias ensayadas, se seleccionó la ausencia de tratamiento térmico como la variable tecnológica más favorable para la lipólisis.

Homogeneización de la leche

En la **Figura 1** se muestran los perfiles de lipólisis de los quesos a los 3 y 90 días. Los ácidos grasos más abundantes fueron los ácidos palmítico, mirístico y oleico; lo cual se corresponde con lo publicado para esta variedad de queso (Perotti et al., 2005). A los 3 días, los 10 AGL presentaron mayores concentraciones ($p < 0.05$) en los quesos experimentales que en los controles, aunque a los 90 días las concentraciones se igualaron para la mayoría de los ácidos.

El nivel de lipólisis de los quesos experimentales a los 90 días fue de 18957 mg/kg, significativamente superior a lo obtenido en los quesos elaborados con leche sanitizada por afloramiento y sin aplicar agitación (AN). Esta diferencia era esperable ya que se incluyó una etapa de mantenimiento de la leche tratada y control por 12 horas a 12°C antes de elaborar el queso. Dicha etapa se implementó precisamente para facilitar el contacto entre las enzimas y su sustrato (TG).

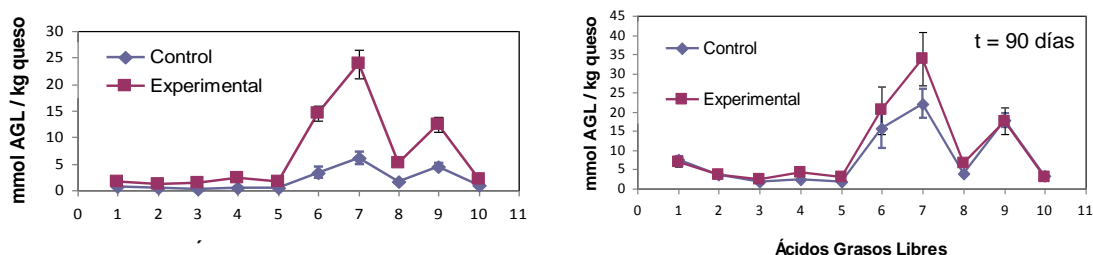


Figura 1. Perfil de ácidos grasos libres en quesos experimentales y controles a los 3 y 90 días de maduración.

En todos los casos los valores de composición de los quesos se consideraron normales para esta variedad de queso (resultados no mostrados).

Influencia de la temperatura de cocción y del tipo de coagulante en la proteólisis de miniquesos

La actividad coagulante residual de los quesos resultó significativamente afectada por la temperatura de cocción. Por el contrario, hubo muy leves diferencias de proteólisis y de actividad según el tipo de enzima utilizada (**Figura 2**). En general, los quesos con una cocción de 50°C presentaron valores de actividad mayor ($p < 0,05$) que los de 56°C, tendencia que se mantuvo hasta el final de la maduración. Sin embargo, los niveles de actividad se nivelaron al final de la maduración para todos los quesos.

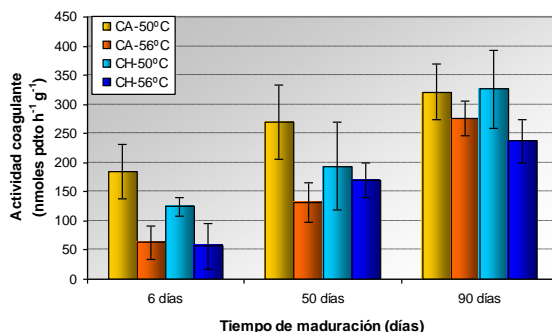


Figura 2. Actividad coagulante residual en los quesos durante la maduración.

Los resultados de los perfiles electroforéticos concuerdan con los obtenidos para la actividad coagulante residual. Los quesos de 50°C, que presentaron mayor actividad

también mostraron una mayor degradación de la α 1-caseína con una consiguiente mayor producción del péptido α s1-I. Resultados similares fueron obtenidos por Sheehan et al. (2007) para quesos semiduros; estos autores observaron que el incremento en la temperatura de cocción durante la elaboración redujo la degradación de la α 1-caseína, en el orden de $53 < 50 < 47^{\circ}\text{C}$.

Sólo la temperatura influyó significativamente en las fracciones nitrogenadas, los niveles fueron menores en los quesos de 56°C que en los de 50°C (resultados no mostrados).

Influencia del pH, temperatura de cocción y lavado de la cuajada en proteólisis de minicuajadas

En todas las experiencias la actividad de plasmina se mantuvo constante durante los 7 días. El pH influyó sobre la actividad de la enzima: los valores de actividad encontrados en minicuajadas elaboradas a pH 4,6 y 5,6 fueron similares (promedio global, $4,3 \pm 0,7$ nmoles AMC/ min g), e inferiores ($p < 0,05$) a los obtenidos a pH 6,3 (valor medio, $8,9 \pm 1,0$ nmoles AMC/ min g). Esta tendencia concuerda con lo reportado por Bastian y Rodney (1996) que informaron que pH elevados durante la eliminación de suero favorecían la actividad de plasmina. El incremento en la actividad de plasmina en las minicuajadas elaboradas a pH 6,3 tuvo un correlato con la proteólisis evidenciada en los perfiles peptídicos. En efecto, se verificó un incremento en el área de los picos atribuidos a la acción de plasmina sobre caseína β , en la zona de elución de péptidos hidrofóbicos. Por el contrario, mediante electroforesis no fue posible detectar un incremento en la producción de γ caseínas.

Con respecto a la temperatura, no se encontraron diferencias en la actividad entre las minicuajadas cocidas a 50 y 56°C (promedio global, $4,7 \pm 0,6$ unidades); tampoco se encontraron diferencias notorias en la electroforesis y en los perfiles peptídicos. Esta observación es contraria a lo estudiado por Somers y Kelly (2002) quienes encontraron que un aumento en la temperatura indujo un aumento en la acción de la plasmina, lo que atribuyeron a la inactivación de los inhibidores de los activadores del plasminógeno. Las diferencias entre las observaciones pueden deberse a las distintas tecnologías empleadas, ya que los autores mencionados estudiaron quesos Cheddar en miniatura.

En cuanto al lavado de la cuajada, este paso afectó positivamente a la actividad de plasmina ($p < 0,05$), probablemente por la eliminación de los inhibidores presentes en el suero (Kelly et al., 2006). La actividad de plasmina fue superior en las minicuajadas con un paso de lavado que en las controles sin lavado (promedio global, $8,9 \pm 1,0$ y $4,9 \pm 0,4$ nmoles AMC/min g, respectivamente). Esta diferencia de actividad se reflejó en los perfiles peptídicos. Los resultados coinciden con los reportados para quesos Gouda en los cuales se incluye un paso de lavado durante su elaboración (Grufferty y Fox, 1988).

La actividad coagulante resultó significativamente afectada por el pH: a los 7 días; los menores niveles se detectaron en las minicuajadas de pH 6,3 (promedio global, $47,8 \pm 6,9$ nmoles pto/ g h), mientras que los mayores valores en las minicuajadas de pH 4,6 ($138,6 \pm 15,4$ nmoles pto/ g h), las muestras de pH 5,5 tuvieron valores intermedios ($113, \pm 4,9$ nmoles pto/ g h). Esta tendencia fue similar a la reportada por Bansal et al. en queso Cheddar (2007).

Al igual que en la experiencia realizada en quesos, la temperatura de cocción de las minicuajadas también afectó la actividad residual de coagulante, lo cual se confirmó en la electroforesis y en un aumento en el área de los picos presentes en la zona inicial de los perfiles en aquellas minicuajadas tratadas a menor temperatura.

Finalmente, la etapa de lavado no demostró una influencia significativa ($p > 0,05$) en la actividad de coagulante en las minicuajadas. Estos resultados se correspondieron con similares perfiles de proteólisis.

Validación a escala piloto

Los tratamientos más favorables se combinaron en una tecnología de elaboración de quesos a escala piloto (50L). Se fabricaron quesos con leche homogeneizada, empleando una temperatura de cocción de 50°C e incorporando una etapa de lavado de la cuajada, que se compararon con quesos control elaborados con la tecnología tradicional.

La composición global de los productos fue adecuada y acorde a lo estipulado en el CAA para este tipo de queso.

Los quesos experimentales presentaron diferencias significativas en varios descriptores de los atributos apariencia, aroma y textura manual, a los 45 días de maduración, respecto a los controles. Similares resultados se obtuvieron a los 75 días de maduración, aunque también se encontraron diferencias en varios descriptores del sabor. Estos resultados demostraron una intensificación del flavour y aceleración de la maduración en los quesos elaborados con la tecnología intervenida.

5. Conclusiones

En este trabajo se ensayaron modificaciones a la tecnología de elaboración de quesos duros en vistas a acelerar la maduración por un incremento de las actividades enzimáticas. Se identificó que la intervención tecnológica más favorable para acelerar la bioquímica de maduración de los quesos consistió en una combinación de homogeneización parcial de la leche de elaboración, inclusión de un paso de lavado de cuajada y disminución de temperatura de cocción. En este sentido, se encontró que la homogeneización de la leche fue el tratamiento más adecuado para acelerar la lipólisis. En cuanto a la proteólisis, los cambios en el pH de drenado del suero se descartaron debido a que un incremento elevado de pH favorecía a la plasmina, pero disminuía la actividad del coagulante. Se prefirió la modificación de la temperatura de cocción a 50°C, ya que permitía una actividad inicial mayor para el coagulante sin afectar la plasmina. Asimismo, la inclusión de una etapa de lavado de la cuajada también fue favorable, ya que aumentaba la actividad de plasmina, sin modificar la actividad del coagulante. La aplicación de la tecnología intervenida en escala piloto fue satisfactoria, mostrando una intensificación y aceleración de la formación del flavour y ningún impacto negativo en los productos.

6. Bibliografía

- Andrews, A. T. (1983). Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins. *J. Dairy Res.* 50, 45-55.
- Bansal, N., Drake, M. A., Piraino, P., Broe, M. L., Harboe, M., Fox, P. F., McSweeney, P. H. L. (2009a), Suitability of recombinant camel (*Camelus dromedarius*) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese. *Int. Dairy J.* 19, 510-517.
- Bastian, E.D., Rodney, J. B (1996). Plasmin in milk and dairy products: an update. *Int. Dairy J.* 6, 435-457.
- Bergamini, C. V., Pozza, L., Zalazar, C., Hynes E. (2009) Optimización de un método para determinar actividad residual de coagulante en queso. XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Concordia (Entre Ríos), 7 al 9 de octubre.
- Bradley, R. L., Arnold, E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., Vines B. K. (1993) Chemical and physical methods. Standard methods for the examination of dairy products. Ed. R. Marshall, American Public Health Association, Washington, DC, pp. 433-531.
- Collins, Y., McSweeney, P. L. H., Wilkinson, M. (2003) Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *Int. Dairy J.* 13, 841-846.

- Costabel, L.M., Cuatrín A. L., Páez R. (2006) Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, 15-17 de noviembre.
- Evers, J. M. (2004b) The milkfat globule membrane-methodologies for measuring milkfat globule (membrane) damage. *Int. Dairy J.* 14, 747–760.
- FIL-IDF (1982) Formaggio e formaggio fuso. Determinazione della materia secca. Metodo di riferimento N° 4 A. International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pp. 184-188.
- FIL-IDF (1993) Latte. Determinazione del tenore in azoto. Metodo di riferimento N° 20 B. International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pp. 74-107.
- FIL-IDF (1995) Lait et produits laitiers. Guide de l'échantillonnage. N° 50C:1995, Bruselas, Bélgica.
- FIL-IDF (1997) Milk and milk products. Determination of fat content (general guidance on the use of butyrometric methods) N° 152A: International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- Fox, P. F. (2003) *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol. 1; Cheese - Biochemistry of cheese ripening / eds. H. Roginsky, J. Fuquay, P. Fox /, Academic Press, Reino Unido, pp. 320-326.
- Gripon, J-C. (1994) Enzimas proteolíticas de bacterias lácticas. Propiedades y rol tecnológico, *Revista Argentina de Lactología*, Vol. 9, pp. 19-29.
- Grufferty, M., Fox, P. (1988) Milk alkaline protease. *J. of Dairy Res.* 55, 609-630.
- Hurley, M. J., O'Driscoll, B. M., Kelly, A. L., McSweeney, P. H. L. (1999) Novel assay for the determination of residual coagulant activity in cheese. *Int. Dairy J.* 9, 553-558.
- Hynes, E. R., Aparo, L., Candioti, M. C. (2004) Influence of residual milk-clotting enzyme on α -s1 casein hydrolysis during ripening of Reggianito Argentino cheese. *J. of Dairy Sci.* 87, 565-573.
- Hynes, E., Delacroix-Buchet A., Meinardi C.A., Zalazar C.A (1999) Relation between pH, degree of proteolysis and consistency in soft cheese. *Aust. J. Dairy Technol.* 54, 24-27.
- Kelly, A. L., O'Flaherty, F., Fox, P. F. (2006) Indigenous proteolytic enzymes in milk: A brief overview of the present state of knowledge. *Int. Dairy J.* 16 (6), 563-572.
- ISO (2003) Sensory analysis -- Methodology -- General guidance for establishing a sensory profile, N° 13299.
- Lawrence, R. C., J. Gilles, and Creamer L. K. (1993) Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1. P. F. Fox, ed. Chapman & Hall, London, UK, pp. 1-36.
- McSweeney, P. L. H. (2004) Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. of Dairy Technol.* 57 (2/3), 127-144.
- Perotti, M. C., Bernal, S., Meinardi, C. A., Zalazar C. A. (2005) Free fatty acid profiles of Reggianito cheese produced with different starters. *Int. Dairy J.* 15, 1150–1155.
- Richardson, B., Pearce, K. (1981) The Determination of Plasmin in Dairy Products. *New Zealand J. of Dairy Sci. and Technol.* 16, 209-220.
- Sheehan, J.J., Oliveira, J. C., Kelly, A. L., McSweeney, P. H. L. (2007) Effect of cook temperature on primary proteolysis and predicted residual chymosin activity of a semi-hard cheese manufactured using thermophilic cultures. *Int. Dairy J.* 17, 826-834.
- Sommers, J., Kelly, A. (2002) Contribution of plasmin to primary proteolysis during ripening of cheese: effect of milk heat treatment and cheese cooking temperature. *Lait* 82, 181-191.
- Sousa, M. J., Ardo, Y., McSweeney, P. H. L. (2001) Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *Int. Dairy J.* 11, 327-345.
- Vélez, M.A, Perotti, M.C., Rebecchi, S.R., Hynes, E.R., Meinardi, C.A, Zalazar, C. A. (2011a) Effect of mechanical treatments applied to milk fat on fat retention and lipolysis in minicurds. *Int. J. of Dairy Technol.* 64, 227-231.

Vélez, M.A, Palma, S.B., Meinardi C.A., Hynes E.R., Perotti M.C. (2011b) Influencia de la homogeneización de la leche en la lipólisis de quesos duros. XIII Congreso Argentino de Tecnología y Alimentos, Buenos Aires, 19 al 21 de octubre.

Vélez M. A., Bergamini C.V., Pozza L., Candiotti M.C., Perotti M.C. y Hynes E.R. (2011c) Efecto del pH, la temperatura de cocción y el lavado de la cuajada sobre la actividad de coagulante y plasmina en minicuajadas modelo. XIII Congreso Argentino de Tecnología y Alimentos, Buenos Aires, 19 al 21 de octubre.

Visser, S. (1993) Proteolytic Enzymes and their relation to cheese ripening and flavor: an overview. *J. of Dairy Sci.* 76, 329-350.

Werner, H., Nielsen, E., Ardo, Y., Rage, A., Antila V. (1993) North European varieties of cheese in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. Ed. P. F. Fox, ed. Chapman & Hall, London, UK, pp. 245–262.

81TCA. ANALISIS DE CARNITINA EN PLANTAS Y VINOS MEDIANTE UHPLC-MS/MS

YUNES A.N.: GOMEZ,F.: MARTIMEZ,L.D.; RABA,J.; CERUTTI, S.

Instituto de Química San Luis (CONICET-UNSL), Área de Química Analítica, Facultad de Química Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis. Avenida Ejército de los Andes 950-Bloque III, San Luis, ARGENTINA.

Resumen: La carnitina es un metabolito cuya presencia en mamíferos es conocido por su participación en el metabolismo de los ácidos grasos (β -oxidación). Por otra parte y, a pesar de que se ha evaluado y confirmado su presencia en los tejidos y órganos vegetales de varias especies incluyendo cereales y leguminosas, en semillas secas y en germinación, y en hojas (G. Fraenkel, 1951); sólo una revisión se ha publicado sobre su posible importancia metabólica (B. Bourdin, 2007) . Recientes estudios realizados en *Arabidopsis thaliana* proponen que la presencia de carnitina y sus metabolitos derivados, las acilcarnitinas, tienen en vegetales una acción sobre el metabolismo de los ácidos grasos similar al exhibido en mamíferos (B. Bourdin, 2007).

En consecuencia, el análisis cualitativo y cuantitativo de este analito es de extrema importancia para definir su rol en la fisiología vegetal. Además, carnitina es considerado un nutriente esencial y, en determinadas condiciones en el hombre, sus requerimientos pueden exceder las capacidades de las fuentes endógenas de síntesis y por ello se recurre a alimentos que la contengan tales como productos de origen animal y lácteo (Ann. NY Acad. Sci. 1033-2004)

En este sentido y sumando un beneficio más relacionado al consumo moderado de vinos, se informa por primera vez la presencia de carnitina libre en uvas y vinos y su variación a lo largo del proceso de vinificación. Además, se reportan resultados provenientes de la evaluación del contenido de carnitina en *Arabidopsis thaliana* y su variación dependiente del horario de toma de muestra.

La metodología analítica optimizada se basó en la inyección de los extractos metanólicos de las muestras en una columna cromatográfica de interacción hidrofílica (HILIC) acoplada a ionización por electrospray en modo positivo ((+)ESI) y detección de masas en tándem (MS/MS) operando en modo MRM. Se observó la presencia de carnitina en las muestras bajo estudio en concentraciones del orden de los ng g^{-1} .

Se establece así una perspectiva interesante desde el aspecto nutricional y se abre de este modo un nuevo campo de investigación relacionado al rol fisiológico de carnitina en vegetales.

1. Introducción

Carnitina

La carnitina es una amina cuaternaria cuya presencia en mamíferos es conocida por su participación en el metabolismo de los ácidos grasos (β -oxidación). Por otra parte y, a pesar de que se ha evaluado y confirmado su presencia en los tejidos y órganos vegetales de varias especies, sólo una revisión se ha publicado sobre su posible importancia metabólica. Recientes estudios realizados en *Arabidopsis thaliana* proponen que la presencia de carnitina y sus metabolitos derivados en vegetales cumplen una acción sobre el metabolismo de los ácidos grasos similar al exhibido en mamíferos. En consecuencia, el análisis de este analito es de extrema importancia para definir su rol en la fisiología vegetal. Además, carnitina es considerado un nutriente esencial y, en determinadas condiciones en el hombre, sus requerimientos pueden exceder las capacidades de las

fuentes endógenas de síntesis y por ello se recurre a alimentos que la contengan tales como productos de origen animal y lácteo. En este sentido y sumando un beneficio más relacionado al consumo moderado de vinos, se informa por primera vez la presencia de carnitina libre en uvas (hollejos) y vinos.

HILIC-UHPLC

La cromatografía líquida de interacción hidrofílica (HILIC) es una técnica de separación cromatográfica utilizada para retención/resolución de compuestos polares e hidrofílicos. De este modo, solutos que presentan muy baja retención en columnas de fase reversa convencionales, generalmente exhiben un fuerte retención en las columnas de tipo HILIC

2. Condiciones experimentales

Cromatografía

Columna: ACQUITY UPLC® BEH HILIC (2.1 × 50 mm) 1.7 μm.

Solvente A: 0.1% ácido fórmico

Solvente B: 0.1% ácido fórmico en acetonitrilo

Velocidad de flujo (mL min⁻¹): 0.3

Volumen de inyección (μL): 10.0

Gradiente: A:B (min): 10:90 (0.0); 100:0.0 (3.5-4.5); 10:90 (4.7-6.0)

Instrumentación

Cromatogramas: Acquity™ Ultra High Performance LC (Waters, Milford).

Espectros de masas: Quattro Premier™ XE Micromass MS Technologies, analizador de triple cuadrupolo con una fuente de ionización por electrospray configurada en modo positivo (Waters, Milford, USA).

Parámetros MS/MS: Ionización: ESI (positivo); Temperatura Fuente (°C): 150 ; Temperatura Gas Desolvatación (N₂, °C): 350 ; Flujo Gas (L h⁻¹): 800; Voltaje Capilar (V): 4500; Caudal Gas de Colisión (Ar, mL min⁻¹): 0.18.

Preparación de las muestras

Los granos de uva (Malbec), previamente congelados, se pelaron con bisturí, se secaron bajo N₂ (g), se pesaron (~ 0.1 g) y transfirieron a tubos de vidrio de 15 mL. Una alícuota de metanol (2.5 mL) se adicionó a cada muestra y los tubos se agitaron por 30 s en vortex. Se centrifugó (10 min a 3500 rpm (1852.2 g)). El extracto resultante se filtró a través de filtros de PTFE (0.45-μm) directamente en viales para análisis LC-MS/MS. Por otra parte, alícuotas de un mililitro de vino comercial (Malbec y Chardonnay) se filtraron a través filtros de PTFE (0.2 μm) directamente en viales para LC-MS/MS.

3. Resultados

Fragmentación de carnitina

Dada la naturaleza zwitteriónica de carnitina, condiciones acídicas fueron empleadas para promover la protonación del hidroxilo del ácido carboxílico, lo cual resultó en la producción de una amina cuaternaria cargada positivamente. De este modo, en el espectro de masas en condiciones de (+)ESI abundó la presencia del ion [M+H]⁺ = 162. Una vez optimizadas las condiciones de mayor producción de este ión padre, se procedió a la evaluación de las condiciones de fragmentación para generar los iones de m/z 60, [(CH₃)₃NH]⁺, y m/z 85, [CH₂CHCHCOOH]⁺ y el ion de m/z 103 generado a partir de la pérdida de (CH₃)₃N (59 u). Así las transiciones 162>103 (cuantificación); 162>85 y 162>60 (verificación) fueron utilizadas en posteriores estudios. Las condiciones de fragmentación fueron:

Ion Padre (m/z)	162.1
Iones Hijos (m/z)	60.4; 85.1 y 103.2
Iones Hijos (m/z)	0.08
Voltaje Cono (V)	15
Voltaje Colisión (V)	17

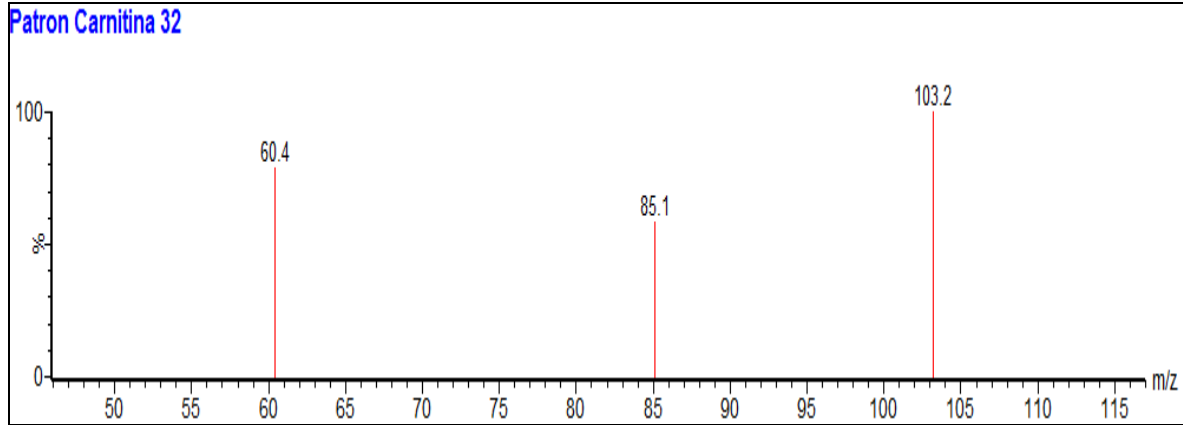


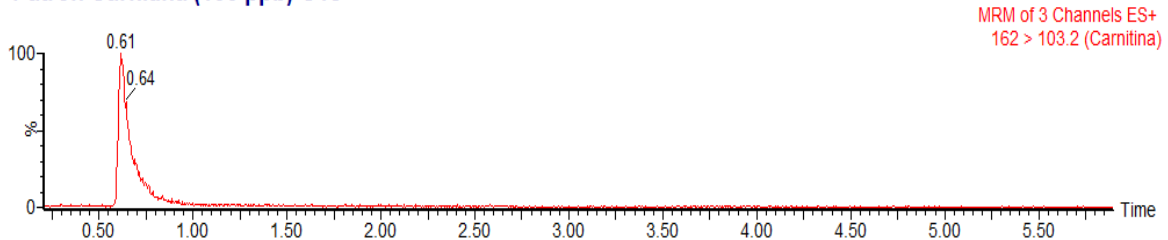
Figura 1- Espectro de masas de patrón de carnitina (100 ppb, modo MRM), obtenido en las condiciones de fragmentación mencionadas. Se pueden observar las tres transiciones monitoreadas, de las cuales la correspondiente a 162>103 es específica de la molécula de carnitina.

Separación cromatográfica

RP-C18 vs. HILIC

Carnitina es un compuesto de naturaleza polar y por ello, es débilmente retenida en columnas de fase reversa. En esta figura se muestra las mejoras en la retención del analito al utilizar una columna HILIC (vs. C18) en las condiciones experimentales mencionadas en la tabla previa.

Patrón Carnitina (100 ppb)-C18



Patrón Carnitina (100 ppb)-HILIC

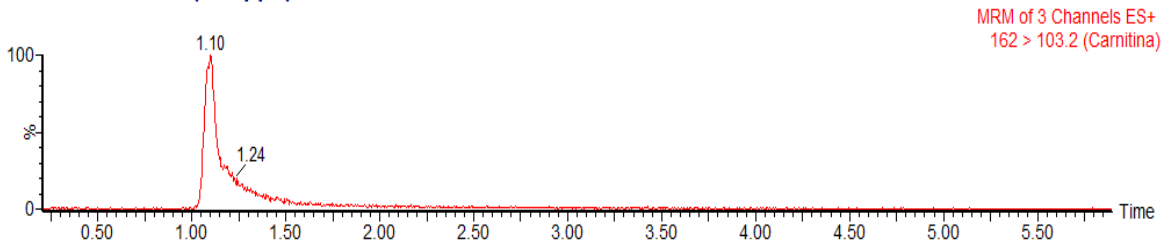


Figura 2- Cromatogramas en columnas C₁₈ y HILIC obtenidos para un patrón de carnitina de concentración 100 ppb (volumen inyectado 100 µL) En la figura se muestra las mejoras en la retención de carnitina al emplear una columna HILIC.

Contenido de ACN en la fase móvil

Además, las condiciones de gradiente utilizadas para la metodología HILIC (ver tabla de condiciones experimentales), favoreció la desolvatación de carnitina y mejoró la

sensibilidad del sistema (+)ESI-MS/MS. En general, la concentración de acetonitrilo en la fase móvil (~ 65%) resultó en un incremento en la señal de carnitina de 3 veces comparada a la obtenida en una fase C18 .

Efecto de la velocidad de la fase móvil

Este efecto se evaluó utilizando los gráficos de van Deemter. La velocidad se varió entre 0.1 a 0.5 mL min⁻¹. Una velocidad de 0.3 mL min⁻¹ resultó en los valores más pequeños de H (altura equivalente a un plato teórico).

Efecto de la matriz de la muestra

Se comparó la señal de carnitina en soluciones provenientes de la adición estándar del analito a vino tinto, blanco y hollejos y en soluciones de solvente puro (metanol). No se apreció aumento de la señal, ni efecto de supresión iónica.

Figuras de Mérito y Aplicación

Estudio de Recuperación

Para evaluar la recuperación de carnitina, 1 g de muestra de hollejo y 10 mL de vino fueron divididos en 10 porciones de 0.1 g y 1 mL, respectivamente. El método de determinación se aplicó a seis porciones y la cantidad promedio de carnitina se estableció como valor base. Luego, cantidades conocidas y crecientes de carnitina se adicionaron a las otras alícuotas y se procedió a su determinación. El estudio de recuperación demostró porcentajes entre 98.5 y 100.5% para ambos tipos de muestras.

Eficiencia Analítica	HILIC-LC-ESI-MS/MS
Intervalo de Respuesta Lineal Ensayado	0.5 – 500.0 µg L ⁻¹
Coefficiente de Determinación (R ²)	0.9995
Repetibilidad (RSD) (C _{C0} : 1.0 µg L ⁻¹)	3.0%
Reproducibilidad (RSD) (C _{C0} : 1.0 µg L ⁻¹)	7.5%

Análisis de Carnitina en las muestras de interés

Muestra	Concentración de Carnitina
Hollejos (n = 50; ng g ⁻¹)	9.20 ± 2.48
Vino tinto (n = 10; µg L ⁻¹)	49.56 ± 2.65
Vino blanco (n = 10; µg L ⁻¹)	34.54 ± 5.73

4. Conclusiones

- Se desarrolló una metodología rápida y sensible para la separación/determinación de carnitina en vinos y hollejos mediante HILIC-UHPLC-ESI-MS/MS.
- Se reporta por primera vez la presencia de carnitina en uvas (hollejos) y vinos.

82TCA. PROPIEDADES MECANICAS Y ADHESIVAS DE ADHESIVOS HOT-MELT FORMULADOS CON EVA Y RESINAS NATURALES PARA ENVASES ALIMENTICIOS

FERNANDEZ V. E.^{1,2}, MARTÍNEZ L. M.¹, DE LA OSA GONZÁLEZ O.¹

⁽¹⁾ Dpto. de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) - Bernal - Bs. As. – Argentina - odelaosa@unq.edu.ar

⁽²⁾ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As. - La Plata - Bs. As. - Argentina

Resumen: En este trabajo se formularon y prepararon films de adhesivos hot-melt empleando copolímero EVA (*Etilen Vinyl Acetate*), como base polimérica estructural y las resinas refinadas del género *Grindelia*, como agente modificador de la pegajosidad (tackificador) como alternativa de la resina de colofonia utilizada habitualmente. Dos copolímeros comerciales fueron utilizados, el Elvax® 220W y Elvax® 260 (DuPont™), de igual proporción de Vinil Acetato (VA, 28%p/p) y diferentes Índice de Fluidez (MI, 150g/10min y 6g/10min, respectivamente). Las resinas de *G. Chilensis* y *G. Camporum* utilizadas fueron extraídas de sus hojas, tallos y flores empleando diclorometano, siendo refinadas posteriormente. La posterior preparación de los adhesivos se llevó a cabo mediante calentamiento hasta la homogeneización de los componentes, variando la proporción del agente tackificador. A los films se les evaluó la resistencia al corte ($\tau_{\text{máx.}}$), resistencia a la tracción ($\sigma_{\text{máx.}}$) y módulo de elasticidad (E). Para el adhesivo EVA/Rosin, se observó que la resistencia al corte es mayor para la E260 que para E220, en correspondencia con el menor peso molecular y cristalinidad para la E220. Los valores de resistencia máxima en los adhesivos de E220 y E260 disminuyeron según los tackificantes utilizados: Rosin, *G. Chilensis* y *G. Camporum*, respectivamente. La resistencia de E260-Ch y E220-R fueron muy superiores a la obtenida con la resina C. Los valores de $\tau_{\text{máx.}}$, $\sigma_{\text{máx.}}$ y E obtenidos en las formulaciones, son acordes para ser utilizados en adhesivos para envases alimenticios.

1. Introducción

Los adhesivos son materiales que se aplican sobre la superficie de dos sustratos o adherentes, y que mediante fuerzas de unión permiten su adhesión resistente a la separación. Forman un puente de unión en la interfase de sustratos, sean del mismo material o no, flexibles y/o rígidos. Existen dos fenómenos que ocurren cuando se pretende unir dos sustratos, la adhesión y la cohesión. La adhesión es el conjunto de interacciones físicas y químicas que tienen lugar en la interfase adhesivo/adherente, mientras que la cohesión son las fuerzas intermoleculares de atracción, fuerzas de van der Waals, y las fuerzas de enlace que prevalecen entre las moléculas dentro del adhesivo. La adhesión entre dos sustratos se puede evaluar realizando un ensayo de rotura de la unión adhesiva. Los adhesivos termofusible o hot.-melt, son adhesivos prepolimerizados que humectan los sustratos cuando se calientan por encima de su temperatura de reblandecimiento y que al enfriar adquieren, rápidamente y sin cambios en su estructura, la consistencia de un plástico. Los adhesivos termofusibles son mezclas de tres o más ingredientes, por lo que la compatibilidad o de la miscibilidad entre los componentes de la mezcla adhesiva resulta imprescindible para poder relacionarla con las propiedades viscoelásticas, térmicas y adhesivas de estos adhesivos. El polímero base más utilizado para la formulación de los adhesivos termofusibles, destinados entre otros al sector de embalaje, es el copolímero

EVA. Sus propiedades dependen, fundamentalmente, del peso molecular del polímero y del contenido de acetato de vinilo en la estructura y el índice de fluidez (MI, Melt Index). El MI significa la característica de flujo de los materiales termofusibles a presión y temperatura fija, parámetro relacionado con el peso molecular del polímero. A pesos moleculares mayores las cadenas poliméricas tienen mayor longitud, disminuyendo su capacidad de fluir a presión y temperatura fija por lo que los valores de MI serán menores que para aquellos donde los pesos moleculares disminuyan. A mayor peso molecular se obtiene mayor cristalinidad. La variación en el contenido de VA también modifica la cristalinidad de los copolímeros. Los copolímeros de EVA poseen una amplia gama MI, buenas propiedades de adhesión a diversos adherentes y un bajo costo. Una manera de obtener adhesivos a base de EVA con un amplio espectro de propiedades es mediante la combinación de este polímero con aditivos. Entre los aditivos más comunes empleados se encuentran las cargas, los tackificadores, antioxidantes, entre otros. Las resinas tackificantes amorfas de bajo peso molecular, ejercen un papel fundamental en adhesivos hot-melt cuyo polímero base es un copolímero de etilen vinil acetato, ya que el copolímero por sí sólo no presenta adecuadas propiedades adhesivas. Por tanto, los tackificantes son agregados comúnmente para impartir pegajosidad (tack) a los adhesivos del tipo hot-melt y también en los PSA (adhesivos sensibles a la presión), formulados en base a copolímeros de EVA. Uno de los tackificadores comúnmente utilizados es la resina de colofonia (Arán Aís, 2000). Por lo general, entre 10-40% se agrega en los adhesivos comerciales termofusible, proporcionando viscosidad deseada sin la sustancial disminución de la fuerza de adherencia o la temperatura de servicio del adhesivo, mejora la procesabilidad, reduce el costo y aumenta la flexibilidad de estos adhesivos. Además, debe ser razonablemente compatible con el polímero base, tienen un peso molecular muy bajo y tienen una temperatura de transición vítrea (T_g) que es mayor que el del polímero base (Fernandez *et. al.*, 2011). Por lo tanto, la adición de agentes de pegajosidad modifica las propiedades reológicas y de adhesión. También, la compatibilidad del agente de pegajosidad en mezclas con EVA fueron descritas y se estableció que tackificantes muy polares eran más compatibles con los grupos de acetato de vinilo (VA) (polar) en el copolímero EVA, y que los agentes de pegajosidad menos polar y alifáticos eran más compatibles con los grupos etileno (no polar) del copolímero EVA. Por lo tanto, el contenido de VA en los copolímeros EVA y la naturaleza del agente de pegajosidad determinará la compatibilidad, las propiedades viscoelásticas y las adhesivas de las mezclas de EVA/tackificante (Faker, 2008). La resina de colofonia es una de los más antiguos utilizada como materia prima para la industria de adhesivos, ya sea como tal (colofonia no modificada) o en su forma de éster de colofonia.

La *Grindelia* Willd. (Asteraceae) es un género americano que comprende alrededor de 63 especies seleccionando a la *Grindelia Comporum Green* como una especie promisoría para el suroeste de los Estados Unidos. Su resina, compuesta por ácidos diterpénicos del grupo labdano, podrían reemplazar a las de pino (*Pinus* sp.) (Jackson, 2005). Desde el año 1992 se siembra en la Patagonia Argentina *Grindelia Chiloensis* en condiciones de secano, con el objetivo de encontrar nuevas opciones productivas (Golluscio, 1999) que reemplacen a la agricultura y ganadería que llevó a la degradación de la tierra (Ravetta, 2002). Para lograr la aplicación de la resina extraída de *Grindelia Chiloensis* como tackificador (modificador de adherencia), dada su alta pegajosidad, se han realizado estudios dirigidos principalmente a conocer su comportamiento de flujo (Barrueso - Martínez, 2001). Trabajos previos han demostrado que la refinación aumenta la viscosidad de la resina, debido a que la extracción de ceras produce un aumento en las fuerzas cohesivas entre los diferentes componentes de la resina extraída de *Grindelia* (Martínez *et. al.*, 2009). Según lo

descripto anteriormente, las propiedades adhesivas y mecánicas serán estudiadas con el objeto de poder definir el rango de aplicación en los adhesivos formulados.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento adhesivo y mecánico de adhesivos hot-melt preparados con dos copolímeros EVA, de igual contenido de Vinil Acetato (VA, 28%p/p) y diferentes Índice de Fluidéz (MI, 150g/10min y 6g/10min, respectivamente), y resinas de *Grindelia* para su posible utilización en envases y embalajes alimenticios.

3. Materiales y Métodos

Extracción de la resina cruda

Las hojas, tallos y flores, de *Grindelia Chilensis* (Ch) y *Grindelia Camporum Greene* (C), se secaron entre 60°C y 65°C durante 72hs. Luego, se molieron empleando un triturador manual. Se peso 1Kg de la biomasa triturada, se introdujo en un balón de 10L y se adicionó 3L de diclorometano. El balón se conectó a un equipo refrigerante en reflujo y se llevo a ebullición durante 8hrs. Luego, se dejo enfriar y se filtró mediante vacío. Por último se evaporó el solvente mediante un rotavapor modelo Laborota 4000 (Heidolph, Alemania), obteniéndose la resina cruda totalmente libre de solvente.

Refinación de la resina cruda

Para la refinación de la resina cruda de ambas especies *Grindelia*, se introdujo 300g de cada una en un vaso de precipitado y se agregó igual volumen de metanol. La mezcla se trató a 50°C en un baño termostático modelo Masson (Vicking, Argentina), con agitación constante hasta lograr la separación de fases. Esto generó el precipitado de las ceras contenidas en la resina cruda. Una vez frío el sistema, se adicionó 100ml más de metanol y se filtró mediante vacío logrando de esta manera la separación de las ceras de la resina disuelta en metanol. Al filtrado se le agregó carbón activado (Clarimex), con un tamaño de partícula del 75% ($\leq 40\mu\text{m}$), en una proporción del 7%p/p, se llevo a ebullición por 30 minutos con agitación. Posteriormente se filtró mediante vacío, recirculando el filtrado hasta que no se obtuvo carbón activado remanente sobre el papel de filtro. El solvente remanente se evaporó en un rotavapor entre 60°C y 70°C, obteniéndose así la resina refinada Ch y la de C libre de solvente. Ambas resinas se almacenaron en frascos con tapa dentro de un desecador.

Formulación de los Adhesivos

En la formulación de los adhesivos se usaron dos copolímeros EVA (*Etilen Vinyl Acetate*) como base polimérica estructural y las resinas refinadas de *G. Chilensis* y *G. Camporum* como agente modificador de la pegajosidad (tackificador). Se utilizó Elvax® 220W (E220) y Elvax® 260 (E260) (DuPont™), ambos de igual cantidad de Vinil Acetato (28%p/p) y diferente Índice de Fluidéz (150g/10min y 6g/10min, respectivamente). La resina no modificada de Colofonia, Rosin WW (origen Brasil) (R), se utilizó como tackificador de referencia. Las

Tabla 1 - Composición de los adhesivos formulados

Muestra	Composición (%p/p)				
	E220	E260	C	Ch	R
E220-C 90/10	90	-	10	-	-
E220-C 70/30	70	-	30	-	-
E220-C 50/50	50	-	50	-	-
E220-Ch 90/10	90	-	-	10	-
E220-Ch 70/30	70	-	-	30	-
E220-Ch 50/50	50	-	-	50	-
E260-C 50/50	-	50	50	-	-

E260-Ch 50/50	-	50	-	50	-
E220-R 50/50	50	-	-	-	50
E260-R 50/50	-	50	-	-	50

formulaciones se llevaron a cabo variando los copolímeros EVA y el tackificador en las proporciones señaladas en la Tabla 1.

Preparación de las Mezclas y Films Adhesivas

Para la preparación de las mezclas adhesivas se introdujo el copolímero EVA correspondiente en un vaso de precipitado. Se calentó sobre una placa calefactora (Fbr® Stir and Heat by Dealab SRL, Argentina) entre 160°C y 170°C con agitación constante. Una vez fundido el copolímero, se adicionó la resina refinada de *Grindelia*, según la composición de la muestra que se trató y la temperatura se disminuyó a 100°C - 120°C, manteniéndose durante 15 minutos. Finalmente la mezcla fundida y de aspecto homogénea se volcó sobre una placa de silicona y se dejó solidificar a temperatura ambiente. Luego se separó el adhesivo del papel siliconado y se guardó dentro de una bolsa de nylon en un desecador, para la posterior preparación de los films. Estos últimos se obtuvieron mediante moldeo por compresión, utilizando entre 9 y 10g de cada mezcla EVA/tackificador. Sobre una prensa de platos calientes (EMS, Argentina) se situó un molde de 15cm de ancho por 20cm de longitud, y 0,3mm de espesor. La muestra se ubicó dentro del molde y se calentó a 95°C, bajo presión por 10min. Una vez fundida la mezcla, se aumentó la presión durante otros 10min con el pistón logrando la distribución de la misma en todo el molde y la consecuente formación del film. Para evitar la adhesión del film al material de la prensa, se utilizó una película de teflón. Luego, se enfrió el molde hasta alcanzar entre 25°C y 30°C. Se retiró cada film y se guardaron entre separadores en un desecador para su posterior caracterización.

Determinación de Propiedades Adhesivas y Mecánicas

Las propiedades adhesivas y mecánicas de los adhesivos hot-melt formulados se determinaron empleando una Máquina de Ensayos Universal TC-500 Serie II (MegaTest, Argentina) con una celda de carga de 100Kg modelo CTC100 serie n° 179 (MegaTest, Argentina). Para los ensayos se tomaron como referencia las normas ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Propiedades Adhesivas

Se realizó el ensayo de resistencia al corte por compresión según norma ASTM D905-98. En este caso las probetas fueron diseñadas como se ilustra en la Figura 1, donde la muestra de film a ensayar fue de longitud de 31,8mm, ancho de 50,8mm y espesor de 0,3mm, siendo el área de pegado igual a 1615,44mm². Luego de ensayar diferentes sustratos rígidos (PVC, chapa, PRFV) para considerar el pegado entre las superficies de contacto, se terminó por definir a la madera de pino. Las superficies de pegado fueron previamente lijadas para eliminar cualquier porosidad existente en la sección de pegado. Las uniones adhesivas se realizaron a 25°C, con el adhesivo precalentando a 120°C. El resultado obtenido fue la resistencia al corte ($\tau_{\text{máx.}}$) para cada adhesivo formulado.

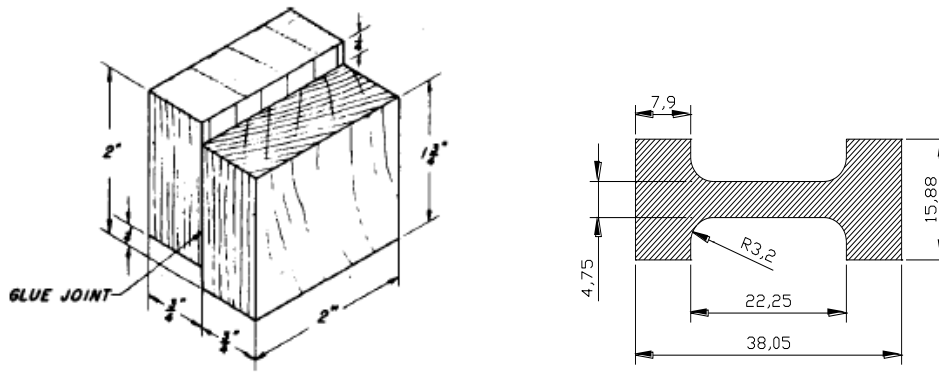


Figura 1 - Forma y dimensión de la probeta de acuerdo a la norma ASTM D905-98 y ASTM D905-98

Propiedades Mecánicas

El ensayo de tracción se realizó según norma ASTM D 1708-84. En este caso, las probetas de film a ensayar fueron cortadas según se indica, siendo la longitud de la parte central de 22,25mm, la sección transversal de 4,75mm y el espesor de 0,3mm (Figura 1). Se pudo obtener como resultado la resistencia a la tracción ($\sigma_{\text{máx.}}$) y el módulo de elasticidad (E) de cada una de los adhesivos ensayados.

4. Resultados y discusión

Los gráficos carga - desplazamiento para el ensayo de corte fueron convertidos a resistencia al corte (τ) - desplazamiento (Δl) para obtener el valor de resistencia máxima al corte ($\tau_{\text{máx.}}$) tal como se ve en la Figura 2. En todos los casos, se produjo la separación en la interfase sustrato/adhesivo, considerando que la separación por ocurrió por falla de la adhesión. En la Figura 3 se puede observar que para EVA/Rosin, la resistencia máxima fue menor para la E220 que para E260, en correspondencia con el menor peso molecular y cristalinidad para la E220. Los valores de resistencia máxima al corte en los adhesivos de E220 y E260 disminuyeron según los tackificantes utilizados: R, Ch y C, respectivamente según se muestra en la Figura 4. La resistencia de E260-Ch y E220-R fueron muy superiores a la obtenida con la resina C. La Tabla 2 muestra los valores numéricos obtenidos como promedio de tres ensayos realizados para cada adhesivo formulado.

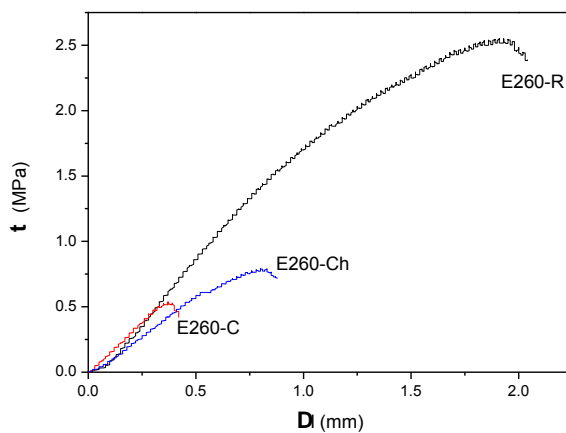


Figura 2 - Grafico Resistencia al corte – desplazamiento de adhesivos EVA260 con diferentes tackificantes

Muestra	$\tau_{\text{máx.}}$ (MPa)
E220-C 90/10	0,62
E220-C 70/30	0,55
E220-C 50/50	0,18
E220-Ch 90/10	1,19
E220-Ch 70/30	1,02
E220-Ch 50/50	0,63
E260-C 50/50	0,59
E260-Ch 50/50	0,77
E220-R 50/50	2,51
E260-R 50/50	2,52

Tabla 2 - Propiedades adhesivas de los adhesivos formulados

Los gráficos carga - desplazamiento para el ensayo de tracción, obtenidos en el equipo de propiedades mecánicas, fueron convertidos a resistencia a la tracción (σ) - deformación específica (ϵ) para obtener el valor de resistencia máxima a la tracción ($\sigma_{\text{máx.}}$) y de módulo de elasticidad longitudinal (E) como se puede observar en la Figura 5. La Tabla 4 muestra los valores numéricos obtenidos como promedio de tres ensayos realizados para cada adhesivo formulado. Según se muestra en la Tabla 3, para los adhesivos EVA/tackificante formulados al 50%p/p se observó que la resistencia máxima ($\sigma_{\text{máx.}}$) fue mayor cuando se utilizó la resina refinada de Ch que cuando se empleo C, independientemente de la matriz polimérica (copolímero E220 y E260). Además, se vio que el $\sigma_{\text{máx.}}$ fue mayor con E260 que con E220 independientemente del tackificante utilizado. Teniendo en cuenta este análisis y que el E220 posee un Índice de Fluidéz mayor que el E260 fue coherente que el adhesivo de menor valor de $\sigma_{\text{máx.}}$ fuese el E220-C. Esto quiere decir que el E220 al tener un menor empaquetamiento molecular y por ende cristalinidad mucho menor que el E260, hace que el adhesivo con C presente una menor resistencia tanto al corte como a la tracción y menor deformación a la rotura por acción de una deficiente plastificación del compuesto formulado. Por otro lado, comparando el agregado de tackificante independientemente de utilizar E220 o E260 como matriz polimérica, se puede ver que si bien los valores de $\sigma_{\text{máx.}}$ para Ch fueron mayores que para C, nunca alcanzaron el valor de $\sigma_{\text{máx.}}$ del tackificante de referencia (R). Para el adhesivo con R fue mayor para el caso de E260 que para el E220. Además, se puede observar que para la E220, al variar el porcentaje de tackificante en forma creciente (10 - 30 - 50%p/p), la resistencia disminuyó tanto para el corte como para la tracción y la deformación específica aumento con el porcentaje de tackificador para las diferentes resinas de *Grindelia*. Esto último, es debido al efecto plastificante que le produce el agregado de un polímero amorfo a la estructura semicristalina que presentan los copolímeros de EVA. Fernandez *et. al.*, 2011 han estudiado el corrimiento de la temperatura de transición vítrea (Tg) del copolímero por efecto del agregado de un plastificante amorfo teniendo en cuenta que presentan una única Tg para cada mezcla adhesiva utilizando resinas del genero *Grindelia*.

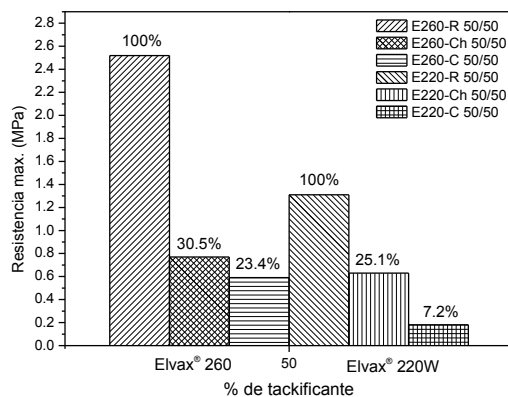


Figura 3 - Resistencia al corte de adhesivos EVA/tackificante al 50%p/p

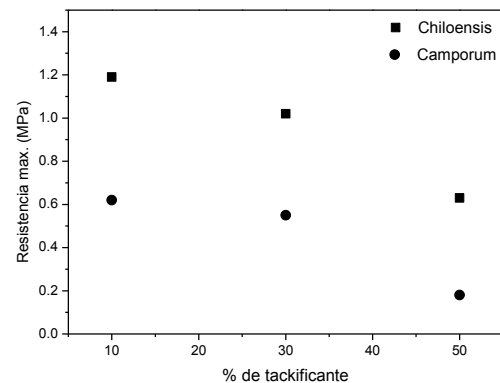


Figura 4 - Resistencia al corte de adhesivos de EVA variando la resina *Grindelia* en 10, 30 y 50%

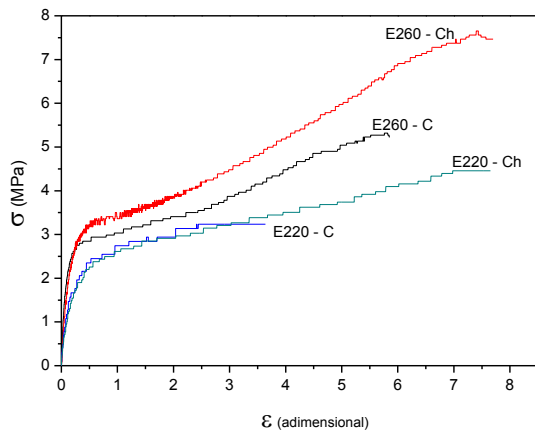


Figura 5 - Resistencia a la tracción de adhesivos EVA variando la resina de *Grindelia* en 10, 30 y 50%p/p

Muestra	ϵ^*	$\sigma_{\text{máx.}}$ (MPa)	E (M Pa)
E220-C 90/10	3,7	4,1	13,9
E220-C 70/30	4,6	3,8	11,4
E220-C 50/50	5,2	3,2	8,5
E220-Ch 90/10	4,5	6,6	48,3
E220-Ch 70/30	5,4	6,1	12,9
E220-Ch 50/50	7,6	4,4	7,1
E260-C 50/50	5,8	5,3	11,9
E260-Ch 50/50	7,4	7,6	27,7
E220-R 50/50	6,6	4,8	21,5
E260-R 50/50	5,1	11,8	70,2

* Deformación específica (ϵ) a resistencia máxima ($\sigma_{\text{máx.}}$)

Tabla 3 - Propiedades mecánicas de los adhesivos formulados

5. Conclusiones

Las resinas del género *Grindelia* pudieron ser utilizadas como plastificantes compatibles con copo limeros EVA de igual cantidad de VA (28%) y diferentes índices de fluidez.

Las propiedades de resistencia al corte disminuyeron cuando se reemplazaron los tackificantes de las mezclas de referencia (EVA-R) por las resinas de *Grindelia*, no obstante se pueden utilizar los mismos como reemplazo pero para aplicaciones en donde las propiedades al corte no sean tan exigentes. Las propiedades mecánicas presentaron la misma tendencia que las propiedades adhesivas estudiadas.

6. Bibliografía

- Arán Aís, F. (2000). Síntesis y caracterización de poliuretanos termoplásticos que contienen resinas de colofonia y su aplicación como adhesivos. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, España.
- Barrueso - Martínez, M.L., Ferrándiz - Gómez, T.P., Cepeda - Jiménez, C.M., Sepulcre - Guilabert, J. y Martín - Martínez, J. M. (2001). Influence of vinyl acetate content and the tackifier nature on the rheological, thermal, and adhesion properties of EVA adhesives. *J. Adhesion Science Technology*, 15, 243-263.
- Dupont. (2009). Elvax resins Product Data Sheet. Elvax 220W y Elvax 260. Dupont Packaging & Industrial Polymers. 1-3.
- Faker, M., Razavi Aghjeh M.K., Ghaffari, M. y Seyyedi, S.A. (2008). Rheology, morphology and mechanical properties of polyethylene/ethylene vinyl acetate copolymer (PE/EVA) blends. *European Polymer Journal*, 44, 1834-1842.
- Fernandez, Valeria E.; Martínez, Luis M.; De la Osa González, Orlando. (2011). "Comportamiento térmico de adhesivos hot-melt formulados con EVA y resinas naturales para envases alimenticios". Actas del XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos - CYTAL - Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios (AATA). Facultad de Ciencias Agrarias, UCA. ISBN: 978-987-22165-4-2.
- Franck, A. J. (2005). Characterizing PSAs by rheology. SpecialChem. Adhesives and Sealants. <http://www.specialchem4adhesives.com>

- Golluscio, R.A. C. Giraudo, P. Borrelli, L. Montes, G. Siffredi, G. Cechi, V. Nakamatsu y J. Escobar. (1999). Utilización de los recursos naturales en la Patagonia. *Consortio DHV-Swedforest. Desertificación en la Patagonia.*
- Jackson, M. y Krajca, K. (2005). Going green. SpecialChem. Adhesives and Sealants. <http://www.specialchem4adhesives.com>
- Martínez, L.M., De La Osa González, O. y Pollio, M.L. (2009). Estudio de las propiedades reológicas de la resina extraída de las hojas y tallos de *Grindelia Chiloensis*. *Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, Acta I, 187. Córdoba, Argentina.
- Povo F., Hermida E. B., Miyazaki S., Quagliano J. (Agosto de 2000). Tracción en películas de polímero biodegradable. Trabajos completos Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, 1107-1112
- Ravetta D.A., A.E. Vilela, D.F.Wassner and N. Ciano. (2002). Control of weed competition in *Grindelia chiloensis* (Asteraceae). *Industrial Crops and Products* 15 (3): 207-211. ISSN 0926-6690.
- Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading. Norma ASTM D 905 - 98.
- Standard test method for tensile properties of plastics by use of microtensile specimens, D1708-84, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 08.02, págs. 52-523, 1995.

83TCA. ORIGEN FLORAL, COLOR Y CONTENIDO MINERAL EN MIELES DE CATAMARCA

FIAD, S.B. ; QUIROGA, V. del V.; RODRIGUEZ M.R.

Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa.
susanafiad502@hotmail.com

Resumen: Conocer el origen floral y las propiedades físicas y químicas de la miel de una zona geográfica le inserta una calificación adicional al producto al momento de comercializarlo. El objetivo del trabajo fue determinar el origen floral, el color, las cenizas y contenido mineral de las mieles producidas en Catamarca.

Se estudiaron mieles frescas correspondientes a las cosechas primavera- verano del periodo 2008- 2010, de diferentes localidades de Catamarca. El origen botánico se determinó por análisis microscópico de los granos de polen presentes en la miel. Se determinó color, conductividad eléctrica, cenizas, y contenidos de sodio, de potasio y de calcio. El origen botánico predominante corresponde a *Prosopis* sp, presente en 12 de las 18 muestras estudiadas. El contenido de cenizas (0,10- 0,42%), como los valores de conductividad eléctrica (0,077 mS/cm – 0,698 mS/cm) y en cuanto al color predominan las mieles claras. El potasio resultó ser más abundante que el sodio en todas las muestras y los valores van de 678,25 a 1975,32 ppm. Le sigue en abundancia el calcio, encontrándose valores que van de 35,01 a 170,82 ppm y luego el sodio, hallándose valores que van de 6,8 a 148,38 ppm.

1. Introducción:

La miel de abeja es el producto dulce elaborado por las abejas obreras a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes vivas de las plantas o presentes en ellas, que dichas abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, almacenándolo en panales, donde madura hasta completar su formación (C.A.A). Conocer el origen floral y las propiedades físicas y químicas de la miel de una zona geográfica le inserta una calificación adicional al producto al momento de comercializarlo. Las mieles se clasifican como monoflorales cuando en su composición el néctar de la especie vegetal que le da el nombre es mayor al 45%, y multiflorales cuando en su composición entra el néctar de varias especies vegetales. El color es una característica organoléptica asociada a la calidad de la miel, que tiene que ver con la presencia de algunos componentes específicos y que crea las condiciones para la aceptación o rechazo del producto (Robert, 1979). La presencia de pigmentos en la miel, tales como carotenos, xantofilas, derivados fenólicos, policétidos, terpenos, esteroides y alcaloides, está condicionada por la flora predominante del lugar en la época de producción y está relacionada con el color de la miel (Salamanca y et al., 2001). Por esto se considera al color como un atributo que permite clasificar la naturaleza geobotánica de la miel. Se distinguen distintos tipos de mieles dependiendo de su origen floral cuyos atributos de color tipifican al producto. Las mieles de acacia son incoloras, o transparentes, las de naranjo y romero ambarino o marrón, y las multiflorales, por lo general resultan oscuras con diferentes grados de tonalidad (Salamanca y et al., 2001). El color de la miel es uno de los atributos más destacados desde el punto de vista comercial y varía desde casi incoloro hasta pardo oscuro existiendo una codificación precisa. El porcentaje de minerales en la miel es muy bajo en comparación con otros componentes, sin embargo, existen en una gran variedad siendo el potasio el elemento más común, correspondiendo prácticamente a un tercio del contenido en cenizas, seguido por el sodio con una décima parte (White, 1978; Huidobro y Simal 1984; Poiana et al 1996). Por otro lado La Serna ramos et al (1999) refieren al potasio como el elemento más

abundante en la miel seguido del cloro, azufre, sodio, fosforo, magnesio, silicio, hierro y cobre. Estos componentes la convierten en un producto con un valor alimenticio superior a los azucres refinados y jarabes (White, 1978;Huidobro y Simal 1984). Además influyen en su color y en el sabor, de modo que las mieles con una mayor cantidad de cenizas son más oscuras y de sabor más fuerte (Sancho et al 1991)

El parámetro tradicionalmente utilizado para medir el contenido de minerales es la cantidad de cenizas presentes en las muestras, sin embargo en los últimos años se ha propuesto agregar la conductividad (Balanza 2003, Acquarone et al 2007).

El propósito de este trabajo fue evaluar el color, el contenido mineral de muestras de mieles frescas para tratar de definir un perfil según la miel sea mono o multifloral.

2. Objetivos:

- Determinar el origen floral, el color, las cenizas y contenido mineral de las mieles producidas en Catamarca.
- Determinar si existe alguna relación entre el color las mieles y el contenido mineral y el de cenizas.

3. Metodología:

Se trabajó con 18 muestras de mieles frescas correspondientes a las cosechas primavera-verano del periodo 2008- 2010, correspondientes a las localidades de Las Esquinas, La Bajada, San Antonio, Chumbicha, Huillapima, Santa Rosa, y Nueva Coneta. El origen floral se determinó por melisopalinología con certificación del Centro de Investigaciones Apícolas (CEDIA) de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la UNSE. Las cenizas se determinaron por gravimetría y conductimetría. Se empleó un conductímetro manual a batería, marca HANNA Instruments, modelo DIST 3 de 0 a 1999 microSiemens/cm (1microS/cm), a 20°C + - 2% con rango de medición no menor a 0,1 uS, con celda de conductividad, con electrodo doble de platino, de 1 cm² de área. Se buscó el valor correspondiente de sustancias minerales (% de cenizas) en una tabla preparada en función de la conductividad y de los datos de cenizas obtenidos por el método del Codex Alimentarius, FAO/OMS, mediante el método de mínimo cuadrado por soft estadístico. (Maidana, 2004).

El color se midió por método espectrofotométrico UV, desarrollado por el Prof. Mario Bianchi. El espectrofotómetro usado fue Metrolab 1700 y las lecturas de absorbancia se efectuaron a 635 nm. Para obtener los mm Pfund a partir del valor de absorbancia, se empleó la fórmula $mm\ Pfund = -38,70 + 371,39 \times Absorbancia$. Para calificar el color se empleó la tabla N°1.

Color de miel	mm Pfund	Absorbancia
Blanco Agua (BA)	0-8	0.104 – 0.125
Extra Blanco (EB)	8-16.5	0.125 – 0.148
Blanco (B)	16,5 - 34	0.148 – 0.195
Ámbar Extra Claro (AEC)	34 - 50	0.195 – 0.238
Ámbar Claro (AC)	50 – 85	0.238 – 0.333

Ámbar (A)	85 -114	0.333 – 0.411
Oscuro (O)	Más de 114	0.411 ó más

Los contenidos de sodio y potasio se determinaron por fotometría de llama con un aparato JENWAY PFP7 y el contenido de calcio por espectrofotometría UV a 570 nm.



Figura1: Muestras analizadas en este estudio

4. Resultados y discusión:

De las 18 muestras analizadas, 12 se clasificaron como monoflorales de *Prosopis*, y seis como multiflorales. Esto se corresponde con la existencia de bosque xerófilo nativo en el que predomina el *Prosopis chilensis* y que presenta flores abundantes y melíferas, con alta cantidad de néctar y polen. La riqueza en *prosopis* de las mieles monoflorales oscilaron entre 60% y 90% lo que estaría sugiriendo que la *apis mellifera* tiene una marcada preferencia por las flores del género *Prosopis*, que aunque no es la más llamativa, es muy nectífera (FAO. 1994).

Se observa variabilidad en el color de las mieles, aunque predominan las mieles claras como puede verse en la figura 2.

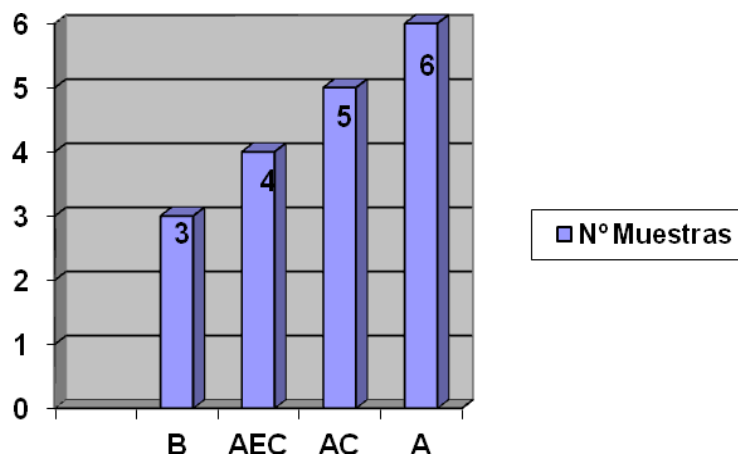


Figura 2. Número de muestras de miel según el color

Teniendo en cuenta el origen floral se observa que las muestras más claras, calificadas como blanco (B) corresponden a muestras monoflorales, figura 3. Si bien la literatura sostiene que existe una relación entre el origen botánico de las mieles y el color de las mismas, en este estudio, no se pudo corroborar algún tipo de relación en este sentido, ya que, las otras muestras monoflorales se codificaron en otras categorías para el color; incluso en la categoría ámbar se obtuvo por igual número de muestras mono y multiflorales. Para su confirmación se pretende continuar estudiando las mieles de esta región lo que permitirá realizar estudios estadísticos sistematizados.

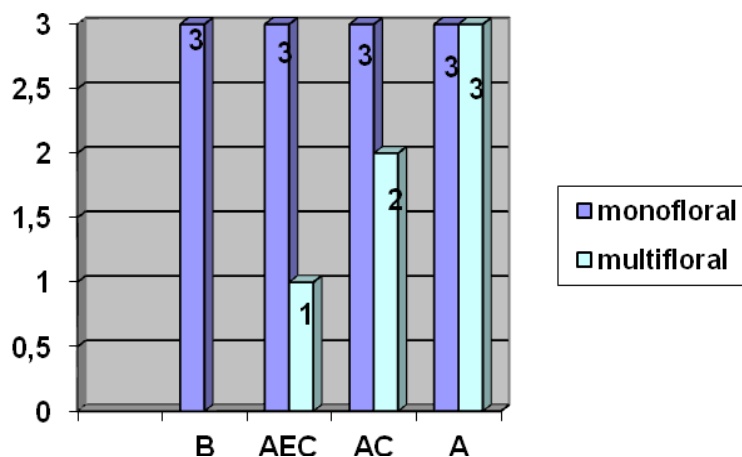


Figura 3. Número de muestras de miel según el color y el origen floral

Los valores medios de cenizas van desde 0,10% a 0,42% encontrándose por debajo del valor del 0,6%, que es el máximo aceptado por el CAA y la conductividad eléctrica media fue de 0,444 mS/cm, con una variación entre 0,077 y 0,698 mS/cm. Los valores de la conductividad eléctrica se encuentran por debajo de los 0,800 mS/cm permitidos por el Codex Alimentarius como valor límite máximo para mieles de flores.

El potasio resultó ser más abundante que el sodio en todas las muestras y los valores van de 678,25 a 1975,32 ppm. Le sigue en abundancia el calcio, encontrándose valores que van de 35,01 a 170,82 ppm y luego el sodio, hallándose valores que van de 6,8 a 148,38 ppm.

5. Conclusión:

Las mieles estudiadas son predominantemente monoflorales de prosopis con un elevado porcentaje de polen de la especie concordando con la flora típica de la zona, por lo que el origen botánico de la miel puede, en este caso, servir como indicador geográfico para la época primavera-verano. Independientemente del origen botánico, las mieles analizadas son claras, predominando las de color Ámbar Claro (AC) y ámbar (A), y presentaron bajos valores de conductividad y de cenizas lo que coincide con lo sostenido por Perez-Arquillú et al 1994, quienes señalan que valores bajos de conductividad y cenizas son típicos de mieles claras. Se advierte que las mieles más claras son las que tienen menor contenido de potasio.

6. Bibliografía:

- Acquarone, C., Buera, P., Beatriz, E. (2007). Pattern of Ph and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry* 101, 695-703.
- Balanza, M.E. (2003). Parámetros Físicos y Químicos de relevancia para la tipificación de la Miel producida en la provincia de Mendoza, Argentina. Tesis doctoral, 24, 26.
- Código Alimentario Argentino, C.A.A Actualizado. Art. 782 Res 2256, 16.12.85, Cap. X.
- FAO (1994). Prosopis en Argentina. Documento preliminar. Primer Taller Internacional sobre Recurso Genético y Conservación de Germoplasma en Prosopis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. 339 p. 1988.
- Huidobro, J.F.; Simal, J. (1984). Mieles de Galicia. *El campo*. 93, 86.
- Huidobro, J.F.; Simal, J. (1984). Parámetros de Calidad de la miel IV: cenizas. *Offarm*, 3(10), 619-621.
- La Serna Ramos, I., Méndez Pérez, B., Gómez Ferreras, C. (1999). Aplicación de nuevas tecnologías en mieles canarias para su tipificación y control de calidad. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Tenerife.
- Maidana, J.F. (2004). La Miel. Características y composición. Análisis y adulteración. pp 45-48, pp 51-54, pp 61-66, p 81, pp 99-102. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Centro de Investigaciones Apícolas. Argentina.
- Perez-Arquillué, C., Conchello, P., Ariño, A., Juan, T., Herrera, A. (1994). Quality evaluation of Spanish Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) honey. *Food Chemistry*, 51, 207-210.
- Poiana, A., Fuda, S., Manzi, E., Postorino, S., Mincione, B. (1996). Ricerche sui mieli commercializzati in Italia: la componente minerale. *Industrie Alimentari*, XXXV, 522-530.
- Robert, M. B. (1979). *Human Color Vision*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Rodríguez, L.C. (1983). Aplicaciones del estudio de color en algunos productos agroalimentarios. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Fac. Ciencias Químicas. Valencia.
- Salamanca G. G., Alvarez L. R., Serra, B. J. A. (2001). Naturaleza del Color de Algunas mieles Tropicales de *Apis mellifera* en el Departamento de Boyacá. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia España.
- Sancho, M.T., Muniategui, S., Huidobro, J.F., Simal, J. (1991). Mieles del País Vasco III: agua y azúcares. *Anales de la Bromatología*, XLIII-1, 101-112.
- White, J.W. Jr. Honey. (1978). *Advances in food research*, 24, 287-375. Ed Board. Academic Press. New York, San Francisco, London.

84TCA. EL PERFIL DE AMINOTRANSFERASAS DE *LACTOBACILLUS PARACASEI* I90 DEFINE LA BIOFORMACIÓN DE COMPUESTOS DE AROMA EN QUESOS

PERALTA G., WOLF I., BERGAMINI C. PEROTTI M., HYNES E.

Instituto de Lactología Industrial, UNL/CONICET. Facultad de Ingeniería Química, Santiago del Estero 2829 (3000) Santa Fe. E-mail: ehynes@fiq.unl.edu.ar

Resumen: El agregado de cultivos adjuntos de lactobacilos mesófilos a quesos con baja contaminación adventicia de bacterias lácticas no fermento es una estrategia que la industria quesera puede aplicar con éxito para mejorar la calidad de los productos, y aumentar el control sobre la maduración. Algunos fermentos adjuntos poseen además actividades enzimáticas clave en la formación de compuestos de aroma y pueden contribuir a intensificar o diversificar el flavour a través del catabolismo de los aminoácidos.

Se determinó el perfil de aminotransferasas de *Lactobacillus paracasei* I90 y se evaluó la contribución a la bioformación de flavour en dos modelos de queso representativos de tecnologías diferentes. *Lactobacillus paracasei* I90 demostró actividad aminotransferasa (AT) mayoritaria hacia ácido aspártico, seguida por AT dirigida hacia los aminoácidos ramificados (Leu, Ile y Val) y el triptofano, y en menor medida, a metionina, fenilalanina y tirosina.

En la primera experiencia, se elaboraron quesos blandos miniatura, con un cultivo starter de *Streptococcus thermophilus*, con y sin un cultivo adjunto de *Lactobacillus paracasei* I90 inoculado en una dosis de 10^6 UFC/mL. El segundo modelo consistió en un extracto estéril de queso duro, obtenido a partir de queso Reggianito elaborado con *Lactobacillus helveticus*, inoculado o no con *Lactobacillus paracasei* I90 en dosis similar a la anterior. Los miniquesos se maduraron 60 días a 10°C y el extracto se incubó 14 días a 34°C. Se efectuaron recuentos microbiológicos y se analizaron los compuestos volátiles por SPME-GC-FID.

En ambos modelos el cultivo adjunto de *Lactobacillus paracasei* I90 sobrevivió en altos recuentos ($\sim 10^7$ UFC/mL) durante el período de estudio. Se encontraron mayores niveles de compuestos volátiles derivados de Asp, fundamentalmente diacetilo y acetoína, en los modelos con fermento adjunto que en los controles. Por otro lado, 2 y 3-metil butanal, 3-metil 1-butanol y 3-metil butanoico, provenientes del metabolismo de los aminoácidos ramificados, también se incrementaron en los dos modelos con *Lactobacillus paracasei* I90. Otros compuestos de flavour derivados de aminoácidos, también aumentaron en presencia del adjunto, pero variaron de un modelo a otro.

Los resultados indican que cuando se agregó el fermento adjunto *Lactobacillus paracasei* I90, sus actividades ATs mayoritarias definieron la producción de compuestos volátiles similares vía catabolismo de los aminoácidos, independientemente del fermento primario empleado, la composición de la matriz y la proteólisis básica inicial.

1. Introducción

La adición de fermentos adjuntos en quesos tiene como principal objetivo controlar el crecimiento de la microflora adventicia potencialmente perjudicial, con la finalidad de obtener productos de calidad satisfactoria y constante. Sin embargo, también pueden ser empleados para acelerar la maduración y/o contribuir al desarrollo de compuestos de aroma y sabor. En efecto, algunos fermentos adjuntos poseen actividades enzimáticas clave implicadas en la formación de dichos compuestos y, de esta manera, pueden contribuir a

intensificar o diversificar el flavour a través del catabolismo de los aminoácidos (Crow y col., 2001).

La generación de flavour en quesos está fuertemente relacionada al catabolismo de los aminoácidos (AAs) por parte de las bacterias lácticas, consideradas las principales responsables de esta transformación. Esta vía metabólica se inicia mediante una reacción de transaminación catalizada por aminotransferasas (ATs), las cuales producen la degradación del AA a su correspondiente α -cetoácido en presencia de un aceptor de grupo amino, generalmente el α -cetoglutarato (Tanous y col., 2002). Los α -cetoácidos producidos pueden ser degradados a ácidos carboxílicos, aldehídos, alcoholes y ésteres, entre otros compuestos (Yvon, 2006). De esta manera, la selección de fermentos adjuntos en base a su perfil de ATs resultaría una herramienta de utilidad para producir notas aromáticas distintivas que impacten en el aroma final del queso (Yvon, 2006).

La mayoría de los estudios sobre la influencia de fermentos adjuntos en el perfil de maduración de quesos se han llevado a cabo mediante elaboraciones a escala piloto (Hunter y col., 1997), lo que requiere alta demanda de recursos económicos, tiempo, y personal capacitado. Como alternativa, se han propuesto varios sistemas modelo (Farkye y col., 1995; Lacroix y col., 2010). En este sentido, en nuestro Instituto se han desarrollado y validado dos modelos experimentales obtenidos en condiciones asépticas para el estudio de fermentos adjuntos empleados en quesería: queso Cremoso miniatura y extracto soluble de queso Reggianito. Estos modelos experimentales representan las condiciones medioambientales de los quesos de pasta blanda y dura, respectivamente, y han sido satisfactoriamente empleados para el estudio de la capacidad de crecimiento y acidificación de lactobacilos mesófilos, así como la influencia de los mismos en la proteólisis (Milesi, 2009).

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue determinar la contribución de *Lactobacillus paracasei* I90 a la bioformación de flavour en dos modelos de queso representativos de tecnologías diferentes, teniendo en cuenta su perfil de aminotransferasas.

3. Metodología

3.1. Cepa estudiada. La cepa *Lactobacillus paracasei* I90, aislada de un queso Tybo de buena calidad, fue seleccionada en el presente trabajo debido a que, en estudios previos, demostró capacidad para incrementar la proteólisis secundaria en quesos, así como diversas propiedades probióticas en estudios *in vitro* (Briggiler-Marcó y col., 2007; Milesi y col., 2008).

3.2. Determinación de actividad aminotransferasa. Las actividades ATs hacia ocho aminoácidos (Asp, Met, aromáticos: Phe, Tyr y Trp, y ramificados: Val, Leu, Ile) fueron determinadas en extractos libres de células (ELC). Estos extractos fueron obtenidos mediante disrupción mecánica de un cultivo celular de *Lactobacillus paracasei* I90 con el empleo de perlas de vidrio (106 μ m, Sigma) en un Disruptor celular Mini-beadbeater 8TM (Biospec Products, Bartlesville, Ill). El lisado celular obtenido se centrifugó (16000g/10°C/15min) y se filtró a través de membranas de 0,45 μ m (Millipore, San Pablo, Brasil), constituyendo este filtrado el ELC, que fue utilizado para la determinación de las ATs.

La actividad AT se analizó acoplado la reacción enzimática de transaminación a un ensayo colorimétrico para la determinación del glutamato formado utilizando un kit comercial (Boehringer, Mannheim, Alemania) (Jensen y Ardö, 2010).

3.3. Modelos experimentales

3.3.1. Modelo experimental de queso blando: queso cremoso miniatura.

Se llevaron a cabo elaboraciones de queso miniatura en condiciones microbiológicamente controladas, de acuerdo al procedimiento descrito por Milesi (2009). En cada elaboración se obtuvieron 2 miniquesos de unos 200 g cada uno, a partir de 2L de leche pasteurizada (65°C/30 min): un control (C1) conteniendo únicamente *Streptococcus thermophilus* como fermento primario, y un experimental (E1) que fue adicionado, además, del fermento adjunto *Lb. paracasei* I90 a una concentración de 10^6 UFC mL⁻¹ en la leche de elaboración. Los quesos se envasaron al vacío y se maduraron a 10°C por 60 días.

3.3.2. Modelo experimental de queso duro: extracto acuoso de queso Reggianito. Una porción representativa de un queso Reggianito de 3 meses de maduración, elaborado con un fermento monocepa de *Lactobacillus helveticus*, se disgregó con agua destilada (1+1), hasta obtener una pasta homogénea. La misma se centrifugó a 8000g/5°C/15min y se extrajo la fase soluble compuesta mayoritariamente por péptidos, aminoácidos y sales, y por otros componentes minoritarios como carbohidratos. El valor de pH y el contenido de NaCl se estandarizaron a 5,2 y 4% p/v, respectivamente. El extracto se esterilizó por filtración con membranas de PVDF de 0,45µm. Un volumen de este extracto se inoculó con *Lb. paracasei* I90 de modo de obtener un nivel inicial de 10^5 UFC mL⁻¹ y alícuotas de 15mL se repartieron en tubos de vidrio con tapa a rosca que se incubaron a 34°C/14 días (E2). Del mismo modo se prepararon controles sin inocular (C2).

3.4. Recuentos microbiológicos. Durante la maduración del queso cremoso miniatura y la incubación del extracto acuoso, se realizaron recuentos en MRS (Biokar Diagnostics, Beauvais, Francia) agar para controlar la concentración de la cepa inoculada en ambos modelos.

3.5. Composición inicial de los modelos experimentales

En ambos modelos experimentales se determinaron los valores iniciales de: pH (Bradley y col., 1993), y el contenido de proteínas totales por Kjeldhal (IDF, 1993), y aminoácidos libres por HPLC (Bergamini, 2007). Por su parte, en los quesos cremosos miniatura también se determinó la humedad (IDF, 1982) y el contenido de materia grasa (IDF, 1997).

3.6. Compuestos volátiles

El análisis de los compuestos volátiles se realizó por microextracción en fase sólida (SPME) acoplado a un cromatógrafo gaseoso con detector de ionización de llama (FID).

En el caso de los quesos cremosos miniatura, 5g de muestra se pesaron en viales de 30ml, los cuales se sellaron herméticamente y se dispusieron en un baño de agua a 40°C por 10min. Luego, una fibra DVB/Car/PDMS 50/30µm se expuso en el *headspace* de los viales durante 30min a la misma temperatura.

En el caso de los extractos de quesos Reggianito, un volumen de 15ml se colocó en los viales y se procedió al muestreo por SPME utilizando una fibra Car/PDMS, la cual se expuso al *headspace* durante 30 min a 40°C.

Los analitos retenidos en la fibra fueron desorbidos térmicamente durante 5 min a 250°C en el puerto de inyección de un GC (Perkin Elmer, modelo 9000) acoplado a un FID. El programa de temperatura de la columna PE-Wax (60m x 0.25 mm x 0.25 µm) fue el siguiente: 45°C (4min), 8°C/min hasta 150°C (3min.), 10°C/min hasta 250°C (5min.). Como gas carrier se empleó H₂ (2ml/min). La temperatura del detector se mantuvo a 290°C.

La identificación de los compuestos volátiles se realizó empleando estándares de referencia (Sigma Aldrich, Italia) para determinar tiempos de retención. También se calcularon los índices de retención lineal (LRI) o índices de Kovats inyectando una solución de n-alcenos. Los picos identificados fueron integrados y las áreas expresadas en unidades arbitrarias.

4. Resultados

4.1. Actividades aminotransferasas. La cepa de *Lb. paracasei* I90 mostró actividad hacia todos los AAs evaluados, observándose niveles significativamente más elevados hacia el ácido aspártico. Luego, los mayores niveles de actividad ATs fueron observados hacia los tres AAs ramificados (Val, Leu e Ile) y hacia el triptofano. Sin embargo, también se detectó actividad hacia la Met y los otros AAs aromáticos (Phe y Tyr) (Figura 1).

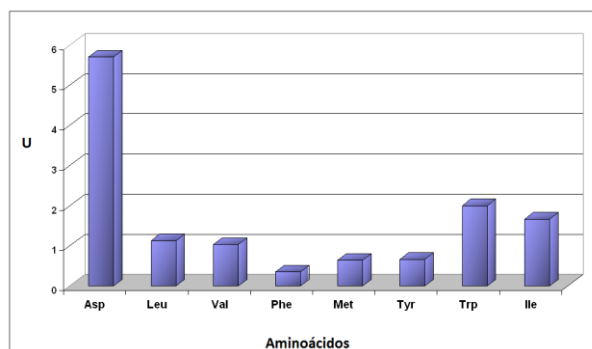


FIGURA 1. Actividad aminotransferasa de *Lb. paracasei* I90. Una unidad de actividad enzimática (U) es equivalente a 1µg glutámico/mg proteína/min.

Los niveles y especificidad de actividad ATs de bacterias lácticas han demostrado ser altamente dependiente de especie y cepa (Thage y col., 2005; Yvon, 2006). En este sentido, *Lb. paracasei* y *Lb. plantarum* han mostrado en general una mayor actividad AT hacia el ácido aspártico, mientras que *Lactococcus lactis* y *Lb. helveticus* parecen tener mayor especificidad hacia AAs ramificados y aromáticos, respectivamente (Kieronczyk y col., 2004; Thage y col., 2004; Yvon, 2006). El perfil de ATs obtenido para la cepa estudiada concuerda con esta tendencia general.

4.2. Recuentos microbiológicos. En los controles de ambos modelos experimentales (C1 y C2), no se detectó crecimiento de la cepa inoculada. En los quesos cremoso miniatura experimentales (E1), el número de *Lb. paracasei* I90 aumentó desde una concentración inicial de 10^6 UFC/mL en la leche hasta 10^7 UFC/g en los quesos experimentales recién elaborados, y luego aumentó un orden logarítmico más a los 3 días, para mantenerse constante hasta el final de la maduración. Por su parte, en los extractos experimentales (E2), *Lb. paracasei* I90 alcanzó un máximo de 10^8 UFC/ml después de 3 días de incubación y luego descendió uno y dos órdenes a los 7 y 14 días, respectivamente.

4.3. Composición inicial de los modelos experimentales

La composición global de los quesos cremosos miniatura fue similar para muestras controles y experimentales, con un promedio de $51,15 \pm 2,56$ % de humedad, $23,85 \pm 1,33$ % de materia grasa, y $19,31 \pm 0,97$ % de proteínas totales. El pH fue de $5,19 \pm 0,07$. Todos estos valores son representativos de un queso blando.

Por otro lado el extracto puede asimilarse a la fracción acuosa de un queso duro, con un promedio de $7,07 \pm 0,16$ % de proteínas y un pH de $5,20 \pm 0,07$.

Los aminoácidos libres (AAL) totales iniciales fueron de $41,2 \pm 17,2$ mg/100 g queso en los quesos miniatura y de $453,8 \pm 61,2$ mg/100 ml en los extractos acuosos. El perfil de

AAL fue diferente en ambos modelos: los AAL mayoritarios en los quesos fueron Lys, Ala, Pro, Arg, Phe y Leu y en los extractos fueron Glu, Leu, Lys, Arg y Pro (Figuras 2A y 2B).

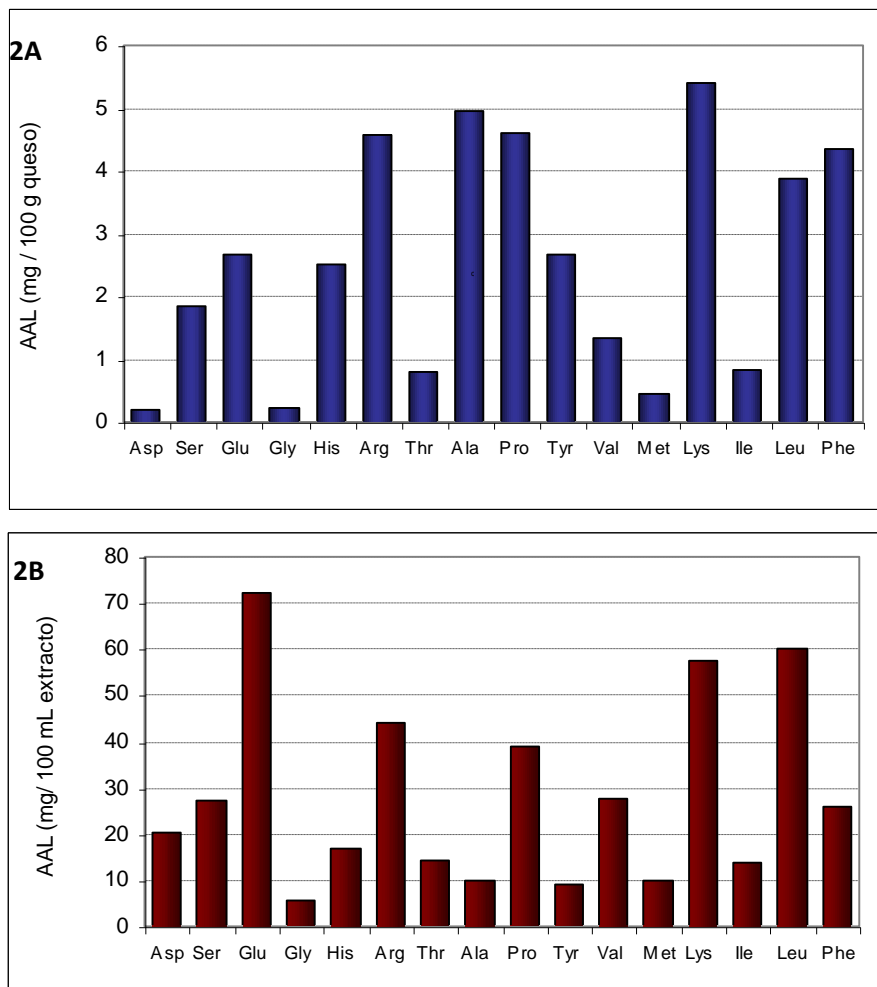


FIGURA 2 Ay B. Perfiles de aminoácidos libres (AAL) iniciales en los quesos cremoso miniatura (2A) y en los extractos acuosos de queso Reggianito (2B).

4.4. Compuestos volátiles en los modelos de queso

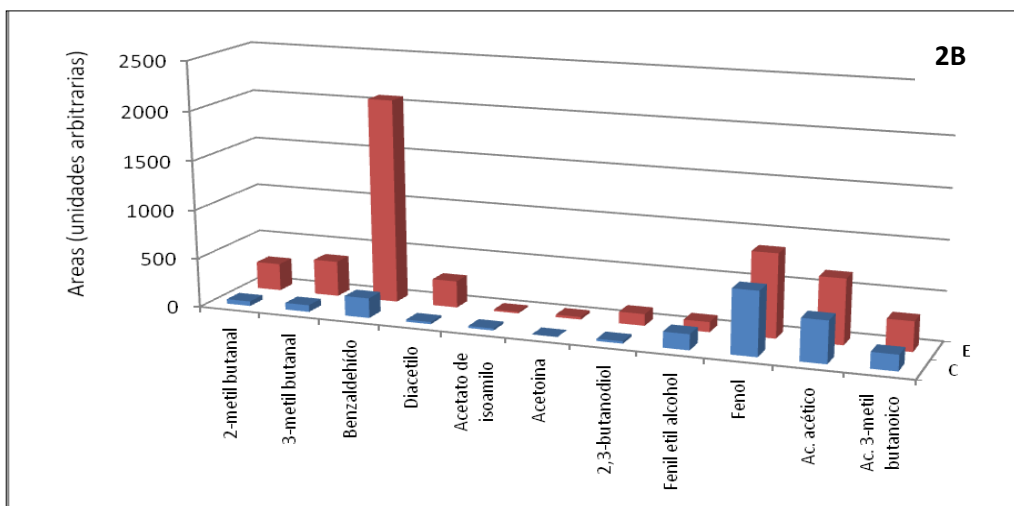
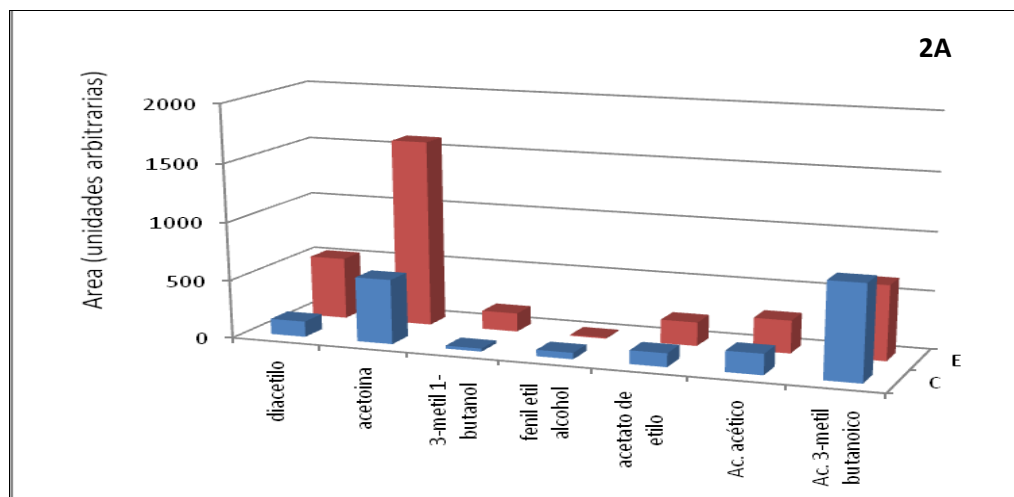
Un total de 33 compuestos volátiles (4 aldehídos, 9 cetonas, 9 alcoholes, 4 ésteres y 7 ácidos) se identificaron en los extractos de quesos, y un total 31 compuestos (2 aldehídos, 7 cetonas, 11 alcoholes, 5 ésteres y 6 ácidos) se identificaron en los quesos cremosos miniatura. Las diferencias entre los controles y experimentales de ambos modelos estudiados fueron principalmente cuantitativas.

Dentro de los compuestos derivados específicamente del catabolismo de los aminoácidos y que han sido señalados como importantes contribuyentes al flavour de los quesos, se identificaron 7 compuestos en los quesos miniatura y 11 en los extractos. Los valores de las áreas de estos compuestos para ambos modelos, tanto en los controles como experimentales se muestran en las Figuras 2A y 2B. Como se puede observar, independientemente del modelo, la mayoría de los compuestos presentaron mayores valores de áreas en los experimentales que en los testigos. Compuestos metabólicamente relacionados tales como diacetilo, acetoína y ácido acético, tuvieron mayores valores de áreas en los extractos y quesos miniatura adicionados con *Lb. paracasei* I90. La producción de diacetilo y acetoína ha sido relacionada recientemente al catabolismo del ácido aspártico por bacterias con actividad Asp AT, tanto en un medio de reacción

conteniendo α -cetoglutarato (Le Bars y Yvon, 2008) como en quesos modelo donde los cultivos tenían además actividad glutamato dehidrogenasa (Kieronczyk y col., 2004). Los altos niveles de actividad Asp AT detectados en esta cepa se correlacionaron con mayores niveles de diacetilo y acetoína en ambos modelos experimentales.

En el caso de los extractos de queso, una estrecha correlación se encontró entre las altas actividades de la cepa sobre los AAs ramificados (Leu, Ile y Val) y la formación de 2 y 3-metil butanal y ácido 3-metil butanoico asociados a su catabolismo (Tavaria y col., 2002; Smit y col., 2005; Yvon, 2006). Por otra parte, a pesar de las relativamente bajas actividades enzimáticas detectadas sobre los AAs aromáticos (Phe, Tyr y Trp), pudieron observarse niveles incrementados de los compuestos volátiles asociados al catabolismo de los mismos, particularmente benzaldehído y fenol (Tavaria y col., 2002; Smit y col., 2005; Yvon, 2006). En el caso de los quesos miniatura, mayores niveles en los quesos experimentales se encontraron para el 3-metil 1-butanol, un compuesto derivado específicamente del catabolismo de la leucina (Leu), el cual se ha señalado como importante contribuyente al flavour de los quesos blandos.

La actividad relativa de las diferentes ATs de bacterias lácticas ha demostrado ser muy importante en la naturaleza de los aminoácidos degradados, debido a que las mismas compiten por el alfa-cetoglutarato presente en el medio (Kieronczyk y col., 2004). Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que el perfil de ATs de *Lb. paracasei* I90 fue un factor predominante en la producción de compuestos volátiles vía catabolismo de los aminoácidos, independientemente del modelo de queso empleado y su composición.



FIGURAS 2A y 2B. Compuestos volátiles derivados del catabolismo de los aminoácidos identificados por SPME/GC/FID en los quesos miniatura (2A) y extractos (2B) tanto controles (C) como inoculados con la cepa de *Lb. paracasei* I90 (E).

5. Conclusiones

Las aminotransferasas detectadas en la cepa de *Lactobacillus paracasei* I90 demostraron ser activas en los modelos experimentales estudiados, ya que en ambos casos se detectó una mayor producción de varios compuestos derivados del catabolismo de los aminoácidos en comparación con los controles. En particular, los resultados indican que cuando se agregó el fermento adjunto *Lactobacillus paracasei* I90, sus actividades ATs mayoritarias definieron la producción de compuestos volátiles similares vía catabolismo de los aminoácidos, independientemente del fermento primario empleado, la composición de la matriz y la proteólisis básica inicial.

6. Bibliografía

- Bergamini, C. V. (2007). Influencia de la adición de bacterias probióticas sobre el perfil de proteólisis de quesos semiduros. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.
- Bradley, R. L.; Arnold, E.; Barbano, D. M.; Semerad, R. G.; Smith, D. E.; Vines, B. K. (1993). Chemical and physical methods; Standard methods for the examination of dairy products / ed. R. Marshall/, American Public Health Association, Washington, DC, pp. 433-531.
- Briggiler-Marcó, M.; Capra, M.; Quiberoni, A.; Vinderola, G.; Reinheimer J.; Hynes, E. (2007). Nonstarter *Lactobacillus* strains as adjunct cultures for cheese making: in vitro characterization and performance in two model cheeses. *Journal of Dairy Science*, 90: 4532-4542.
- Crow, V.; Curry, B.; Hayes, M. (2001). The ecology of non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) and their use as adjuncts in New Zealand Cheddar. *International Dairy Journal*, 11: 275-283.
- Farkye, N.; Madkor, S.; Atkins, H. (1995). Proteolytic abilities of some lactic acid bacteria in a model cheese system, *International Dairy Journal*, 5: 715-725.
- Hunter, E. A.; McNulty, D. A.; Banks, J. M. (1997). Statistical design and analysis of experiments in cheese technology. *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 30:121-128.
- IDF (1982). Formaggio e formaggio fuso. Determinazione della materia seca. Metodo di riferimento. N° 4:A. Bruselas: International Dairy Federation. Pág. 184-188.
- IDF (1993). Latte. Determinazione del tenore in azoto. Metodo di riferimento. N° 20: B. Bruselas: International Dairy Federation. Pág. 74-107.
- IDF (1997). Lait et produits laitiers. Détermination de la teneur en matière grasse. Guide de directives generales appliquées aux methodes butyrometriques. Norme FIL Internationale 152:A 1997. Bruselas: International Dairy Federation.
- Jensen, M.; Ardö, Y. (2010). Variation in aminopeptidase and aminotransferase activities of six cheese related *Lactobacillus helveticus* strains, *International Dairy Journal*, 20: 149-155.
- Kieronczyk, A.; Skeie, S.; Langsrud, T.; Le Bars, D.; Yvon, M. (2004). The nature of aroma compounds produced in a cheese model by glutamate dehydrogenase positive *Lactobacillus* INF15D depends on its relative aminotransferase activities towards the different amino acids, *International Dairy Journal*, 14: 227-235.

- Lacroix, N.; St-Gelais, D.; Champagne, C.P.; Fortin, J.; Vuilleumard, J.C. (2010). Characterization of aromatic properties of old-style cheese starters, *Journal of Dairy Science*, 93 (8): 3427-3441.
- Le Bars, D. ; M. Yvon (2008). Formation of diacetyl and acetoin by *Lactococcus lactis* via aspartate catabolism, *Journal of Applied Microbiology*, 104(1): 171-177
- Milesi, M.; McSweeney, PLH.; Hynes ER (2008). Viability and contribution to proteolysis of an adjunct culture of *Lactobacillus plantarum* in two model cheese systems: Cheddar cheese-type and soft-cheese type. *Journal of Applied Microbiology*, 105: 884-892.
- Milesi M. (2009). Desarrollo de fermentos adjuntos para quesería a partir de bacterias lácticas no pertenecientes al fermento. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
- Smit G.; Smit, B.; Engels, W. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products, *FEMS Microbiology Reviews*, 29: 591-610.
- Tanous, C.; Kieronczyk, A.; Helinck, S.; Chambellon, E.; Yvon, M. (2002). Glutamate dehydrogenase activity: a major criterion for the selection of flavour-producing lactic acid bacteria, *Antonie van Leeuwenhoek*, 82: 271-278.
- Tavaria, S.; Dahl, S.; Carballo, F.; Malcata, F. X. (2002). Amino Acid catabolism and generation of volatiles by lactic acid bacteria, *Journal of Dairy Science*, 85: 2462-2470.
- Thage, B. V.; Broe, M. L.; Petersen, M. H.; Petersen, M. A.; Bennedsen, M.; Ardö Y. (2005). Aroma development in semi-hard reduced-fat cheese inoculated with *Lactobacillus casei* with different aminotransferase profiles, *International Dairy Journal*, 15: 795-805.
- Thage, B. V.; Houlberg, U.; Ardö, Y. (2004). Amino acid transamination in permeabilised cells of *Lactobacillus helveticus*, *Lb. paracasei* and *Lb. danicus*. *Journal of Dairy Research*, 71: 461-470.
- Yvon M. (2006). Key enzymes for flavor formation by lactic acid bacteria. *Australian Journal of Dairy Technology*, 61: 16-24.

85TCA. EFECTO DE DIFERENTES VARIABLES OPERATIVAS SOBRE EL COLOR DE LECHE EVAPORADA ESTERILIZADA

PIAGENTINI, A.; TORSELLI, E.; ROA, R.; SILVA, E.

Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral). Santiago del Estero 2829 - (3000) Santa Fe (Argentina).

E-Mail: ampiagen@fiq.unl.edu.ar

Resumen: Se estudiaron los cambios de color de leche fluida (LF) durante las etapas de evaporación y esterilización, analizando la influencia de temperatura (T), espacio de cabeza (EC), radio de rotación (RR) y velocidad de rotación (VR) sobre el desarrollo de color de leche evaporada (LE), durante la etapa de esterilización. A partir de LF de vaca se elaboró LE, la cual se esterilizó para obtener leche evaporada esterilizada (LEE) según un diseño 2^4+2 , cuyas variables independientes y niveles fueron: T (117 y 123°C); EC (4 y 12mm); RR (3,5 y 16,5mm) y VR (10 y 20rpm). Las 18 corridas de esterilización se realizaron hasta un valor esterilizador $Fr=5$ min. En todas las muestras se determinaron los parámetros de color CIE L^* , a^* , b^* , croma C_{ab}^* y ángulo de tono h_{ab} , utilizando un espectrofotómetro Minolta 508d, D65, 10°, SCE. Durante la evaporación, la LF se oscurece (L^* disminuye), aumenta la intensidad de su color (aumenta C_{ab}^*), pero manteniendo el mismo tono. Durante la esterilización, disminuye L^* y h_{ab} , aumentando a^* , b^* y C_{ab}^* . Las 4 variables estudiadas no modifican el valor de L^* de LEE. Los parámetros a^* , b^* , C_{ab}^* y h_{ab} se modifican por T e interacción ECxRR. Los parámetros de color a^* , b^* y C_{ab}^* disminuyen con aumento de T, debido a los menores tiempos de calentamiento a $T=123^\circ\text{C}$ (7-9min) que a $T=117^\circ\text{C}$ (16-18min). Para EC menores (4mm) a^* , b^* y C_{ab}^* aumentan cuando RR aumenta, pero para EC=12 mm, no se modifican con el cambio de RR. En cuanto a h_{ab} , aumenta (menos rojo) al aumentar T; y cuando el EC es bajo, h_{ab} disminuye (aumenta el tono rojo) a medida que el RR aumenta. Sin embargo h_{ab} no se modifica con RR cuando EC toma valores altos. Este estudio preliminar permitiría determinar que el menor desarrollo de pardeamiento durante la esterilización de LE se produciría a $T=123^\circ\text{C}$ y: a) EC= 4mm y RR = 3,5cm; ó b) EC = 12 mm y RR = 3,5 o 16,5 cm.

1. Introducción:

La leche es un producto que se altera rápidamente, siendo las alteraciones de origen microbiano las más frecuentes y las primeras en aparecer. Por ello se recurre a una serie de procesos tecnológicos destinados a su conservación; dirigidos principalmente a detener el crecimiento de la flora microbiana, así como a protegerla de las alteraciones de origen fisicoquímico.

Actualmente, se distinguen dos tipos de leches concentradas: la *leche concentrada azucarada* (comúnmente conocida como leche condensada), a la cual se le añade azúcar para su conservación, sin necesidad de esterilizarla, y la *leche concentrada no azucarada*, (denominada leche evaporada), la cual se esteriliza (Veisseyre, 1988).

La leche evaporada es un producto obtenido por la evaporación parcial del agua, presentando un color claro, y una viscosidad mayor que la leche común. Los mayores consumidores de leche evaporada son países con poca producción de leche fluida, especialmente países de clima tropical que podrían no garantizar una cadena de frío eficiente. La ventaja de este producto es que puede almacenarse (en envases de hojalata cerrados) por períodos cercanos al año a las temperaturas ambientes de estos países

(aproximadamente 40°C), siempre que el tratamiento térmico de esterilización haya sido el correcto (conserva tropical).

Los distintos tratamientos térmicos aplicados a la leche y su posterior conservación, afectan en mayor o menor grado a sus componentes mayoritarios dependiendo de la severidad del tratamiento. Las modificaciones se traducen generalmente en una pérdida del valor nutritivo y en la variación de sus propiedades sensoriales.

El color de la leche evaporada esterilizada tiene una gran importancia comercial debido a que es una de las características fundamentales a través de la cual el consumidor juzga el producto (Pauletti et al., 1998). Durante las etapas de elaboración, principalmente evaporación y esterilización, el calentamiento de la leche a alta temperatura promueve el desarrollo de colores pardos. La leche se vuelve más oscura a medida que la temperatura y el tiempo del tratamiento aumentan, y este efecto es más notorio para leche concentrada. Las reacciones de Maillard y caramelización son los principales factores en el desarrollo de color y ocurren simultáneamente, dependiendo del tipo de azúcares y las condiciones de reacción (Buera et al., 1990). Dado que para causar caramelización de azúcares son necesarios un calentamiento severo y pH extremo ($T > 120^\circ\text{C}$ a $\text{pH} < 3$ ó > 9), los compuestos coloreados formados en productos lácteos están principalmente relacionados con estados avanzados de la reacción de Maillard. La medida del desarrollo de pardeamiento puede considerarse un indicador de la severidad del tratamiento térmico o puede utilizarse para evaluar la eficiencia tecnológica de los procesos industriales (Morales y van Boekel, 1999).

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo fue estudiar los cambios de color de leche fluida (LF) durante las etapas de evaporación y esterilización, analizando la influencia de temperatura (T), espacio de cabeza (EC), radio de rotación (RR) y velocidad de rotación (VR) sobre el desarrollo de color de leche evaporada (LE), durante la etapa de esterilización.

3. Metodología:

Obtención de leche evaporada esterilizada

En la figura 1 se pueden observar las distintas etapas y condiciones de elaboración de leche evaporada esterilizada.

Diseño Experimental

La leche evaporada se somete a esterilización térmica una vez homogeneizada y envasada en latas que son sometidas a rotación tapa sobre fondo. Para las diferentes experiencias se emplea una autoclave rotatoria de planta piloto. Para la realización de las corridas experimentales de esterilización se adoptó un diseño factorial $2^4 + 2$ repeticiones del punto central. Las cuatro variables independientes y sus niveles se detallan en la Tabla 1. Las respuestas consideradas son los parámetros de color, L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} y h_{ab} .

Los tiempos de calentamiento para las diferentes condiciones de procesamiento fluctuaron entre 6,75 y 18,75 minutos, a fin de lograr en todos los casos un valor esterilizador (Fr) en el centro de la lata de 5 min a la temperatura de referencia (Tr) de 121,11 °C. Se toma como microorganismo de referencia el *Clostridium Sporogenes*, lo que asegura una conserva completa, brindando al producto final una aptitud de 4 años a 25°C, desde el punto de vista microbiológico. En función del diseño adoptado se realizaron 18 corridas de esterilización.

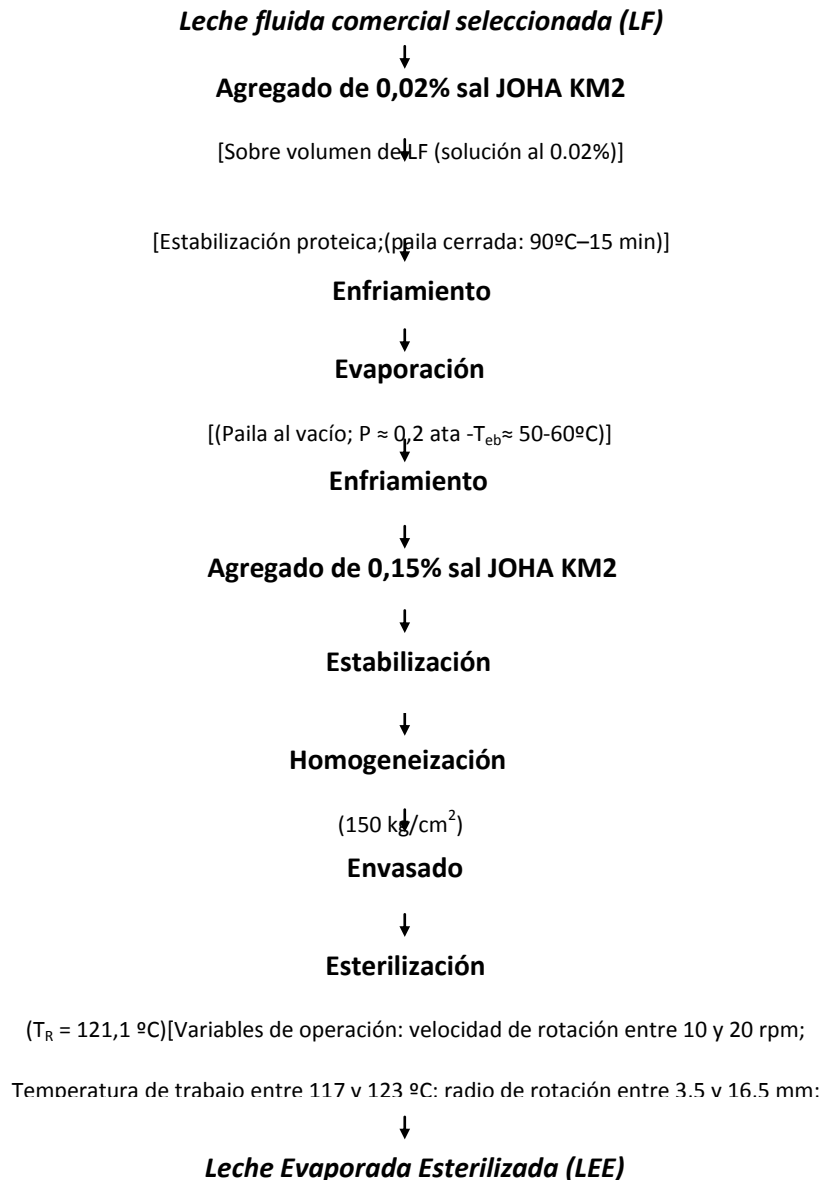


Figura 1. Etapas de elaboración de leche evaporada esterilizada

Determinación de color

Se determinó el color tanto de la leche fluida (LF) como evaporada (LE) y esterilizada (LEE), utilizando un espectrofotómetro Minolta 508d en las siguientes condiciones: iluminante D65, ángulo del observador 10°, SCE (componente especular excluido), evaluando los parámetros correspondientes al sistema CIE: L^* , a^* , b^* , h_{ab} y C^*_{ab} . L^* mide la luminosidad ($L^*=100$: blanco; $L^*=0$: negro), a^* mide el grado de componente rojo o verde ($a^*>0$: rojo; $a^*<0$: verde) y b^* el grado de componente amarillo o azul ($b^*>0$: amarillo; $b^*<0$: azul). Por otro lado, el espacio $L^*C^*_{ab}h_{ab}$, usa el mismo diagrama que el espacio $L^*a^*b^*$, pero en coordenadas cilíndricas. C^*_{ab} es el Croma $\{C^*_{ab}=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}\}$ y h_{ab} el ángulo de tono $\{h=\arctg(b^*/a^*)\}$ cuyos valores se expresan en grados, (0°: rojo; 90°: amarillo; 180°: verde; 270°: azul).

Tabla 1. Variables independientes y niveles utilizados

<i>Variables Independientes</i>	<i>Unidades</i>	<i>Niveles</i>	
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Temperatura de autoclave (T)	°C	117	123
Velocidad de rotación (VR)	rpm	10	20
Espacio de cabeza (EC)	mm	4	12
Radio de Rotación (RR)	cm	3,5	16,5

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de diferencia de medias por pares con un nivel de confianza del 95% entre los parámetros de color de LF y LE. Además, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros de color en leche evaporada esterilizada (L.E.E) para determinar el efecto de T, RR, VR y EC, así como de sus posibles interacciones, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurión XV.

4. Resultados:

Cambios de color durante las etapas de evaporación y esterilización

En la determinación de los cambios de color de la leche luego de la evaporación, se observa que en leche evaporada (LE), L^* y a^* disminuyen mientras que b^* y C^*_{ab} aumentan significativamente ($P \leq 0,05$) (Figura 2). En el caso del parámetro h_{ab} no se encuentran diferencias significativas ($P \geq 0,05$) entre la leche fluida (LF) y evaporada (LE), por lo que hay un aumento en la intensidad del color pero se mantiene el mismo tono. Resultados similares fueron encontrados por (Cosme y Guerrero, 1997), en leche evaporada semidescremada, donde al aumentar la concentración, la luminosidad L^* disminuye mientras que b^* aumenta. Kneifel *et al.* (1992) encuentran que la leche entera pasteurizada se caracteriza por el contenido de componentes de color tanto verde como amarillo, así como de la elevada luminosidad ($81,7 \leq L^* \leq 87,5$).

En términos generales, el color original de la leche tiende a oscurecerse (disminución de L^*) incrementándose la intensidad de color (C^*_{ab}) lo que se atribuye principalmente al aumento en la concentración de los sólidos, sales, pigmentos y a las reacciones de pardeamiento no enzimático. Esto se debe a que la leche es sometida a temperaturas de 50-70°C durante un tiempo prolongado para alcanzar el grado de concentración deseado (25%ST).

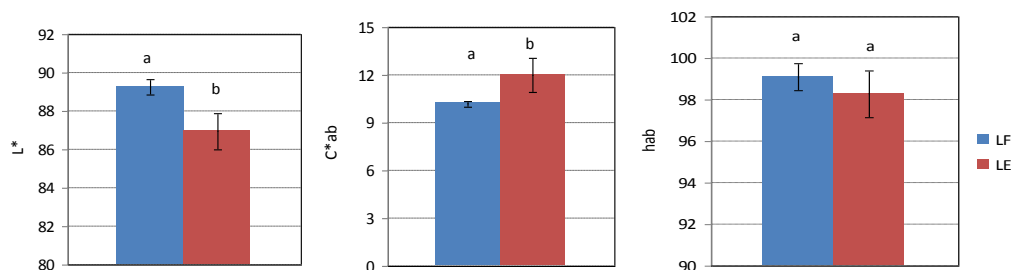


Figura 2. Parámetros de color en leche fluida (LF) y evaporada (LE).

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según una prueba de diferencia de media por pares. Las barras indican desviación estándar

En otros trabajos (Mittal *et al.*, 1988) sugieren que la presencia de lactosa hidrolizada en leches calentadas favorece el pardeamiento. Según Van Boekel (1998), la isomerización de

la lactosa (formación de lactulosa) es uno de los principales contribuyentes al fenómeno de pardeamiento.

Durante la esterilización de la leche evaporada, se encontró que (dentro de las condiciones experimentales ensayadas) la LEE es más oscura (menor valor de L^*) y de color más intenso (mayor valor de a^* , b^* y C^*_{ab} , menor valor de h_{ab}) que la LE.

Efecto de la temperatura, espacio de cabeza, radio y velocidad de rotación y sobre los parámetros de color en leche evaporada esterilizada.

Ninguno de los factores analizados influye significativamente sobre el parámetro L^* ($p \geq 0,05$), a pesar de que la leche evaporada esterilizada a $T=117^\circ\text{C}$ presentó un color ligeramente más oscuro que la esterilizada a $T=123^\circ\text{C}$.

La temperatura de esterilización y la interacción espacio de cabeza x radio de rotación (ECxRR) afectan significativamente ($p \leq 0,05$) los parámetros de color a^* , b^* , C^*_{ab} y h_{ab} de la leche evaporada esterilizada.

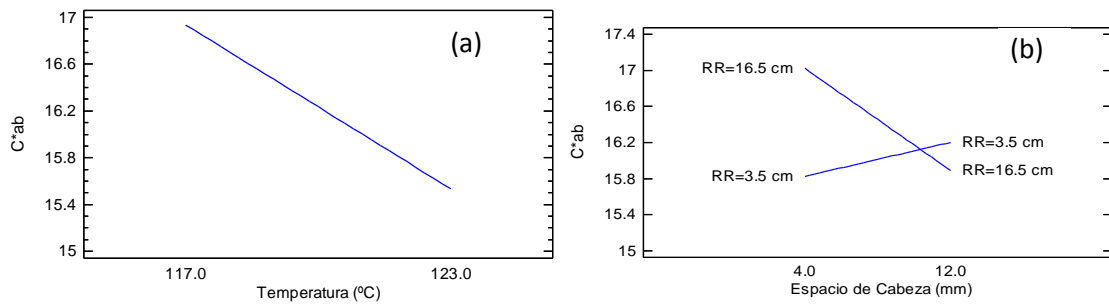


Figura 3. Gráfica de efecto principal (a) e interacción ECxRR (b) para C^*_{ab}

A menor temperatura de esterilización ($T=117^\circ\text{C}$) se obtienen mayores valores de a^* , b^* y C^*_{ab} , es decir, aumenta la intensidad del color de la LEE cuando se la compara con la obtenida a una $T=123^\circ\text{C}$ (Figura 3a). A menor temperatura (117°C), se requiere un mayor tiempo de calentamiento para alcanzar el valor esterilizador estipulado ($Fr = 5$ minutos). Esto acelera las reacciones de pardeamiento no enzimático, por lo que los valores de a^* , b^* y C^*_{ab} , tienden a ser más elevados, lo que implica que el color se hace más saturado.

La interacción ECxRR afectó significativamente los parámetros a^* , b^* y C^*_{ab} , indicando que la influencia de cada uno de ellos dependerá del valor que tome el otro. En este caso, se determinó que para el menor valor del EC (4mm) a^* , b^* y C^*_{ab} aumentan al aumentar el RR. Sin embargo, a^* , b^* y C^*_{ab} no se modifican con el RR cuando se trabaja con el mayor valor de EC (12mm) (Figura 3b).

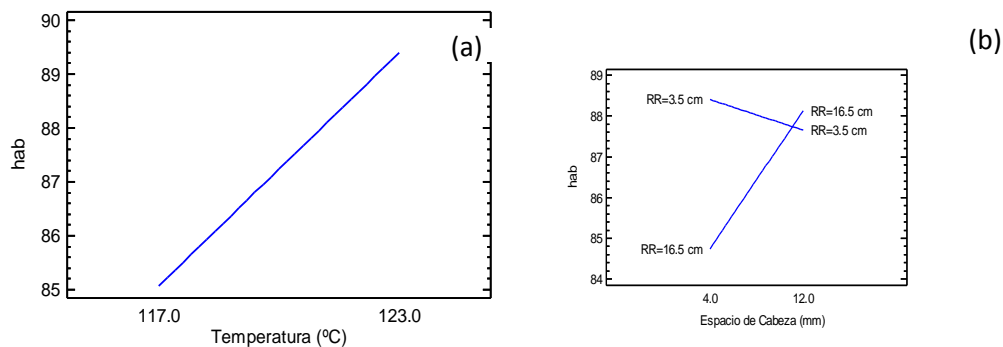


Figura 4. Gráfica de efecto principal (a) e interacción ECxRR (b) para h_{ab}

El ángulo de tono de la LEE, aumenta al esterilizar a $T = 123^{\circ}\text{C}$. Este comportamiento no se observa a temperaturas más bajas (117°C) donde el valor de h_{ab} disminuye, porque el tiempo de esterilización a esa temperatura es mayor, lo que acelera las reacciones de pardeamiento, y como consecuencia de ello, provoca una disminución en el ángulo de tono (Figura 4a).

En cuanto al efecto significativo de la interacción ECxRR sobre h_{ab} , nos indica que cuando el EC es menor (4 mm), los mayores valores de h_{ab} (menor desarrollo de pardeamiento) se obtienen trabajando a mayor RR (3,5 cm). Sin embargo, el RR no influye sobre el valor de h_{ab} cuando se trabaja con el mayor valor de EC (12 mm) (Figura 4b).

En trabajos sobre el estudio de la transferencia de calor en leche evaporada esterilizada, estos mismos factores fueron significativos sobre el coeficiente de transferencia de calor h (Garrote *et al.*, 2010).

5. Conclusiones

Se determinó que la evaporación de la LF hasta una concentración de 25% de sólidos totales produce una disminución de L^* y aumento de C^*_{ab} , pero el valor de h_{ab} se mantiene (color más oscuro y saturado pero igual tono).

La esterilización de la LE produce desarrollo de pardeamiento (disminución de L^* y h_{ab} y aumento de a^* , b^* y C^*_{ab}).

Durante la etapa de esterilización, el valor de L^* no se ve afectado por las 4 variables estudiadas. Sin embargo los parámetros a^* , b^* , C^*_{ab} y h_{ab} se modifican significativamente por la temperatura y la interacción de ECxRR.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la esterilización de LE a mayores temperaturas (123°C) reduce el desarrollo de pardeamiento debido a los menores tiempos de tratamiento térmico (7-9 min) para obtener un valor esterilizador $Fr = 5$ min, comparados con los obtenidos a 117°C (16-18 min).

Además, el menor desarrollo de pardeamiento también se produciría cuando se esteriliza al menor valor de EC (4mm) y menor valor de RR (3,5 cm). Pero si se desea que el desarrollo de pardeamiento de la LEE no dependa de la posición de la lata dentro del autoclave, se debería trabajar con el mayor valor de EC ensayado (12 mm). En estas condiciones se obtendrían valores de los parámetros de color similares a los obtenidos cuando se esteriliza a 123°C , 4mm de EC y 3,5 cm de RR.

Este estudio preliminar permitió seleccionar las variables a estudiar en forma más detallada (T, EC y RR) durante la etapa de esterilización de leche de vaca evaporada, para determinar, a través de la metodología de superficie de respuesta, en qué condiciones de dichas variables se obtiene el mínimo desarrollo de pardeamiento.

6. Bibliografía:

Buera M. P., Hough G., Martínez E. y Resnik S. L. (1990). Colorimetric, Spectrophotometric and Sensory Color Measurements of a Dairy Product: Dulce de Leche. *Anales de la Asociación Química Argentina* 78, 291-299.

Cais-Sokolińska D.; Pikul J.; Danków R. (2004). Measurement of colour parameters as an index of the hydroxymethylfurfural content in the UHT sterilised milk during its storage, *EJPAU* 7(2), 03. Disponible en : <http://www.ejpau.media.pl/volume7/issue2/food/art-03.html>

Cosme, A.L.; Guerrero, J.A. (1997). Evaluación de propiedades fisicoquímicas en leche concentrada. *Información tecnológica*, vol.8 No.1

- Garrote, R; Silva, E.R.; Roa, R.D.; Ayala, M. (2010). Determining convective heat transfer coefficient during sterilization of canned evaporated whole milk. *LWT, Food Science and Technology*. vol. 43 pp.724 -728.
- Kneifel, F.; Ulberth, E.; Schaffer E. (1992). Tristimulus color reflectance measurement of milk and dairy products. *Lait* 72, 383-391.
- Mittal S.B.; Hourigan J.A.; Zadow J.G. (1988).Behaviour of UHT recombined and UHT recombined lactose hidrolized milk during storage at different temperatures. *Australian journal of Dairy technology*, vol.43: 64-73.
- Morales, F.J. and van Boekel, M.A. 1999. A study on advanced Maillard Reaction in heated casei/sugar solution: colour formation. *International Dairy Journal* 8:907-915.
- Pauletti M., Matta E. J., Castelao E. & Rozycki S. D. (1998). Color in Concentrated Milk Proteins with High Sucrose as Affected by Glucose Replacement. *Journal of Food Science* 63, 90-92.
- Van Boekel, M.A.J.S. (1998).Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chemisty*, vol.62, No.4, pp.403, 414.
- Veisseyre, R. (1988). *Lactología Técnica*. Ed. Acribia, España; Capitulo 9, 238-252.

86TCA. ENSAYOS DE VINIFICACIÓN MEDIANTE SIEMBRA SECUENCIAL DE LEVADURAS NO-SACCHAROMYCES Y SACCHAROMYCES AUTÓCTONAS DE LA D.O. SAN RAFAEL

CABEZA, M. S.^{1,2}; CARRIÓN, R. O.²; MORATA, V. I.^{1,2}

¹CONICET

²Laboratorio de Biotecnología – Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

(UNCuyo) – Bernardo de Irigoyen 375 – San Rafael (Mendoza) – Tel.: 02627-430673

– mscabeza@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: Se realizaron microvinificaciones utilizando la técnica de siembra secuencial, con 4 levaduras no-*Saccharomyces* (N-Sc) y 1 levadura *Saccharomyces* (Sc) aisladas y seleccionadas por sus cualidades enológicas de la región vitícola San Rafael con el propósito de obtener un cultivo iniciador mixto, que despliegue cualidades óptimas y distintivas de la región al vino obtenido.

Las levaduras empleadas fueron clasificadas preliminarmente en agar nutriente WL y medio lisina. Las cepas N-Sc ensayadas fueron 2 *Metschnikowia* y 2 *Hanseniaspora/Kloeckera*; y 1 cepa Sc, previamente elegida en ensayos realizados durante la vendimia 2011 en Planta Piloto de la FCAI, todas ellas identificadas en forma preliminar en base a criterios morfológicos.

Resultó seleccionada la dupla 8-5 (*Metschnikowia*) y 13A-21 (*Saccharomyces*), por su correcta cinética de fermentación (por pérdida de peso diaria), la baja cantidad de azúcares residuales (cuantificados por el método del DNS), su escasa producción de SH₂ (tira de papel impregnado con acetato de plomo) y la preferencia por parte del panel de catadores. Se propone este cultivo iniciador para elaborar vinos de la región con un perfil organoléptico complejo y distintivo.

1. Introducción

Las fermentaciones vnicas poseen una compleja interacción microbiana e involucran el desarrollo secuencial de varias cepas de levaduras que contribuyen al flavor de los vinos. Por muchos años, éstos se produjeron mediante fermentaciones naturales llevadas a cabo por levaduras tanto de las uvas como de la bodega. Sobre la superficie de las uvas predominan varias levaduras oxidativas y apiculadas (no-*Saccharomyces*), pero luego de 3-4 días de fermentación, predomina *Saccharomyces cerevisiae* “sensu stricto”, correspondiéndole el rol más importante de la fermentación alcohólica (Jackson, 1994; Fleet, 2003).

Algunas especies de levaduras N-Sc pueden mejorar el comportamiento fermentativo de los cultivos iniciadores de levaduras y la composición analítica del vino, o conducir a un aroma más complejo. Hoy en día se presta más atención a la ecología de las levaduras, para entender mejor el impacto de las cepas N-Sc en la química y propiedades sensoriales del vino (Pretorius, 2000; Romano et al., 2003; Swiegers et al., 2005). Las actividades enzimáticas (poligalacturonasa, β -D-xilosidasa y β -glucosidasa) de estas levaduras pueden influir sobre el perfil del vino y pueden usarse para mejorar la calidad del mismo. Además se evalúan otras propiedades específicas (características metabólicas) de interés en la vinificación entre los que se cuentan metabolitos favorables (como por ejemplo, 2-feniletil acetato, ésteres agradables) que contribuyen a la definición final del bouquet del vino. De especial interés es la capacidad de las levaduras N-Sc para sintetizar ésteres de acetato que juegan un papel clave en la calidad aromática de los vinos jóvenes. Además de la capacidad de producción de acetato de etilo, superior a la de las cepas vnicas de S.

cerevisiae (Nykänen, 1986; Ough et al., 1968), por ejemplo, los géneros *Rhodotorula* y *Pichia* han sido señalados como productores de acetato de isoamilo (Suomalainen y Lehtonen, 1979; Rojas et al., 2001).

Es posible promover la actividad de las levaduras N-Sc en vinificación limitando o demorando el uso de cultivos iniciadores de *S. cerevisiae*. La bibliografía existente pone de manifiesto que el comportamiento enológico de las levaduras N-Sc no es igual en cultivo puro que en presencia de *S. cerevisiae*, lo cual se debe a las interacciones entre las levaduras integrantes del cultivo iniciador. De hecho, se ha demostrado que cuando las levaduras se desarrollan juntas en condiciones de fermentación, no coexisten de forma pasiva, sino que interactúan y producen compuestos impredecibles y/o diferentes cantidades de productos de fermentación, los cuales pueden afectar a la composición química y aromática de los vinos (Howell et al., 2006; Anfang et al., 2009).

La inoculación secuencial de levaduras evita que se produzca una competición entre las cualidades fermentativas y organolépticas de cada una de las especies. Algunas firmas comerciales que ya están empleando levaduras N-Sc para fermentaciones vínicas, recomiendan la aplicación de los cultivos mixtos de forma secuencial para conseguir una mejor implantación.

2. Objetivos

El propósito de este estudio fue evaluar el desempeño de levaduras no-*Saccharomyces* y *Saccharomyces* autóctonas de la D.O. San Rafael en vinificación, evaluando los efectos sobre parámetros enológicos y las características organolépticas del vino obtenido.

3. Metodología

Microorganismos utilizados: se evaluaron 4 cepas de levaduras N-Sc y 1 Sc previamente aisladas de la fermentación espontánea realizada en Planta Piloto de la FCAI en uva Malbec 2010 (Tabla 1). La identificación preliminar de estas cepas se realizó utilizando medio lisina (Oxoid) para determinar si son cepas del género *Saccharomyces* (Morris y Eddy, 1957), y agar nutriente WL (g/L; glucosa, 50; peptona, 5; extracto de levadura, 4; fosfato dibásico de potasio, 0,55; cloruro de potasio, 0,425; cloruro de calcio, 0,125; sulfato de magnesio, 0,125; cloruro férrico, 0,0025; sulfato de manganeso, 0,0025; verde de bromocresol, 0,022; agar, 12; pH 5,5) que provee una forma rápida para prever el género de las levaduras viables y cultivables, mediante evaluación de morfología de colonia (OIV/OENO 206/2010). También se realizó una observación microscópica.

Los géneros de levaduras N-Sc elegidos para el estudio fueron los 2 más representativos encontrados durante el seguimiento de la vinificación en Planta Piloto de la FCAI. La levadura 13A-21 ya había sido previamente ensayada en microvinificaciones y vinificaciones de 60 L de mosto, habiendo resultado una de las elegidas por aportar cualidades organolépticas deseables, ausencia de cualidades indeseables y, además, por su cinética de fermentación y porque el contenido de azúcares residuales fue menor de 5 g/L.

Tabla 1. Descripción de las cepas de levaduras utilizadas en la microvinificación

Cepa	Momento de la fermentación espontánea en que fue aislado	Género presuntivo
0-3	Día 0	<i>Hanseniaspora/Kloeckera</i>
1-14	Día 1	<i>Hanseniaspora/Kloeckera</i>
1-19	Día 1	<i>Metschnikowia</i>
8-5	Día 8	<i>Metschnikowia</i>
13A-21	Día 13	<i>Saccharomyces</i>

Microvinificaciones: se diluyó mosto blanco concentrado sulfitado hasta alcanzar 21,2°Bx (205,7 g/L de azúcares) y se corrigió la acidez con ácido tartárico a 5,10 g/L H₂SO₄. El mosto se pasteurizó en erlenmeyers de 1 L con tapón de algodón (conteniendo 0,5 L de mosto) durante 20 min a espita abierta. El mosto pasteurizado mostró los siguientes parámetros: pH 3,18; acidez total 5,25 g/L H₂SO₄; SO₂ libre 20 ppm; SO₂ total 150 ppm.

Siembra secuencial: en la primera etapa, se inoculó la levadura N-Sc (0-3, 1-14, 1-19 ó 8-5) de forma tal que la concentración final de células sea aproximadamente 2.10⁶ UFC/mL. En la segunda etapa (a las 72 horas), se inoculó la levadura *Saccharomyces* (13A-21) hasta una concentración final aproximada de 2.10⁶ UFC/mL. Control: sólo 2° etapa. La vinificación fue conducida a 22,5°C durante 18 días, siguiéndose la cinética mediante pérdida de peso, representativa del CO₂ liberado en la fermentación. Se utilizó un papel impregnado con PbAcO para controlar cualitativamente la producción de SH₂. Al finalizar el proceso, las muestras de vino fueron refrigeradas a 4°C para clarificarlos. A los vinos terminados se les cuantificaron los azúcares reductores residuales, mediante la técnica de DNS (Miller, 1959). Se enumeró la población de levaduras durante la vinificación utilizando diluciones apropiadas en agar nutritivo (28°C – 4 días). Se realizó un análisis sensorial descriptivo mediante un panel de catadores (expertos y principiantes).

4. Resultados

En la Fig. 1 se observa el seguimiento de la pérdida de peso a 22°C, de las cepas de levaduras ensayadas. Se advierte el desplazamiento (3 días) de la máxima pérdida de peso diaria en el control, sin siembra de N-Sc, por la inoculación de la cepa Sc en el inicio del ensayo. Únicamente la dupla 1-14/13A-21 presentó una disminución del máximo de pérdida de peso. El criterio que se utiliza para selección de cepas es que la fermentación siga una cinética regular, sin alterar la cinética de la cepa Sc 13A-21. La correcta cinética fermentativa previene detenciones de la fermentación y elevaciones de temperatura excesivas, lo que evita la posible muerte térmica de las levaduras. Los cultivos probados no muestran tiempos de latencia largos (el arranque de la fermentación no se ve demorado), por lo que se asegura una fermentación rápida y regular.

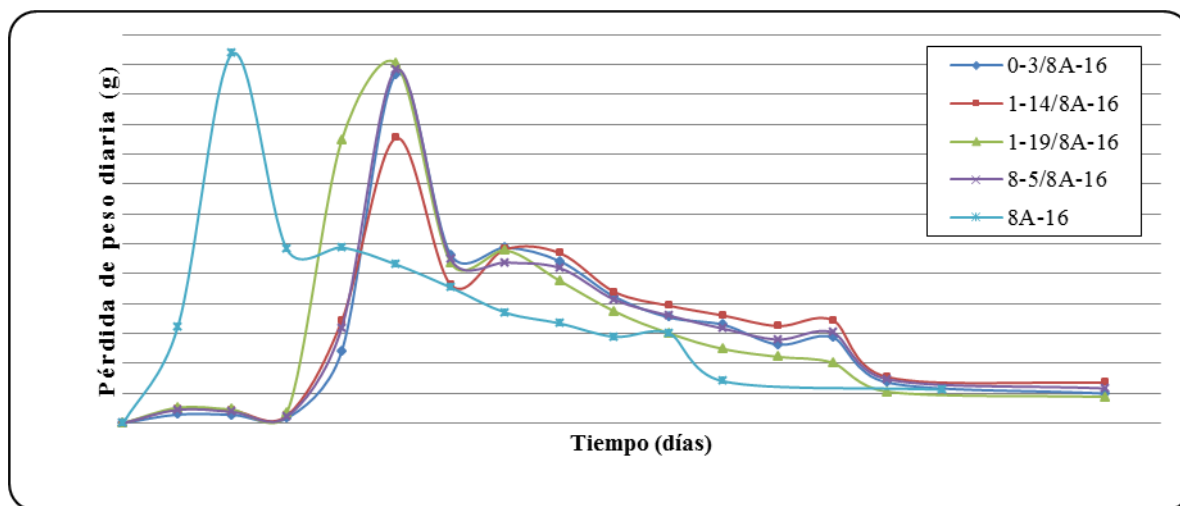


Fig. 1. Cinéticas de fermentación de las cepas estudiadas en microvinificaciones

En la Fig. 2 se observan colonias de levadura cultivadas en agar nutriente WL, que supone una forma rápida de identificación presuntiva del género de las levaduras viables y cultivables. *Hanseniaspora* spp./*Kloeckera* spp. (Fig. 2-A): las colonias son verde oscuro, planas, lisas y de consistencia butírica; además crece en agar lisina y en agar diferencial WL. *Saccharomyces* spp. (Fig. 2-B): son colonias circulares de color crema a verde pálido, tienen protuberancias cónicas o redondas, su superficie es lisa y opaca, y su consistencia butírica; no crece en agar lisina. *Metschnikowia* spp. (Fig. 2-C): son pequeñas colonias claras, suaves y de consistencia butírica. Un pigmento rojizo se difumina en el medio por debajo de las colonias; además crece en agar lisina. Esta identidad será confirmada a futuro mediante estudios metabólicos y moleculares.

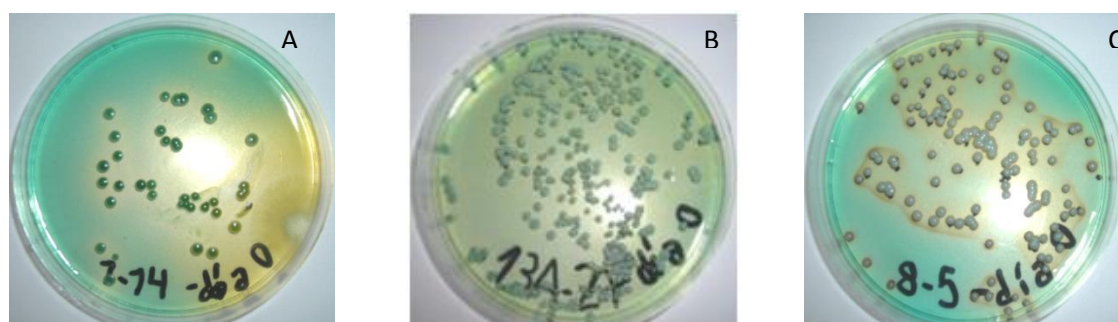


Fig. 2. Colonias de levaduras en medio agar nutriente WL. A) Cepa 1-14 (*Hanseniaspora/Kloeckera*); B) Cepa 13A-21 (*Saccharomyces*); C) Cepa 8-5 (*Metschnikowia pulcherrima*)

Las cepas 1-19/13A-21 fueron las que más SH_2 produjeron, seguidas en mucha menor proporción (cualitativo) por 1-14/13A-21 y 13A-21. La producción de SH_2 es un criterio de selección importante, por lo tanto, la primera pareja resultó descartada en la selección.

La Fig. 3 muestra las curvas del crecimiento de levaduras totales durante la vinificación. Las levaduras N-Sc disminuyen drásticamente su número al 2º día. Los factores que afectan el crecimiento de las levaduras N-Sc son la tolerancia al etanol, el metabolismo oxidativo o fermentativo, la presencia de otros factores de sobrevivencia y el mecanismo de contacto célula-célula con altas poblaciones de *Saccharomyces*.

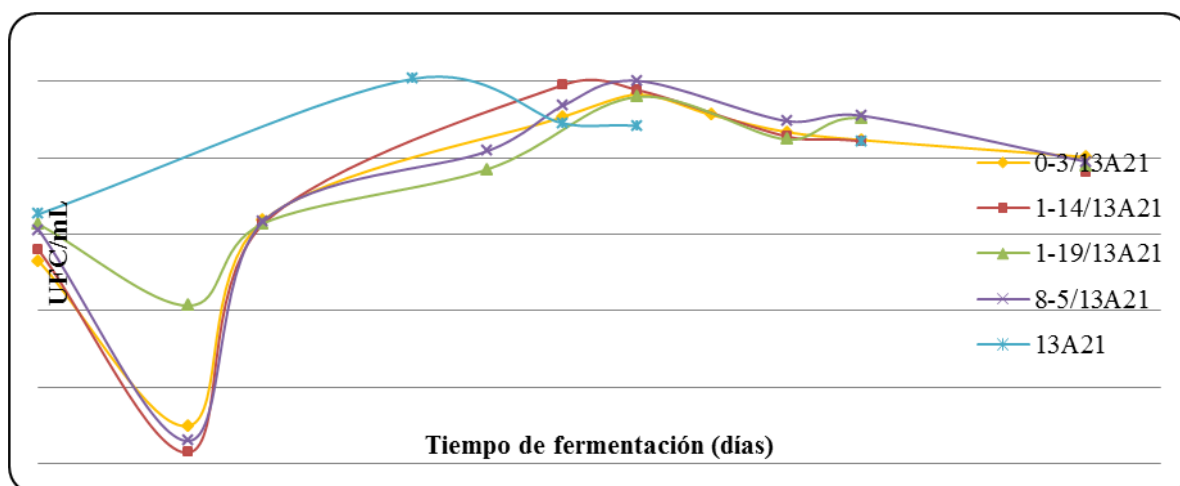


Fig. 3. Curva de crecimiento de levaduras totales durante la fermentación

Los azúcares residuales, expresados en glucosa equivalente (g/L), de los vinos obtenidos fueron los siguientes, 0-3/13A-21: $2,84 \pm 0,23$; 1-14/13A-21: $3,53 \pm 0,12$; 1-19/13A-21: $1,65 \pm 0,02$; 8-5/13A-21: $3,31 \pm 0,08$; 13A-21: $2,40 \pm 0,09$. Todos los vinos completaron la fermentación alcohólica y presentaron valores inferiores a 4 g/L, valor recomendado para evitar el riesgo de deterioro microbiano.

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos por el panel de catadores. El vino que presentó una mayor preferencia fue el elaborado utilizando las cepas 8-5/13A-21 (*Metschnikowia-Saccharomyces*), seguido de 0-3/13A-21 (*Hanseniaspora/Kloeckera-Saccharomyces*).

Tabla 2. Descripción sensorial de las fermentaciones secuenciales y de la llevada a cabo sólo por *Saccharomyces*

Cepas utilizadas en la fermentación	Descripción sensorial	Defectos (si/no)	Ranking de preferencia sensorial
0-3/13A-21	Banana Agradable, armónico, redondo	No	2°
1-14/13A-21	Gusto a moho, cítrico, tomate podrido, azufrado	Si	5°
1-19/13A-21	Azufrado, luego fruto tropical y cítrico, sin mucha intensidad, muy ácido, algo oxidado	Si	4°
8-5/13A-21	Aromático, buena entrada de boca	No	1°
13A-21	Agradable, menos armónico, acético, retrogusto no muy bueno	Si	3°

Se ha reportado que *Metschnikowia* contribuye de diferentes maneras en la fermentación y la composición del vino: a) su significativa actividad proteolítica, pudiendo proveer importantes aminoácidos para el crecimiento de *S. cerevisiae* para la etapa intermedia de fermentación (Fleet, 2003; Ganga y Martinez, 2004), y b) muestra actividad β -glucosidasa, es decir, posee la capacidad de liberar sustancias aromáticas en el vino a través de la hidrólisis de glicósidos terpénicos no odoríferos de la uva (Esteve-Zarzoso, 1998). En el caso particular de las 2 cepas ensayadas, sólo 8-5 pudo realzar buenas propiedades sensoriales, mientras que 1-19 si bien destacó aromas a frutos tropicales y cítricos, también produjo compuestos azufrados que le otorgaron características indeseables.

Hanseniaspora es uno de los principales géneros de levaduras N-Sc en mostos de uva al principio de la fermentación (Pretorius, 2000) y por largo tiempo se le atribuyó una influencia negativa en la calidad del vino. *Hanseniaspora* puede producir grandes cantidades de ácido acético, acetoina (aromas mantecosos) y etil acetato (aroma a solvente), pero cuando se utilizan cultivos mixtos de *Hanseniaspora/S. cerevisiae*, la

producción se ve notablemente reducida, y algunas sustancias aromáticas en baja proporción, como etil acetato y 2-feniletíl acetato, contribuyen positivamente a la complejidad del flavor del vino (Rojas et al., 2003; Romano et al., 2003; Ciani et al., 2006). *Hanseniaspora uvarum* y *Hanseniaspora guilliermondii* en fermentaciones mixtas con *S. cerevisiae* produjeron un mejoramiento de compuestos deseables, como azufrados, alcoholes superiores y ésteres (isoamil acetato: aroma a banana, 2-feniletíl acetato: aroma a rosas) (Moreira, 2005; Moreira y col., 2008). En el vino elaborado con las cepas 0-3/13A-21 mostró notas a banana; sin embargo, en el obtenido con 1-14/13A-21 predominaron aromas y gustos desagradables.

5. Conclusiones

Actualmente hay numerosas investigaciones que discuten la posibilidad de usar levaduras N-Sc en conjunto con Sc en vez de estas últimas solas en vinificación. En este trabajo se demostró que, a escala laboratorio, las levaduras N-Sc autóctonas sembradas secuencialmente con una levadura Sc también autóctona impactan en la intensidad y complejidad (positiva o negativamente) del producto final. En base a los resultados obtenidos en la descripción sensorial, se seleccionaron las cepas 8-5/13A-21 (*Metschnikowia/Saccharomyces*). Estas cepas de levaduras serán ensayadas en vinificaciones a escala Piloto para continuar con las evaluaciones enológicas y se identificarán utilizando técnicas moleculares.

6. Bibliografía

- Anfang, N., Brajkovic, M. y Goddard, M.R. (2009). Co-fermentation with *Pichia kluyveri* increases varietal thiol concentrations in Sauvignon Blanc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15: 1-8.
- Esteve-Zarzoso, B.; Manzanares, P.; Ramón, D.; Querol, A. (1998). The role of non-*Saccharomyces* yeasts in industrial winemaking. *International Microbiology*, 1: 143-148.
- Fleet, G.H. (2003). Yeast interactions and wine flavour. *International Journal of Food Microbiology*, 86: 11-22.
- Ganga, M.A.; Martinez, C. (2004). Effect of wine yeast monoculture practice on the biodiversity of non-*Saccharomyces* yeasts. *Journal of Applied Microbiology*, 96: 76-83.
- Howell, K.S.; Cozzolino, D.; Bartowsky, E.; Fleet, G.H.; Henschke, P.A. (2006). Metabolic profiling as a tool for revealing *Saccharomyces* interactions during wine fermentation. *FEMS Yeast Research*, 6: 91-101.
- Jackson, R.S. (1994). *Wine science: principles and applications*. Academic Press, San Diego, USA.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31 (3): 426-428.
- Moreira, N. (2005). Alcohols, esters and heavy sulphur compounds production by pure and mixed cultures of apiculate wine yeasts. *International Journal of Food Microbiology*, 103: 285-290.
- Moreira, N.; Mendes, F.; Guedes de Pinho, P.; Hogg, T.; Vasconcelos, I. (2008). Heavy sulphur compounds, higher alcohols and esters production profile of *Hanseniaspora uvarum* and *Hanseniaspora guilliermondii* grown as a pure and mixed cultures in grape must. *International Journal of Food Microbiology*, 124: 231-238.
- Morris, E.O.; Eddy, A.A. (1957). Method for the measurement of wild yeast infection in pitching yeast. *Journal of the Institute of Brewing*, 63: 34.

- Nykänen, L. (1986). Formation and occurrence of flavour compounds in wine and distilled alcoholic beverages. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37: 84-96.
- OIV/OENO 206/2010. Análisis microbiológico de vinos y mostos – Revisión de la Resolución OENO 8/95.
- Ough, C.S.; Cook, J.A.; Lider, L.A. (1968). Rootstock-scion interactions concerning wine making. II. Wine compositional and sensory changes attributed to rootstock and fertilizer differences. *American Journal of Enology and Viticulture*, 19: 254-265.
- Pretorius, I.S. (2000). Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of wine making. *Yeast*, 16: 675-729.
- Rojas, V.; Gil, J.V.; Piñaga, F.; Manzanares, P. (2001). Studies on acetate ester production by non-*Saccharomyces* wine yeasts. *International Journal of Food Microbiology*, 70: 283-289.
- Rojas, V.; Gil, J.V.; Pinaga, F.; Mazanares, P. (2003). Acetate ester formation in wine by mixed cultures in laboratory fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, 86: 181-188.
- Romano, P.; Fiore, C.; Paraggio, M.; Caruso, M.; Capece, A. (2003). Function of yeast species and strains in wine flavour. *International Journal of Food Microbiology*, 86: 169-180.
- Suomalainen, H.; Lehtonen, M. (1979). The production of aroma compounds by yeast. *Journal of the Institute of Brewing*, 85: 149-156.
- Swiegers, J.H.; Bartowsky, E.J.; Henschke, P.A.; Pretorius, I.S. (2005). Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11: 139-173.

87TCA. EFECTO DE LA VARIEDAD SOBRE LA RETENCIÓN DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EL COLOR DE FRUTILLAS CORTADAS EN EL LAVADO DESINFECCIÓN CON ÁCIDO PERACÉTICO

VAN DE VELDE, F.^{1,2}, GÜEMES, D.R.², PIAGENTINI, A.M.², PIROVANI, M.E.²

¹ Becario CONICET

² Instituto de Tecnología de Alimentos – Facultad de Ingeniería Química –
Universidad Nacional del Litoral - 3000 Santa Fe - Argentina -
mpirovan@fiq.unl.edu.ar

Resumen: El objetivo de este trabajo fue cuantificar y modelar los cambios en los contenidos de antocianinas totales y vitamina C, como así también en el color, de frutillas cortadas variedad *Camarosa* y *Selva* (ambas 90% rojo en su superficie) cuando se someten al lavado-desinfección con soluciones de ácido peracético (APA), variando concentración, tiempo de contacto y temperatura de la solución. Para el diseño y análisis de los resultados se aplicó la Metodología de Superficie de Respuesta, siendo las respuestas porcentajes de retención de: a) antocianinas totales (RAT) respecto a la frutillas cortadas antes del lavado, b) ácido ascórbico (RAA) y ácido ascórbico total (RAAT) y c) color medido instrumentalmente. La RAA y RAT no mostraron diferencias significativas entre ambas variedades. Para las respuestas RAAT y los cambios en los parámetros de color mostraron diferencias significativas por variedad, por lo que el efecto debe analizarse para cada variedad independientemente. Para *Camarosa*, la RAAT y los cambios de color fueron constantes en el espacio experimental ensayado. Para *Selva*, la RAAT fue función de la concentración de APA y el tiempo, sin tener efecto significativo la temperatura. En cuanto al color, todas las variables produjeron cambios. Este trabajo demuestra el comportamiento diferente de ambas variedades ante un mismo proceso y provee herramientas predictivas sencillas para cuantificar dicho efecto.

1. Introducción:

Las frutillas constituyen una excelente fuente de vitaminas y compuestos bioactivos. La oferta de esta fruta como “lista para consumir”, requiere lograr un producto similar al fresco, sin perder valor nutricional ni potencial saludable. El proceso de elaboración, en el caso de frutillas, involucra selección, prelavado, despedunculado, corte, lavado-desinfección y envasado. El efecto de igual procesamiento con diferentes resultados sobre la calidad, en diferentes variedades de frutillas, ha sido reportado previamente (Reyes et al. 2007). Por lo tanto, la selección de la materia prima adecuada para condiciones preestablecidas de procesamiento, o inversamente, la elección de las condiciones de procesamiento para cada variedad es una decisión importante para lograr un producto de calidad.

Específicamente, para la etapa de lavado-desinfección se ha usado y se está usando el cloro o los compuestos clorados como agentes sanitizantes, con el objetivo de controlar el número de microorganismos en el agua y de mejorar la calidad microbiológica de estos productos (Pirovani, et al. 2006). Sin embargo, en los últimos años, se está buscando reemplazarlo por desinfectantes alternativos ya que la reacción del cloro con la materia orgánica resulta en la formación de potenciales carcinógenos halogenados, como son los trihalometanos y los ácidos haloacéticos (Silveira et al. 2008). Actualmente, el ácido peracético ha ganado interés como agente desinfectante tanto para producciones orgánicas como convencionales, de productos enteros o cortados, considerando también minimizar impactos ambientales (Vandekinderen et al. 2009, Alvaro et al. 2009, Ölmez y

Kretzschmar 2009, Van de Velde et al. 2010). Comercialmente, el ácido peracético está disponible como una mezcla cuaternaria en equilibrio, de ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético (APA) y agua. El APA es un agente sanitizante que no reacciona con las proteínas, para producir compuestos tóxicos o carcinogénicos; y los únicos productos de su descomposición reportados, han sido ácido acético y oxígeno (Silveira et al. 2008, Vandekinderen et al. 2009). El APA tiene buenas propiedades antimicrobianas a bajas temperaturas, en el rango de pH de 3 a 7,5 (Kitis, 2004). Finalmente, entonces, al usar un agente fuertemente oxidante como el APA para el lavado desinfección, este compuesto puede generar pérdida de pigmentos y vitaminas por oxidación, y además, el comportamiento puede resultar diferente según la variedad.

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo fue cuantificar y modelar los cambios en los contenidos de antocianinas totales y vitamina C, como así también en el color de frutillas cortadas variedad *Camarosa* y *Selva* (ambas 90% rojo en su superficie) cuando se someten al lavado-desinfección con soluciones de ácido peracético (APA), variando concentración (0-100 ppm), tiempo de contacto (10-120 seg) y temperatura de la solución (4-40°C).

3. Metodología:

Frutillas (*Fragaria ananassa* Duch) de dos cultivares (90% de superficie de color rojo): *Selva* (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina) y *Camarosa* (Arroyo Leyes, Santa Fe, Argentina) fueron compradas en el mercado en Santa Fe y almacenadas (menos de 12 hs) a 3°C y 95% HR antes del procesamiento.

El mínimo procesamiento se realizó en la Planta Piloto del ITA. Las frutillas fueron seleccionadas, despedunculadas, prelavadas con agua de red a temperatura de 20°C - 2 min, escurridas por gravedad sobre papel absorbente y cortadas longitudinalmente en cuartos con cuchillo de acero inoxidable filoso. Lotes de 200 g de frutillas cortadas se lavaron de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental de Box-Benhken (15 corridas experimentales para 3 variables en 3 niveles) variando concentración de APA, tiempo y temperatura. En todos los casos, con una relación de lavado de 3 L/kg. Finalmente, las muestras de frutillas lavadas de cada corrida experimental y una muestra de frutillas cortadas sin lavar (control) fueron congeladas a -80°C hasta su análisis.

Para el modelado y análisis de los resultados, se aplicó la Metodología de Superficie de Respuesta en dos bloques (uno por cada variedad), expresando las respuestas como porcentaje de retención de: a) antocianinas totales (RAT), b) ácido ascórbico (RAA) y ácido ascórbico total (RAAT), y c) porcentaje de cambio de color (δL^* , δC_{ab}^* , δh_{ab}), todos respecto a las frutillas cortadas antes del lavado.

Antocianinas totales

El contenido de antocianinas totales se determinó por duplicado sobre el extracto obtenido, con el método diferencial de pH según Heo y Lee (2005). Se midió la absorbancia a 510 y 700nm en soluciones reguladoras a pH 1 y 4,5. La absorbancia se convirtió a mg de pelargonidin-3-glucósido/ 100g de fruta fresca (mgP3G/100 g fruta fresca), usando un coeficiente de extinción molar de 22.400 L/(mol.cm), un camino óptico de 1cm y una absorbancia de:

$$A = \left[(A_{510} - A_{700})_{pH=1} - (A_{510} - A_{700})_{pH=4,5} \right] \quad (1)$$

Ácido ascórbico y ácido ascórbico total

El contenido de ácido ascórbico y ácido ascórbico total fue determinado por HPLC, de acuerdo a Van de Velde et al. (2009). Diez gramos de fruta fueron homogeneizados con 50ml de solución acuosa extractante (3% ácido metafosfórico y 8% de ácido acético). La mezcla fue homogeneizada por 1 minuto y luego centrifugada a 12.000g durante 40 minutos a 4°C con una centrífuga refrigerada. El sobrenadante fue separado y diluido 1/6 con fase móvil, filtrado a través de una membrana Millipore 0,45µm e inyectado en el sistema de HPLC para conocer el contenido de ácido ascórbico (AA) de las muestras. Para cuantificar el ácido ascórbico total (AAT) se utilizó una solución de ditiotreitól (DTT) 0,5%. Se agregaron 0,2ml de DTT a 1ml del sobrenadante obtenido para el análisis de ácido ascórbico. La mezcla fue dejada en la oscuridad a temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora, luego diluida 1/6 con fase móvil, filtrada a través de membrana Millipore 0,45µm e inyectada en el sistema de HPLC. Las muestras estuvieron, durante y después de la preparación, al abrigo de la luz y sobre hielo molido para evitar pérdidas por oxidación. El equipo utilizado fue un HPLC-KONIK KNK-500-A Series, acoplado a un espectrofotómetro Uvis 200 (Konik Instruments). Las muestras fueron inyectadas en el sistema cromatográfico a través de un inyector manual equipado con un *loop* de 20µL, en una columna de fase reversa Phenomenex Gemini 5µ C18 110A unida a un guardacolumna Phenomenex. La fase móvil consistió en una solución *buffer* 0,03M de acetato de sodio/ácido acético pH= 4,0 ± 0,5. La velocidad de flujo fue de 1ml/min a temperatura ambiente. Las mediciones se hicieron a 238nm. El contenido de AA y AAT de las muestras se expresó en mg/100g de fruta fresca.

Color

Se determinó el color de las frutas sobre muestras trituradas (aproximadamente 50 gramos por muestra) y colocadas en cubetas blancas de 1cm de espesor, utilizando un espectrofotómetro Minolta 508d, en las siguientes condiciones: iluminante D65, ángulo del observador 10°, SCE (componente especular excluida), evaluándose los parámetros correspondientes al sistema CIE: L*, a*, b*, h_{ab} y C_{ab}*. El parámetro L* mide el grado de luminosidad (L*=100: blanco; L*=0: negro), el a*, el grado de componente rojo o verde (a*>0: rojo; a*<0: verde) y el b* el grado de componente amarillo o azul (b*>0: amarillo b*<0: azul). Por otro lado, el espacio L*C*h, usa el mismo diagrama que el espacio L*a*b*, pero en coordenadas cilíndricas. La luminosidad es la misma en ambos sistemas, y por su parte C_{ab}* (croma) y h_{ab} (ángulo de tono) son definidos a partir de a* y b* donde $C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y $h_{ab} = \arctg(b^*/a^*)$ (0°: rojo; 90° amarillo; 180°: verde; 270°: azul).

Análisis estadístico

El programa estadístico STATGRAPHICS se usó para el análisis de los datos a través del ANOVA y para comprobar la idoneidad de los modelos propuestos. Asimismo permitió ajustar las ecuaciones polinomiales de 2do. orden a los datos experimentales y graficar las superficies predichas a partir de los modelos.

4. Resultados:

El contenido de antocianinas totales de las frutillas cortadas antes del lavado fue superior en la var. *Camarosa* que en la var. *Selva*, en acuerdo con el color rojo más intenso de dicha variedad. También, el contenido de ácido ascórbico total fue superior en la variedad *Camarosa* (Tabla 1).

Los modelos predictivos obtenidos para la retención de ácido ascórbico y antocianinas totales no mostraron diferencias significativas entre bloques (p>0.05) indicando que ambas variedades se comportan igual.

Tabla 1. Antocianinas totales (AT), ácido ascórbico (AA), ácido ascórbico total (AAT) y atributos de color (L^*_o , C^*_{abo} y h_{abo}) de 2 variedades de frutillas cortadas antes del lavado desinfección

	Cultivar	
	<i>Selva</i>	<i>Camarosa</i>
AT (mg 100g ⁻¹)	19.0 ± 0.8 ^a	47.0 ± 2.2 ^b
AA (mg 100g ⁻¹)	15.0 ± 1.0 ^a	36.1 ± 2.5 ^b
AAT (mg 100g ⁻¹)	28.7 ± 0.3 ^a	41.2 ± 3.4 ^b
L^*_o	32.3 ± 0.6 ^a	30.1 ± 0.1 ^b
C^*_{abo}	28.2 ± 0.9 ^a	42.5 ± 0.5 ^b
h_{abo}	25.7 ± 0.5 ^a	29.1 ± 0.6 ^b

Promedio ±DS (n=9). Valores en la misma fila con diferentes letras son significativamente diferentes por t-test (p≤0.05).

Las Figuras 1 y 2 muestran los gráficos de contornos para el porcentaje de retención de ácido ascórbico y antocianinas totales luego del lavado desinfección de frutillas cortadas en cuartos a 22°C, contruidos a partir de los modelos obtenidos.

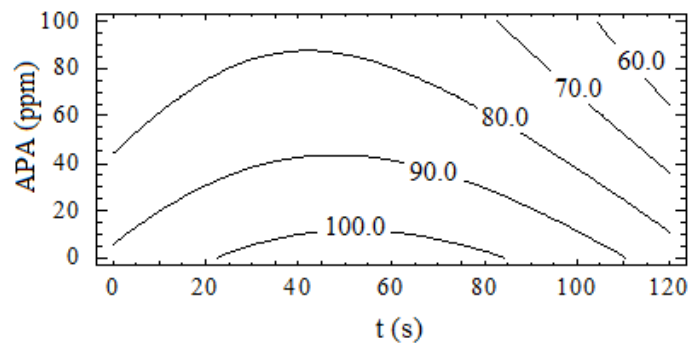


Figura 1. Gráfico de contorno del porcentaje de retención de ácido ascórbico (RAA%) en ambas variedades de frutillas luego del lavado desinfección con APA a 22°C

Sin embargo, para los modelos de retención de ácido ascórbico total (RAAT%) y de los cambios en los parámetros de color se observaron diferencias significativas por variedad (bloque), por lo que el efecto debe analizarse para cada variedad independientemente.

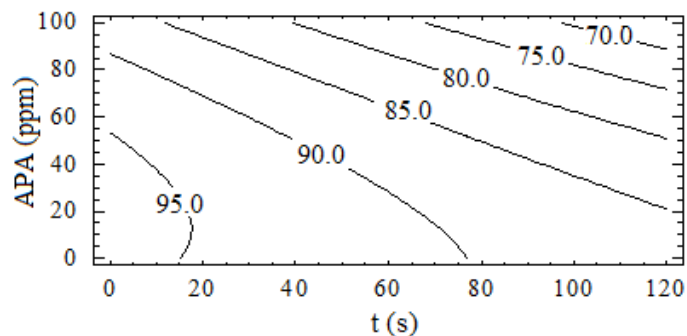


Figura 2. Gráfico de contorno del porcentaje de retención de antocianinas (RAT %) en ambas variedades de frutillas luego del lavado desinfección con APA a 22°C

Para *Camarosa*, los modelos de RAAT (%) y de los cambios de color no presentaron falta de ajuste en los mismos, pero ninguno de los términos del modelo polinomial de 2do orden resultaron significativos, por lo que el valor promedio de la respuesta resulta la mejor estimación del cambio de calidad de las frutillas durante el lavado desinfección, en

cualquier situación dentro del espacio experimental ensayado. La Tabla 2 presenta los valores promedios experimentales de las 15 corridas para la reducción de ácido ascórbico total y los atributos de color para *Camarosa*.

Tabla 2. Porcentaje de retención promedio para ácido ascórbico total y porcentaje de cambio de color promedio luego de los ensayos de lavado desinfección con ácido peracético (0-100 ppm), tiempo (10-120s) y temperatura (4-40°C) en la variedad *Camarosa*

Respuesta	Porcentaje (%)
Ac. Ascórbico Total	89.9
Color	
δL^*	+4.9
δC_{ab}^*	-2.5
δh_{ab}^*	-0.3

Valor promedio de las 15 corridas

En cambio en el caso de la variedad *Selva*, el modelo de la RAAT fue función de la concentración de APA y el tiempo, sin tener efecto significativo la temperatura. La retención de ácido ascórbico total se presenta en la Figura 3.

Los cambios de color de la variedad *Selva* fueron dependientes las variables del proceso. Los valores positivos y negativos de cambio de L^* (δL^*) indican que las frutillas cortadas lavadas fueron más claras o más oscuras que las cortadas no lavadas. La Figura 4a muestra que frutas más claras se obtuvieron cuando se lavaron con las mayores concentraciones de APA y tiempos largos (>100 seg) a 22 °C. La oxidación y subsecuente degradación de las antocianinas por el ácido peracético y el peróxido de hidrógeno presentes en la formulación pueden justificar la fruta más clara.

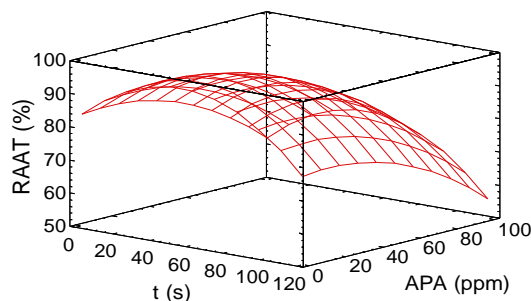


Figura 3. Superficie de respuesta de retención de ácido ascórbico total (RAAT%) después del lavado desinfección de frutillas variedad *Selva* a 22°C.

Respecto al croma (Figura 4b), todos los tratamientos logran un producto más vívido (valores positivos de δC_{ab}^*) y en cuanto al ángulo de tono h_{ab} (Figura 4c) se observa que tratamientos de corto tiempo (<65 s) y concentraciones entre 35-70 ppm producen frutillas más rojas (valores negativos de δh_{ab}).

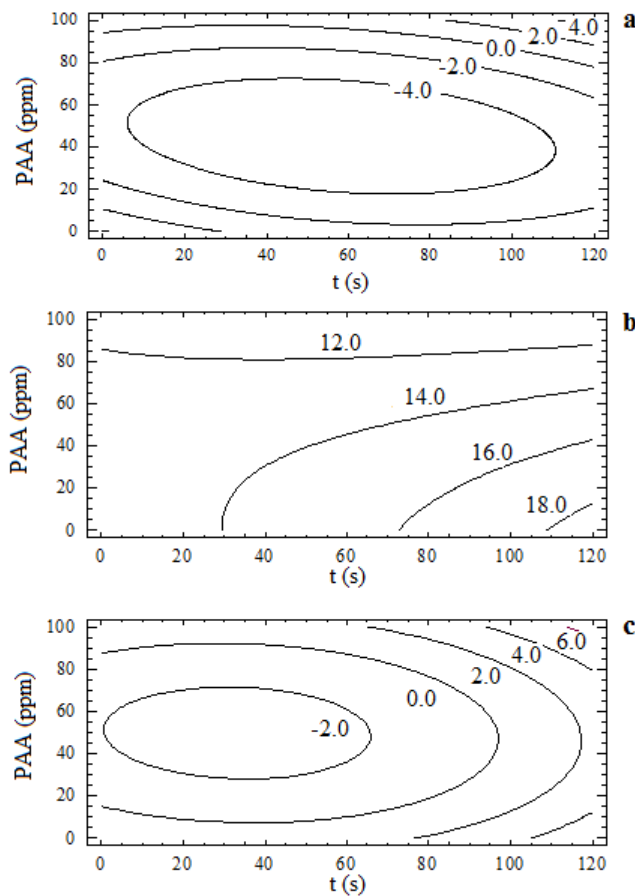


Figura 4. Gráficos de contornos de cambios de color (a) ΔL^* (%), (b) ΔC_{ab}^* (%) y (c) Δh_{ab} (%) después del lavado desinfección de frutillas variedad *Selva* a 22°C.

5. Conclusiones:

Este trabajo demuestra el comportamiento diferente de ambas variedades ante un mismo proceso, provee herramientas predictivas sencillas para cuantificar dicho efecto y encontrar las mejores condiciones de procesamiento.

6. Bibliografía:

Alvaro, J.E., Moreno, S., Dianez, F., Santos, M., Carrasco, G., Urrestarazu, M. (2009) Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. *Journal of Food Engineering* 95, 11-15.

Jin Heo, H.; Yong Lee, C. (2005). Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 1984-1989.

Kitis, M. (2004). Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environmental Institute* 30, 47-55.

Ölmez H.; Kretzschmar, U. (2009). Review: Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT – Food Science and Technology* 42: 686-693

Pirovani, M. E.; Güemes, D. R.; Piagentini, A. M. (2006) “Vegetales frescos cortados: Procesamiento y calidad” ISBN: 987-508-601-0. Ediciones UNL. Santa Fe, Argentina.

Reyes, M.S.; Piagentini, A.M., Güemes, D.R, Pirovani, M.E. (2007) “Procesamiento y calidad de frutillas frescas cortadas”. En: Avances tecnológicos en el procesado mínimo hortofrutícola. Aspectos sensoriales y Nutricionales. (ISBN: 968-5862-11-7) Proyecto CYTED XI22. Desarrollo de Tecnologías para la Conservación de vegetales Frescos Cortados. Gustavo González Aguilar y Fernando Ayala Zavala (Eds). México, pp. 71-76.

Silveira A.C.; Conesa, A.; Aguayo, E.; Artes, F. (2008). Alternative sanitizers to chlorine for use on fresh-cut “Galia” (*Cucumis melo* var. *catalupensis*) melon. Journal of Food Science 73, 405-411.

Van de Velde, F.; Güemes, D. R.; Piagentini A.M.; Bernardi, C.M del H.; Pirovani M.E. (2009). Desarrollo y validación de un método analítico UV-HPLC para la determinación de vitamina C en frutillas. En actas XII Congreso Cytal 2009. Version en CD.

Van De Velde, F.; Tavella, A.; Piagentini, A.; Güemes, D.; Pirovani, M. (2010). “Retención de compuestos bioactivos en el lavado-desinfección de frutillas mínimamente procesadas con ácido peracético” Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol 11(2) 162-170. ISBN: 1665-0204

Vandekinderen I., F. Devlieghere, B. De Meulenaer, P. Ragaert, and J. Van Camp. (2009). Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce. *Food Microbiology* 26: 882-888.

88TCA. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y POLIFENOLES Y SU EFECTO ANTIOXIDANTE EN FRAMBUESAS DESHIDRATADAS MEDIANTE PROCESOS DE INFUSIÓN CON AZÚCARES

¹SETTE, P. A., ¹FRANCESCHINIS, L. E., ^{*2}SCHEBOR, C. y ^{*1}SALVATORI, D. M.

¹ IDEPA (CONICET-UNCO), Dpto. de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400, (8300) Neuquén, Argentina. Tel.: 0299-4490460. daniela.salvatori@fain.uncoma.edu.ar;

² Dto. de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, (1428) Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(*) Miembros de CONICET

Resumen: Se analizó la estabilidad de compuestos fenólicos y de antocianinas, así como los cambios en la capacidad antioxidante de frambuesas (var. *Autumn Bliss*) osmotizadas mediante: infusión húmeda (IH) e infusión seca (IS). Se evaluó el efecto de diferentes aditivos en la formulación en infusiones de a_w 0,85 a partir de frutos congelados. Los sistemas utilizados fueron: sin aditivos (IS, IH), con agregado de bisulfito de sodio (IS-B, IH-B), con agregado de ácido cítrico (IS-AC, IH-AC) y con agregado de bisulfito de sodio y ácido cítrico (IS-BAC, IH-BAC). La exposición de las frutas a las soluciones osmóticas durante los tiempos prolongados de equilibración resultó en una pérdida considerable de compuestos fenólicos y antocianinas. La capacidad antioxidante de las frutas no se vio afectada de manera significativa en comparación con la fruta fresca y los jarabes obtenidos con infusiones secas resultaron los más enriquecidos en compuestos fitoquímicos.

1. Introducción:

Los efectos benéficos de las frutas y vegetales sobre la salud han sido atribuidos a la presencia de antioxidantes naturales tales como antocianinas, flavonoides y otros compuestos fenólicos (Chaovanalikit y Wrolstad, 2004). Las berries contienen cantidades importantes de estos compuestos y si bien existen estudios sobre el efecto del procesamiento sobre la calidad de estas frutas, la mayoría de ellos se han centrado fundamentalmente en la determinación de los pigmentos antociánicos y en los cambios de color. En el caso particular de las frambuesas, hay poca información disponible acerca de los cambios producidos en su composición y actividad antioxidante luego de los distintos procesos de conservación.

Entre los procesos habitualmente utilizados para obtener frutas mínimamente procesadas, las frutas de alta humedad se obtienen mediante una deshidratación parcial de la fruta por inmersión en soluciones de azúcares y otros aditivos (o por agregado directo de humectantes y aditivos). Esto se realiza con el objeto de reducir la actividad acuosa a valores en el rango 0,93 – 0,97, el pH a valores $\leq 3,5$ e incorporar aditivos antimicrobianos y antipardeamiento (ej., sorbato potasio y bisulfito de sodio). Las frutas cuyos tejidos lo resistan pueden incluir una primera etapa de escaldado con el fin de inactivar enzimas y microorganismos lábiles al calor (Alzamora y Salvatori, 2006). Sin embargo, en frutos rojos, estos aditivos pueden afectar la estructura química de los compuestos fenólicos, pudiendo existir grandes diferencias en la efectividad como antioxidantes entre los distintos grupos de compuestos (Rice-Evanz et al., 1997).

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo fue monitorear la estabilidad de compuestos fenólicos y de antocianinas, así como los cambios en la capacidad antioxidante de frambuesas mínimamente procesadas obtenidas en distintas condiciones de infusión con azúcares y otros aditivos.

3. Metodología:

Materia Prima

Se trabajó con frambuesas congeladas (var. Autumn Bliss) de 85% (p/p, b.h.) de humedad, $a_w = 0,97$ y 8,8 °Brix, cultivadas en Plottier (provincia de Neuquén, Argentina). Luego de cosechadas, las frutas fueron almacenadas a -18°C hasta el momento de su utilización.

Tratamientos

Se realizaron tratamientos de infusión seca (IS) e infusión húmeda (IH). En IS las frutas fueron mezcladas directamente con el humectante (sacarosa comercial) y distintos conservadores como sorbato de potasio, bisulfito de sodio y ácido cítrico, habitualmente utilizados en la preparación de frutas de alta humedad. En IH las muestras se sumergieron en una solución acuosa del humectante y los conservadores. En ambos casos los solutos fueron calculados para alcanzar una a_w final en el sistema osmotizado de 0,85. Los sistemas preparados fueron los siguientes:

Infusión seca (IS): frutas y sacarosa en seco

Infusión húmeda (IH): las frutas y solución acuosa de sacarosa (61 % p/p)

Infusión seca con agregado de ácido cítrico (IS-AC): frutas y una mezcla seca (95 % azúcar y 4,2 % de ácido cítrico)

Infusión seca con agregado de bisulfito de sodio (IS-B): las frutas en sacarosa y 250 ppm de bisulfito de sodio.

Infusión seca con agregado de ácido cítrico y bisulfito de sodio (IS-BAC): frutas y una mezcla seca (95% de azúcar, 4,2% de ácido cítrico y 250 ppm de bisulfito de sodio)

Infusión húmeda con agregado de ácido cítrico (IH-AC): frutas y una solución acuosa (59,4 % azúcar y 2,3 % ácido cítrico)

Infusión húmeda con agregado de bisulfito de sodio (IH-B): frutas y solución acuosa (61 % azúcar y 250 ppm de bisulfito de sodio)

Infusión húmeda con agregado de ácido cítrico y bisulfito de sodio (IH-BAC): frutas y una solución acuosa (59,4% azúcar, 2,3 % de ácido cítrico y 250 ppm de bisulfito de sodio).

En todos los casos se agregó 1000 ppm de sorbato de potasio. Las preparaciones se agitaron suavemente dos veces diarias hasta verificar la equilibración del sistema (igualdad de a_w entre la fruta y el jarabe generado). Las frambuesas obtenidas se evaluaron en el contenido de antocianinas, polifenoles totales y la capacidad de captar radicales libres.

Contenido Total de Antocianinas (ACY)

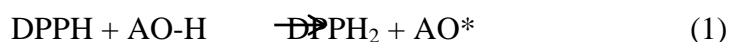
El contenido de antocianinas monoméricas (Acy) se determinó utilizando el método de pH-diferencial (Michalczyk y col., 2009). Se obtuvieron extractos con etanol al 95%-HCl 1,5 N (85:15) y se midió la absorbancia a 510 y 700 nm de los extractos diluidos en buffers a pH 1 y 4,5. Se calculó $A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}4.5}$. El contenido de ACY se expresó como ciandin-3-glucósido (PM: 445,2) considerando la absorptividad molar $\epsilon = 29.600 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Los resultados se expresaron como mg Cyd-3-glu/100 g masa seca de fruta.

Contenido de Polifenoles Totales

El contenido de fenólicos totales se determinó por medio de la técnica de Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965). Se realizó a partir de los extractos metanólicos de los frutos, utilizando la medición de espectrofotometría UV-Vis a 765 nm. Los resultados se expresaron tomando el ácido gálico como compuesto de referencia.

Actividad antirradicalaria

La técnica empleada para determinar la actividad antirradicalaria se evaluó por el método del DPPH (Brand-Williams y col., 1995). Consistió en medir la desaparición del radical libre estable 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH) en solución metanólica por acción del agregado del extracto metanólico de los frutos, el cual se obtuvo a partir de 2g de fruto, obteniéndose 25ml de extracto para cada infusión.



El consumo del radical por el agregado de alícuotas de los extractos a cuatro concentraciones diferentes fue monitoreado por espectrofotometría visible en su máximo de absorción ($\lambda_{\text{max}} = 515 \text{ nm}$) hasta alcanzar el estado estacionario. Los resultados obtenidos se expresaron a través del EC_{50} (mg de fruto/ml de solución de DPPH), que corresponde a la concentración de muestra cuando el % DPPH remanente alcanza el 50%.

Análisis estadístico:

Se utilizó el software estadístico Statgraphics Plus 5 para evaluar mediante un ANOVA y el test de comparaciones múltiples (test de Tuckey, $p < 0,05$) las diferencias entre los distintos tratamientos aplicados. Se utilizaron triplicados para todas las determinaciones.

4. Resultados:

Luego de las infusiones las frambuesas sufrieron una pérdida de peso importante ($\approx 33-35\%$ para muestras IH y $\approx 48-52\%$ para muestras IS) debido a la pérdida de agua que tiene lugar durante el proceso osmótico, conjuntamente con la incorporación de solutos, alcanzando una a_w final de 0,85. La mayor fuerza impulsora existente en las infusiones IS condujo a una mayor pérdida de agua en las frambuesas y una menor ganancia de azúcares provenientes del medio circundante (datos no mostrados).

El contenido total de antocianinas de las frutas disminuyó drásticamente luego de las infusiones, por efecto de dilución al medio, especialmente durante infusiones húmedas, siendo más evidente en IH-AC y en IS-AC (Tabla 1). Las mayores diferencias obtenidas en comparación con la fruta fresca se debieron más al tipo de infusión realizada, obteniéndose una mayor retención de los pigmentos en las muestras tratadas con IS. Si bien el agregado de aditivos tuvo un menor efecto sobre los valores, las diferencias observadas se pueden explicar en base al comportamiento de estos pigmentos en medios que pueden hacer variar su estructura. Por un lado, las antocianinas son más estables en un medio ácido en el que la forma predominante es la del ion flavilio, el cual les confiere el color rojo (Rein, 2005). Por otro lado, la adición de bisulfitos forma compuestos incoloros (aductos sulfónicos) mediante una reacción con las antocianinas monoméricas que en medio ácido se revierte, lo que explicaría los mayores valores observados en muestras con ácido y bisulfito incorporados en el tejido (IH-BAC e IS-BAC) en comparación con las que sólo tienen bisulfito.

TABLA 1. Contenido de antocianinas (ACY), polifenoles, y capacidad antirradicalaria (EC₅₀) de las frambuesas sometidas a los distintos tratamientos de infusión

Tipo de Infusión	ACY (mg/100gms)	Polifenoles (mg gálico/100gms)	EC ₅₀ (mg fruto/ml DPPH)
Fresca	542 (34)	1573 (13)	2,05 ^a (0,05)
IH	27 ^b (2)	279 ^b (7)	2,6 ^d (0,1)
IH-AC	20,6 ^a (0,7)	275 ^b (2)	2,57 ^{c,d} (0,05)
IH-B	28 ^b (4)	234 ^a (6)	4,5 ^e (0,1)
IH-BAC	31 ^b (3)	282 ^b (7)	2,44 ^{b,c,d} (0,04)
IS	70 ^d (4)	342 ^c (9)	2,67 ^d (0,05)
IS-AC	60 ^c (3)	385 ^d (9)	2,35 ^{b,c} (0,01)
IS-B	62,8 ^c (0,6)	284 ^b (5)	2,49 ^{b,c,d} (0,05)
IS-BAC	69 ^d (3)	382 ^d (14)	2,254 ^b (0,005)

Los valores entre paréntesis corresponden al error estándar de las medias. En cada columna, las medias con el mismo superíndice no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Es importante tener en cuenta que el método de pH diferencial es sólo una medida de las antocianinas monoméricas. Sin embargo las antocianinas pueden existir en su forma polimérica. Éstas se forman por condensación con otros componentes naturales del tejido generando asociaciones complejas coloreadas y estables a los cambios de pH (Rein, 2005). Tanto estos pigmentos antociánicos polimerizados como los pigmentos marrones originados del pardeamiento enzimático y de la degradación de antocianinas, no exhiben un comportamiento reversible con el pH y por lo tanto están excluidos del cálculo de la absorbancia, pero sí contribuyen a la intensidad del color (Wrolstad y col, 2005). Esto puede apreciarse en las imágenes presentadas en la Figura 1.

Los diferentes tratamientos de infusión dieron lugar también a una pérdida importante de compuestos fenólicos por migración hacia la solución osmótica que rodea la fruta. La mayor disminución tuvo lugar en frambuesas tratadas con infusión húmeda y particularmente en aquellas tratadas con bisulfito sin el agregado de ácido, es decir muestras IH-B (Tabla 2). El porcentaje de pérdida de polifenoles totales (78-83 %) fue similar al porcentaje de antocianinas perdidas durante el proceso (88-95 %).

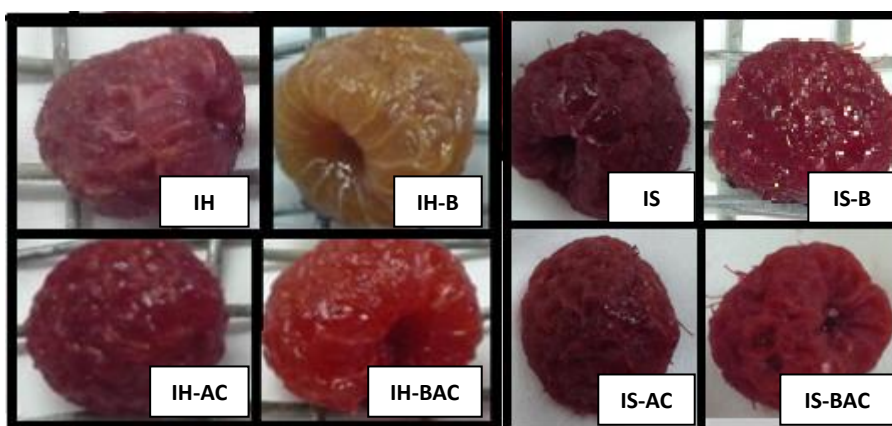


Figura 1. Imágenes de las distintas frambuesas sometidas a infusiones húmedas (IH) e infusiones secas (IS)

Debido a los diferentes contenidos de humedad de las muestras, las concentraciones en base húmeda (Tabla 2) no pueden utilizarse para comparar la degradación o pérdida de compuestos durante los distintos procesos, si bien constituyen datos útiles para concluir desde el punto de vista nutricional. No sólo se verifica el enriquecimiento de los jarabes en polifenoles y antocianinas totales, sino que en algunos casos (IS-B e IS-BAC) el consumo de 100 ml de jarabe sería más ventajoso que el consumo de 100 g de frambuesa osmotizada, dado que los jarabes contienen entre 50-58 % más de polifenoles totales y 19-38 % de antocianinas totales.

De acuerdo a la Figura 2, una reacción más rápida de los antioxidantes presentes en los extracto de la frutas con DPPH y un menor porcentaje de DPPH remanente luego de un dado tiempo, indican una mayor actividad antioxidante. Tanto en la Figura 2a como en la 2b, se observa que las frutas frescas reaccionan más rápidamente con DPPH que las frutas procesadas (menores valores de EC₅₀). La Tabla 1 muestra que a pesar de la pérdida observada en el contenido de antocianinas monoméricas y de polifenoles totales en las frambuesas osmotizadas, la actividad antiradicalaria se mantuvo levemente inferior al de la fruta fresca. Este comportamiento, también observado por Lohachoompol y col. (2004) luego de procesos de secado y congelación en arándanos, estaría indicando la presencia de otros compuestos que podrían estar contribuyendo a la actividad antioxidante del producto. El hecho de que los compuestos poliméricos sean más potentes como antioxidantes que los monómeros (Moure y col., 2001), podría explicar la actividad antiradicalaria de las frutas procesadas, si consideramos que una gran proporción de antocianinas se encuentra en su forma polimérica. Por otro lado en el caso de las frutas sulfitadas, el complejo incoloro formado con la molécula de antocianina compromete el C-4 de la misma, dejando oxidrilos fenólicos libres (donantes de protones) que podrían estar actuando como estabilizantes de radicales libres, manteniéndose las propiedades antioxidantes. De acuerdo a (Jiménez-Escrig y col., 2000; Piljac Zegarac y Samec, 2011) el bajo contenido de polifenoles totales de la frambuesa (var. *Rubus idaeus*) en comparación con otros frutos rojos, indica que otros compuestos antioxidantes no fenólicos (vitamina C y carotenoides) contribuyen a su actividad antiradicalaria. De hecho los jarabes obtenidos, a pesar de su alto contenido de antocianinas y polifenoles, presentan valores de EC₅₀ muy bajos en comparación con las frambuesas frescas y osmotizadas.

TABLA 2. Contenido de polifenoles y de antocianinas totales (base húmeda) y de EC₅₀ en las frambuesas y en el jarabe luego de los distintos tratamientos de infusión

Tipo de Infusión	ACY (mg/100g frambuesa)	Polifenoles (mg ác. gálico/100g frambuesa)	EC ₅₀ (mg fruto/ml DPPH)	ACY (mg ác. gálico/ 100 ml jarabe)	Polifenoles (mg ác. gálico/ 100 ml jarabe)	EC ₅₀ (ml jarabe/ml DPPH)
Fresca	64 ^c (4)	187 ^e (2)	2,05 ^a (0,05)			
IH	14 ^a (1)	139 ^b (3)	2,6 ^d (0,1)	5,9 ^a (0,3)	55 ^a (3)	0,025 ^{b,c} (0,001)
IH-AC	10,1 ^a (0,5)	134 ^b (1)	2,57 ^{c,d} (0,05)	6,7 ^{a,b} (0,1)	58 ^a (2)	0,0283 ^d (0,0005)
IH-B	14 ^a (2)	119 ^a (3)	4,5 ^e (0,1)	17 ^c (1)	67 ^a (4)	0,022 ^b (0,001)
IH-BAC	15 ^a (1)	136,2 ^b (0,4)	2,44 ^{b,c,d} (0,04)	7,8 ^b (0,1)	64 ^a (2)	0,027 ^{c,d} (0,001)
IS	34 ^b (2)	160 ^c (2)	2,67 ^d (0,05)	33,1 ^d (0,1)	212 ^b (2)	0,00189 ^a (8 E-06)
IS-AC	31 ^b (5)	181 ^{d,e} (4)	2,35 ^{b,c} (0,01)	34,7 ^e (0,4)	239 ^c (5)	0,00293 ^a (5 E-05)
IS-B	32,1 ^b (0,3)	155 ^c (4)	2,49 ^{b,c,d} (0,05)	44,4 ^g (0,2)	245 ^c (10)	0,00302 ^a (1,6 E-05)
IS-BAC	35 ^b (4)	179 ^d (7)	2,254 ^b (0,005)	41,7 ^f (0,3)	266 ^d (5)	0,00317 ^a (0,001)

Los valores entre paréntesis corresponden al error estándar de las medias. En cada columna, las medias con el mismo superíndice no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

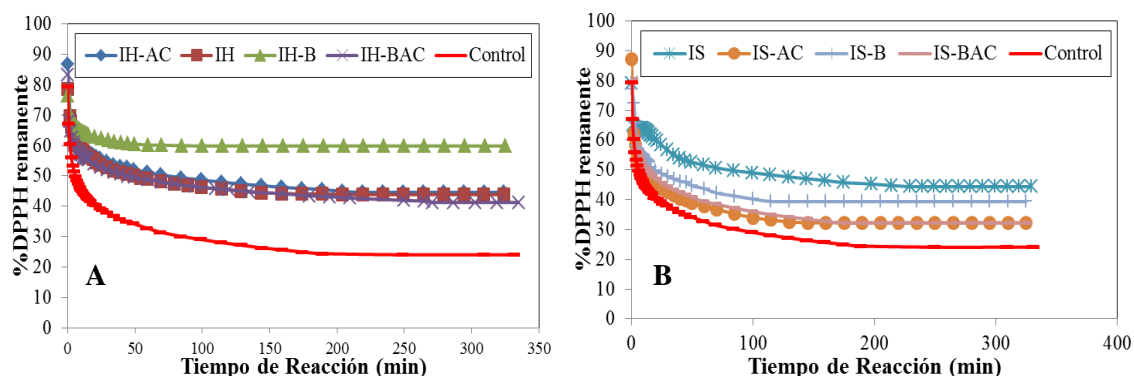


FIGURA 2. Cinética de decrecimiento del contenido de DPPH de las frambuesas frescas (control) y con con infusión: a) Infusión húmeda (IH), b) Infusión seca (IS). Las medidas se realizaron en presencia de 3 mg de muestra / ml de solución de DPPH.

5. Conclusiones:

La exposición de las frutas a las soluciones osmóticas durante los tiempos prolongados de equilibración resultó en una pérdida considerable de compuestos fenólicos, debido a la difusión de los compuestos hacia el medio circundante, principalmente durante infusiones húmedas. La capacidad antioxidante de las frutas no se vio afectada de manera significativa en comparación con la fruta fresca y los jarabes obtenidos con infusiones secas resultaron los más enriquecidos en compuestos fitoquímicos, aunque con poca capacidad antioxidante.

Tanto las frutas como los jarabes obtenidos abren una nueva perspectiva para la obtención de productos frutales de mayor vida útil en base a frambuesa, así como para la obtención de fuentes naturales de pigmentos coloreados con valor agregado para el consumo humano. Sin embargo hay todavía mucho por aprender en cuanto a la estabilidad de los compuestos responsables de la calidad del color y de las propiedades antioxidantes de estas y otras matrices alimentarias similares y a la relación con su estructura química.

Agradecimientos:

Los autores agradecen el aporte financiero de la Universidad Nacional del Comahue y de CONICET de Argentina

6. Bibliografía:

Alzamora, S. M. y Salvatori, D.M. (2006). Minimal processing foods. Handbook of Food Technology and Food Engineering, (ed. Y. H. Hui), CRC Press/Taylor & Francis Bos, Boca Raton, USA, Vol. III, Cap. 118, 18-1: 118-16.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E. y Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 28, 25-30.

Chaovanalikit, A. y Wrolstad, R.E. (2004). Total Anthocyanins and Total Phenolics of Fresh and Processed Cherries and Their Antioxidant Properties. Food Chem and Toxicology, 69(1).

Jiménez-Escrig, A.; Jiménez-Jiménez, L.; Sánchez-Moreno, C. y Saura-Calixto, F. (2000). Evaluation of free radical scavenging of dietary carotenoids by the stable radical 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80, 1686-1690.

- Lohachoompol, V.; Srzednicki, G. y Craske, J. (2004). The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *Journal of Biom and Biotech*, 5: 248-252.
- Michalczyk, M.; Ryszard, M. y Matuszak, I. (2009). The effect of air-drying, freeze-drying and storage on the quality and antioxidant activity of some selected berries. *Journal of Food Process and Pres*, 33: 11-21.
- Moure, A.; Cruz, J.; Franco, D.; Dominguez, J.; Sineiro, J.; Dominguez, H.; Nuñez, M.J.; Parajó, J.C. (2001). Natural Antioxidants from residual sources. *Food Chem*, 72:145-171.
- Piljac Zegarac, J. y Samec, D. (2011). Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Res Int*, 44: 345-350.
- Rein, M. J. (2005). Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins (dissertation). EKT series 1331, University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology, 88-122.
- Rice-Evanz, C.A.; Miller, N.J y Papanga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci*. 2: 152-159.
- Singleton, V. L. y Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J of Enol and Viticulture*, 16: 144-158.
- Wrolstad, R.; Durst, R. y Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Sci & Tech*, Vol. 16: 423-428.

89TCA. PROPIEDADES DE LECHOS FIJOS DURANTE LA DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE DE FRUTOS DE LA ROSA MOSQUETA PRETRATADOS. CAMBIOS DE VOLUMEN Y POROSIDAD.

MABELLINI A.⁽¹⁾, OHACO E H.⁽¹⁾, ICHIYAMA B.⁽¹⁾., MARQUEZ C A.⁽¹⁾, DE
MICHELIS A.⁽²⁾, LOZANO J E.⁽³⁾

¹ Universidad Nacional del Comahue - FATA- 25 de Mayo y Reconquista- (8336)
Villa Regina, Río Negro, Argentina. E mail: alejandra.mabellini@conicet.gov.ar; ²
CONICET-INTA AER El Bolsón. Mármol 1950 (8430) El Bolsón, Río Negro,
Argentina.; ³ PLAPIQUI (UNS) Bahía Blanca.

Autores Mabellini, De Michelis y Lozano son miembros del CONICET.

Resumen: Durante los tratamientos térmicos como el secado, los productos alimenticios sufren deformaciones que se caracterizan por cambios en el volumen, forma, porosidad, densidad, contracción y / o de los fenómenos colapso. Estas modificaciones son importantes por la calidad del producto y la caracterización de los fenómenos de transferencia de masa y calor. Para simplificar los desarrollos matemáticos, la mayoría de los modelos disponibles asumen que los parámetros físicos son constantes. Esto no es muy realista para productos alimenticios, ya que se sabe que el volumen final de algunos de estos productos al ser deshidratados con aire caliente disminuye hasta un 80 % de su volumen inicial. Los frutos de la rosa mosqueta comparten una característica con cerezas, guindas, ciruelas y uvas, que es su cutícula exterior impermeable. Generalmente, esta pared es la que controla el flujo de humedad desde el interior del fruto hacia la superficie, proceso crucial durante el secado. Varios autores proponen la implementación de diferentes tipos de pretratamientos para remover la cutícula, mejorando la difusión de humedad y así disminuir los tiempos de proceso. En este trabajo se determinaron experimentalmente y modelaron los cambios de volumen y porosidad de lecho fijo durante la deshidratación de frutos de la rosa mosqueta pretratados mecánicamente. Las experiencias se llevaron a cabo utilizando un equipo experimental y variando la temperatura del aire de secado entre 50°C y 80°C. Mediante regresión de los valores experimentales se obtuvieron correlaciones para estimar el volumen de lecho y mediante la definición de la porosidad se obtuvieron ecuaciones predictivas para la misma. La ecuación polinómica obtenida para el volumen de lecho correlaciona adecuadamente solamente con el contenido de humedad de la muestra, E % comprendido entre - 7,44 y 7,93 y no es función del tipo de pretratamiento. Asimismo, la porosidad de lecho función del volumen de partícula y el del lecho, correlaciona bien con la humedad de las partículas, E% comprendidos entre -7,51y 15,95, y tampoco depende del pretratamiento aplicado.

1. Introducción

El secado es una de las principales tecnologías de procesamiento de alimentos utilizados para preservar y extender la vida útil de los productos alimenticios (Mayor y Sereno, 2004). De hecho, los productos secos se caracterizan por la baja actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y las reacciones enzimáticas de degradación (Guiné, 2006; Mayor y Sereno, 2004). Además, el secado facilita la manipulación, almacenamiento y transporte de productos sin la participación de los costosos sistemas de refrigeración (Guiné, 2006). Durante tratamientos térmicos como el secado, los productos alimenticios sufren deformaciones que se caracterizan por cambios en el volumen, forma, porosidad, densidad, contracción y / o de los fenómenos colapso (Ratti, 1994). Estas modificaciones son de extrema importancia en términos de la calidad del producto y la caracterización de

los fenómenos de transferencia de masa y calor. De hecho, estas modificaciones de la estructura del material muy a menudo resultan en una baja eficiencia de los procesos de deshidratación y rehidratación que conduce a deterioro de la calidad de los productos finales. Un profundo conocimiento de estas modificaciones, conjuntamente con la calidad final del producto y el costo de tratamiento, es una necesidad para el desarrollo y perpetuidad de las tecnologías de secado. Las simulaciones mediante modelos teóricos o empíricos se utilizan a menudo para investigar los procesos de secado y optimizar sus parámetros y condiciones de operación. La credibilidad y la validez de estas simulaciones dependen, entre otros, de los valores de los parámetros físicos que intervienen en el diseño de estos modelos. Para simplificar los desarrollos matemáticos, la mayoría de los modelos disponibles asumen que los parámetros físicos son constantes. Esta hipótesis no es muy realista para productos alimenticios, ya que se sabe que el volumen final de algunos de estos productos al ser deshidratados con aire caliente disminuye hasta un 80 % de su volumen inicial. (Ratti 1994; Souraki y Mowla, 2008; Zielinska y Markowski, 2007). Por lo tanto, el desarrollo y optimización de los procesos de deshidratación de alimentos requieren expresiones que describan la evolución de los parámetros físicos en función del contenido de humedad. En la bibliografía se encuentran muy pocos datos de propiedades de lechos de partículas de frutas y hortalizas que deshidratan con encogimiento. Aun cuando se tengan en cuenta modelos macroscópicos simplificados donde se pueden despreciar las resistencias internas, el flujo de agua se puede expresar (Keey, 1978):

$$F_a = \frac{1}{A} d(V \rho_s X) / dt \quad (1)$$

Donde F_a es el flujo de agua, A y V el área y el volumen de la muestra respectivamente, ρ_s la densidad del sólido y X el contenido de humedad de la muestra. Para un lecho:

$$V = (1 - E)V_l \quad (2)$$

Donde E es la porosidad del lecho y V_l su volumen, estas propiedades pueden cambiar a medida que las partículas que componen el lecho se deshidratan. En las ecuaciones (1) y (2) se puede observar la importancia de considerar los cambios de volumen y de porosidad en lechos que se deshidratan.

Algunos autores, (Shishido *et al.* 1986; Towner, 1987), estudiaron el encogimiento partiendo de las leyes de la mecánica y analizando las tensiones y deformaciones a las que está sometido el material, referido a secado de suelos, arcillas y polímeros. Para productos biológicos, éste es un problema más complejo debido a la naturaleza multifásica del sistema celular y a que requiere el conocimiento de las propiedades estructurales, mecánicas y elásticas de los distintos componentes del mismo y su variación con el contenido de agua y la temperatura (Ratti, 1991). Por ello, todavía es necesario evaluar los cambios experimentalmente y luego con ellos encontrar modelos para su conveniente descripción matemática.

Una de las principales causas de pérdida de calidad en deshidratación de rosa mosqueta, son los prolongados tiempos de secado, de 10 a 20 horas. Estos frutos comparten una característica con cerezas, guindas, ciruelas y uvas, que es su cutícula exterior impermeable. Esta capa externa ofrece ventajas como la protección a la fruta de factores ambientales y externos (George *et al.* 2004). Generalmente, esta pared es la que controla el flujo de humedad desde el interior del fruto hacia la superficie, proceso crucial durante el secado (Doymaz 2007). Varios autores proponen la implementación de diferentes tipos de pretratamientos, tanto físicos como químicos, sobre la piel de los frutos para remover la cutícula, mejorando la difusión de humedad y así disminuir los tiempos de proceso (Femenia *et al.* 1998, Gambella *et al.* 2000, Erenturk *et al.* 2004, Doymaz 2007, Tarhan 2006).

2. Objetivos

El objetivo de éste trabajo fue la obtención experimental de los cambios de volumen y porosidad de lecho para frutos de la rosa mosqueta deshidratados a distintas temperaturas, con y sin tratamiento previo; y mediante la utilización de modelos previamente desarrollados para el encogimiento volumétrico de las partículas individuales, proponer ecuaciones para evaluar el encogimiento de volumen y la porosidad de los lechos estudiados.

3. Materiales y Métodos

Se utilizaron frutos frescos de rosa mosqueta (humedad en base seca 1,32) de recolección silvestre. Los mismos se almacenaron en cámara frigorífica a 4 °C hasta su utilización.

En experiencias realizadas con anterioridad se determinó que los mejores tratamientos previos a la deshidratación, para acelerar los tiempos de proceso, en este tipo de frutos son los físicos; y dentro de estos las perforaciones superficiales de la cutícula cerosa fueron los que dieron mejores resultados. Por lo tanto, en este trabajo se le realizaron a los frutos 3 perforaciones poco profundas con punzón metálico de 1,11 mm de diámetro, en forma ecuatorial y en puntos equidistantes del fruto, como pretratamiento a la deshidratación.

El contenido de humedad inicial se determinó, con dos repeticiones, en estufa de aire a 105°C hasta peso constante. El contenido de humedad de las muestras parcialmente deshidratadas se obtenía por diferencia de peso.

Para las experiencias de secado de lechos de partículas se utilizó un equipo de secado experimental, que permitía regular las variables operativas de secado. La cámara de secado, de sección circular de 22,5 cm de diámetro, permitía alturas de lecho de hasta 12 cm.

Las experiencias se llevaron a cabo con las siguientes condiciones operativas del aire de secado.

- Temperatura: 50, 60, 70, y 80 °C
- Velocidad: 5 m.s⁻¹
- Humedad relativa: 5 %

En el tiempo inicial y durante la deshidratación se medía, a intervalos regulares de tiempo, la altura del lecho con 8 escalas graduadas colocadas simétricamente en la cámara de secado siendo la altura tomada promedio de las ocho escalas y el peso de las muestras correspondientes. Con estos valores se calculaba el volumen de lecho. El volumen individual de partícula en el lecho, que cambia a medida que el producto se deshidrata debido a fenómenos de encogimiento, se estimó con modelos previamente desarrollados (Bernardi, et al 2001; Ochoa et al, 2002a, b).

La porosidad de lecho se define como se indica en la ecuación 3:

$$E = 1 - \frac{NV_p}{V_L} \quad (3)$$

Donde V_p es el volumen de la partícula individual y N el número total de partículas en el lecho. V_L es el volumen de lecho.

La porosidad se estimó con los valores de volumen de lecho obtenidos experimentalmente y el volumen de partículas se estimó de las correlaciones ya publicadas. Asimismo, y mediante regresión de los valores experimentales se obtuvieron modelos para predecir el volumen y la porosidad de los lechos en condiciones similares o distintas a las evaluadas en este trabajo.

4. Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos para los cambios de volumen de lecho de frutos de rosa mosqueta, en función del contenido de humedad. Los resultados para las diferentes temperaturas de secado y las muestras con y sin pretratamiento se presentan en el mismo gráfico ya que el análisis estadístico (ANAVA, 1 %) indica que no existen diferencias significativas entre ellos. Los datos obtenidos se regresionaron con un polinomio de orden 3, atendiendo a las recomendaciones efectuadas por Ratti, 1991 y porque se obtenía un mejor coeficiente de regresión y menores errores absolutos que con una lineal. La ecuación obtenida para el cambio de volumen de lecho se presenta en la ecuación (4).

$$\frac{v}{v_0} = 0,4827 + 1,2193 \left(\frac{X}{X_0} \right) - 1,9235 \left(\frac{X}{X_0} \right)^2 + 1,2128 \left(\frac{X}{X_0} \right)^3 \quad (4)$$

Con $R^2 = 0,97$ y Error % comprendido entre $-7,44$ y $7,93$. Siendo X/X_0 la relación entre la humedad actual y la inicial de las muestras, y V/V_0 la relación entre el volumen de lecho actual y el inicial respectivamente.

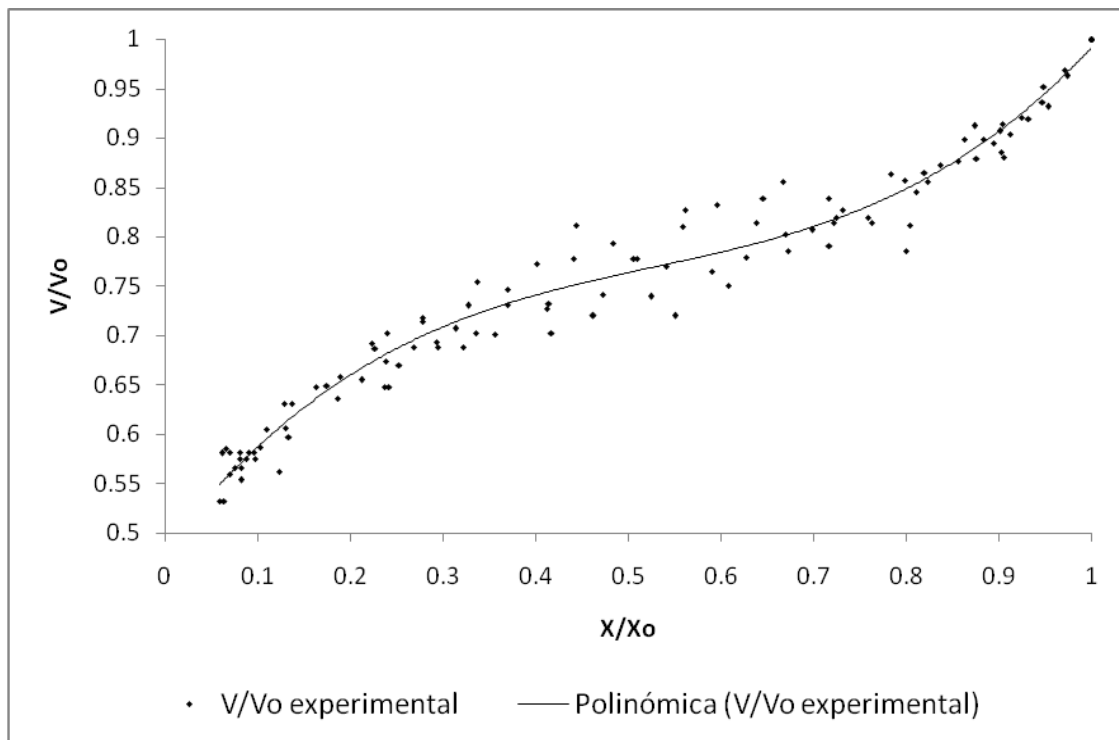


FIGURA 1. Cambios del volumen relativo de lecho de los frutos de la rosa mosqueta en función del contenido de humedad relativa de las muestras y su correspondiente regresión.

Los valores experimentales obtenidos para porosidad de lecho de frutos de la rosa mosqueta se presentan en la Figura 2, junto con la predicción de la ecuación (3). Del mismo modo que para el volumen de lecho el análisis estadístico indica que la porosidad de lecho para diferentes temperaturas y para frutos con y sin tratamiento previo no presentan diferencias significativas.

Los errores porcentuales obtenidos entre los valores experimentales y la predicción de la ecuación (3) fueron entre $-7,51$ y $15,95$.

Como se puede ver en la Figura 2, la porosidad de lecho para frutos de rosa mosqueta disminuye levemente hasta alcanzar aproximadamente un valor de X/X_0 de 0,75, y luego comienza a aumentar.

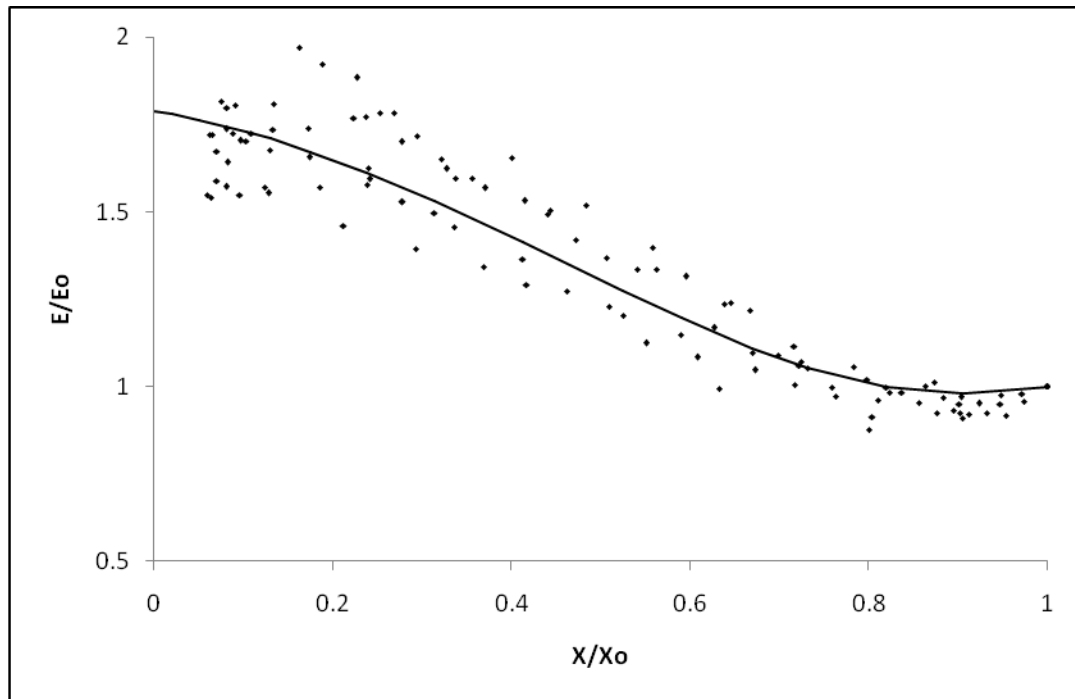


FIGURA 2. Porosidad de lecho en función del contenido de humedad adimensional para frutos de la rosa mosqueta y la predicción de la Ecuación (3)

Según datos reportados en la bibliografía para otras frutas y hortalizas (Ratti, 1991) la porosidad de lecho aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad, como consecuencia de que el encogimiento de las partículas individuales solamente es uniforme en las primeras etapas del secado, y a tiempos mayores se producen rugosidades, plegamientos y deformaciones poco uniformes lo que implica un encogimiento diferencial que provoca el aumento de la porosidad. Esta conclusión fue extraída de datos experimentales de partículas de geometría no esférica (rodajas y cilindros). Para partículas muy similares a una esfera, como los frutos con los que se trabajó, el fenómeno ocurre del mismo modo. Observaciones cualitativas muestran que las frutas presentan un encogimiento muy uniforme en las primeras etapas del secado sin signos de rugosidades, plegamientos, etc., por ello la porosidad debería cambiar muy poco, ya que la porosidad de lechos homogéneos, sin efectos de borde, de esferas es prácticamente constante. Sin embargo, también se observa en las primeras etapas del secado que los frutos de rosa mosqueta se ablandan significativamente por el efecto de temperatura hasta un contenido de humedad relativa de aproximadamente 0,75, lo cual y como consecuencia de que la velocidad de secado es relativamente baja (entre 2 y 5 horas para llegar al valor de humedad indicado) ocurre un colapso momentáneo del lecho con cambios relativamente pequeños del contenido de humedad disminuyendo la porosidad, debido al cambio de forma de las partículas individuales (pierden la forma cuasi esférica por aplastamiento). Luego, para contenidos de humedad relativa menores que 0,75, las frutas se vuelven más rígidas, tienden a recuperar la forma, continuando su encogimiento de forma normal, por lo que vuelve a aumentar la porosidad. Asimismo, este fenómeno como se puede observar en la Figura 1 en la que se ve que el cambio de volumen de lecho es muy rápido hasta la humedad relativa indicada. Este efecto explicaría, también, la disminución de porosidad

observada en guindas y cerezas hasta un contenido de humedad de aproximadamente 0,75 (Vullioud *et al* 1999).

5. Conclusiones.

Se determino experimentalmente el cambio de volumen y la porosidad para lechos de frutos de la rosa mosqueta. Las muestras deshidratadas con y sin tratamiento previo y a diferentes temperaturas de aire de secado presentan cambios de volumen y de porosidad que pueden incluirse dentro del mismo modelo matemático, ya que estadísticamente no difieren entre sí. Los resultados fueron regresionados con modelos basados en información bibliográfica, con concordancia que se considera satisfactoria. La porosidad de lechos presenta un comportamiento atípico, atribuido al ablandamiento térmico de los frutos y a la relativamente baja velocidad de secado en las primeras etapas de la deshidratación. Las ecuaciones presentadas pueden ser utilizadas en la simulación y/u optimización de secadoras industriales.

6. Bibliografía.

- Bernardi, I., Vullioud, M, Márquez, C A y De Michelis, A. Changes of volume and area during air dehydration of whole rose hip fruits. Proceeding of ENPROMER 2001, Vol III: 1447-1452 (2001)
- Doymaz I. 2007. Influence of pretreatment solution on the drying of sour cherry. Journal of Food Engineering, Article in press.
- Erenturk S, Gulaboglu MS, Gultekin S. 2004. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. Journal of Food Engineering, 68:513-518.
- Femenia A, Sánchez E, Simal S, Rossell C. 1998. Effects of drying pretreatments on the cell wall composition of grape tissues. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46 (1):271-276.
- Gambella F, Piga A, Agabbio M, Vacca V, D'hallewin G. 2000. Effect of different pre-treatments on drying of green table olives (Ascolana tenera var.). Grasas y aceites, 51(3): 173-176.
- George SD St, S. Cenkowski, W.E. Muir. 2004. A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit. Written for presentation at the 2004 North Central ASAE/CSAE Conference, Canada. Paper N° MB04-104.
- Guine, R. D. P. F. (2006). Influence of drying method on density and porosity of pears. Food and Bioproducts Processing, C3(84), 179–185.
- Keey, R. B. Introduction to industrial drying operations. London: Pergamon Press, 1978.
- Mayor, L., & Sereno, A. M. (2004). Modelling shrinkage during convective drying of food materials: A review. Journal of Food Engineering, 3(61), 373–386.
- Ochoa, M.R., Kessler, A.G., Pirone, B.N., Marquez, C.A. y De Michelis, A. Volume and area shrinkage during dehydration of whole sour cherry fruits (*prunus cerasus*). Drying Technology, 20(1): 147-156 (2002a)
- Ochoa, M.R., Kessler, A.G., Pirone, B.N., Marquez, C.A. y De Michelis, A. Shrinkage during convective air drying of whole rose hip (*Rosa Rubiginosa L.*) fruits. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 35(5), 400-406 (2002b)
- Ratti, C. (1994). Shrinkage during drying of foodstuffs. Journal of Food Engineering, 1(23), 91–105

- Shishido, I.; Suzuki, M.; Ohtani, S. On the drying mechanism of shrinkage materials. In: world congress III of chemical engineering, Tokyo, 1986, September. p. 21-25.
- Souraki, B. A., & Mowla, D. (2008). Axial and radial moisture diffusivity in cylindrical fresh green beans in a fluidized bed dryer with energy carrier: Modeling with and without shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 1(88), 9–19.
- Tarha S. 2006. Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures. *Journal of Food Engineering*, 79: 255-260.
- Towner, G. D. The tensile stress generated in clay through drying. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, New York and London, v. 37, n. 3-4, p. 279-285, 1987.
- Vulloud, M.; Marquez, C.A.; De Michelis, A. Deshidratación y cambios de volumen en frutos no tradicionales. VIII congreso argentino de ciencia y tecnología de alimentos, 1999, Rafaela, Santa Fe. Actas... Rafaela, Santa Fe, 1999. CD-ROM N° 01-04.
- Zielinska, M., & Markowski, M. (2007). Drying behavior of carrots dried in a spoutfluidized bed dryer. *Drying Technology*, 1–3(25), 261–270.

90TCA. OBTENCIÓN DE CHIPS DE BANANA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS COMBINADAS

LINARES M.F.^(1,2), PAGANO A.M.^(2,3)

⁽¹⁾ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)

⁽²⁾ Área de Procesos, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería; ⁽³⁾ Programa Institucional ALIMENTOS, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) – Av. Del Valle 5737 – (7400) Olavarría – Buenos Aires – Argentina – apagano@fio.unicen.edu.ar

1. Introducción

La banana, una de las frutas de mayor consumo a nivel mundial, se produce en la mayoría de los países de clima tropical. Presenta alto valor nutricional y es una buena fuente de energía debido a su alto nivel de almidón y azúcar, siendo además fuente de vitaminas A y C, K, Ca, Na y Mg.

La producción de bananas en Argentina supera las 170 mil tn y el consumo per cápita ronda 10-12 kg/habitante/año, en tanto que a nivel mundial es de 8,5 kg/habitante/año.

Si bien esta fruta se aprovecha principalmente para su consumo fresco, mientras sólo una pequeña parte se comercializa en forma deshidratada, ofrece enormes posibilidades para la elaboración de productos transformados e industrializados.

Desde el punto de vista biológico, la banana es una de las frutas que presenta mayores pérdidas por descomposición después de la cosecha por ser sumamente perecedera, no permitiendo el empleo de congelación para su conservación, pero sí pueden ser secadas para conservar la fracción de la producción que no se consume inmediatamente.

La tendencia actual para estabilizar alimentos de alto contenido acuoso como frutas, es emplear condiciones de deshidratación menos severas que cumplan el objetivo de disminuir la actividad acuosa conservando en lo posible los atributos de calidad del alimento fresco. Estas tecnologías “menos severas” apuntan a mejorar la calidad de los productos deshidratados (reduciendo las alteraciones en el procesamiento), al cuidado del medio ambiente (a través de la reducción en el consumo de energía) y a la economía de los procesos (mediante la reducción de costos y optimización del diseño y operación de equipos).

2. Alcance del trabajo. Objetivos

El presente trabajo aborda el estudio del proceso de deshidratación de bananas frescas mediante las técnicas combinadas secado por aire caliente (SAC) y microondas (MW), en forma individual y combinada simultánea (MW+SAC) bajo diferentes condiciones, analizando la cinética de secado y evaluando integralmente la calidad de los chips obtenidos.

3. Metodología

Muestras: Se utilizaron bananas “Ecuador” variedad *Cavendish* peladas y cortadas manualmente en rodajas de 5,5-6,0 mm de espesor. La fruta fresca y las muestras deshidratadas fueron caracterizadas determinándose su contenido de humedad (AOAC, 1997), pH (pHmetro Altronix, mínima división: 0,1 unidades pH), acidez (titulación), contenido de sólidos solubles (°Brix) e índice de refracción (refractómetro ABBE, precisión ± 0,01), índice de madurez (relación °Brix/acidez), contenido de compuestos fenólicos totales (espectrofotometría con reactivo reactivo de Folin-Ciocalteu, Gutiérrez Avella et al., 2008), vitamina C (espectrofotometría), contracción volumétrica (medición

de diámetro y espesor en micrómetro ESSEX, precisión $\pm 0,05$ mm) y color (L^* , a^* , b^* por captura de imagen digital de 7 Mpx en cámara de color con luz estandarizada Daylight 60W y tratamiento de imagen en Photoshop®). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

Diseño experimental: Para el estudio de la deshidratación de las frutas frescas para la obtención de chips de banana se trabajó sobre un diseño experimental factorial considerando los siguientes niveles para las variables del proceso, con dos repeticiones:

- Técnica de deshidratación: SAC, MW y MW+SAC
- Temperatura del SAC: 60, 70 y 80 °C
- Masa de producto en MW a 270 W: 120, 90 y 60 g (relaciones potencia/masa de 2,25; 3 y 4,5 w/g, respectivamente)
- Masa de producto en MW+SAC (simultáneos en el mismo equipo): 120, 90 y 60 g.

Cinética de deshidratación: Para la técnica de SAC se utilizó una estufa de convección forzada, mientras que para el secado MW y el proceso combinado MW+SAC se usó un equipo BGH QuickChef (potencia máx. 900 W, 5 niveles, con opción de convección off/on). La pérdida de humedad de las muestras se evaluó por diferencia de peso (balanza analítica, precisión $\pm 0,001$ g) a diferentes intervalos de tiempo, por duplicado. Como control, la humedad final fue determinada por el método AOAC (1997).

Modelado de la cinética de deshidratación: Para estudiar la cinética de deshidratación se evaluó la razón de secado ó contenido de humedad adimensional aproximada como M/M_0 (Menges and Ertekin, 2006) (considerando que la humedad de equilibrio resulta despreciable) en el tiempo:

$$MR = (M_0 - M) / (M_0 - M_e) \approx M/M_0 \quad (1)$$

donde MR: humedad adimensional; M_0 : contenido de humedad inicial; M: contenido de humedad a tiempo t; M_e : contenido de humedad de equilibrio.

La relación entre MR y el tiempo de proceso se estudió mediante los diferentes modelos (Tabla 1) (Menges and Ertekin, 2006) mediante análisis de regresión no lineal con el software SYSTAT12.

Tabla 1. Modelos matemáticos aplicados a las curvas de secado.

MODELO	ECUACIÓN
Newton	$MR = \exp(-k.t)$
Page	$MR = \exp(-k.t^n)$
Page modificado	$MR = \exp(-k.t)^n$
Henderson-Pabis	$MR = a.\exp(-k.t)$
Logarítmico	$MR = a.\exp(-k.t) + c$
Exponencial de Dos términos	$MR = a.\exp(-k.t) + b.\exp(-k_1.t)$
Wang-Singh	$MR = 1 + a.t + b.t^2$
Verma y col.	$MR = a.\exp(-k.t) + (1-a)\exp(-h.t)$
Henderson-Pabis modificado	$MR = a.\exp(-k.t) + b.\exp(-gt) + c.\exp(-h.t)$
Midilli y col.	$MR = a.\exp(-k.t^n) + b.t$

a, b, c, g, h, k, k_1 , n: constantes.

El grado de concordancia con los datos se evaluó a través de los criterios estadísticos desviación media relativa (MRD), coeficiente de correlación cuadrático (R^2), error de estimación del parámetro (ASE) y gráficos de residuos. El mismo software se utilizó para evaluar el efecto de los tratamientos sobre los parámetros de calidad de los productos finales mediante un análisis de varianza (ANDEVA).

4. Resultados y discusión

Caracterización de las muestras: Los resultados de la caracterización de las frutas frescas fueron: contenido de humedad $74,91 \pm 0,396\%$ b.h. (base húmeda); pH $4,63 \pm 0,035$; $23,3 \pm 0,321$ °Brix; índice de refracción $1,369 \pm 0,001$; acidez titulable $0,703 \pm 0,074\%$ expresado en ácido málico; índice de madurez $31,265$ (°Brix/% ác. málico); contenido de polifenoles totales $51,02 \pm 4,506$ mg GAE/100 g (b.h.); vitamina C $20,257 \pm 6,674$ mg AA/100 g (b.h.); dimensiones características: diámetro mayor $3,305 \pm 0,112$ cm; diámetro menor $2,97 \pm 0,054$ cm; espesor $0,575 \pm 0,035$ cm; color: L_o 58,2; a_o 13,1; b_o 51,4.

Curvas experimentales: La Fig. 1 muestra las curvas de deshidratación para las técnicas SAC, MW y MW+SAC de rodajas de bananas, expresadas como promedio del contenido de humedad porcentual en base seca (% b.s.) en función del tiempo de proceso.

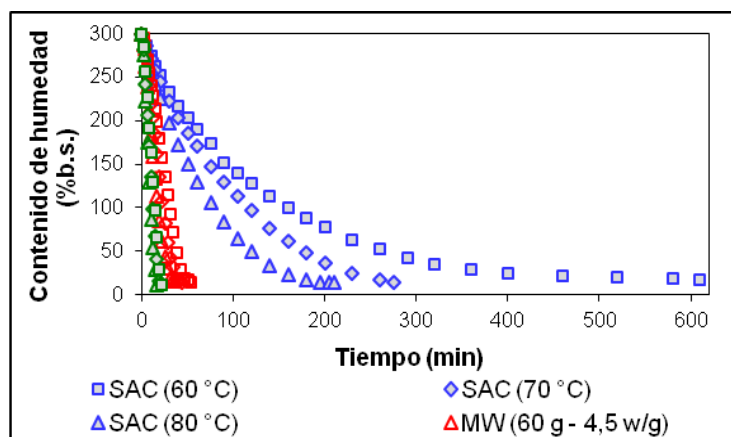


Figura 1. Curvas experimentales de deshidratación de rodajas de banana.

El proceso MW+SAC permite reducir los tiempos de procesamiento con respecto al MW y, en mayor medida aún, con respecto al SAC. A su vez, para cada tratamiento los tiempos involucrados para alcanzar un nivel de humedad determinado disminuyen a medida que las condiciones de secado se hacen más severas (mayor temperatura relación potencia/masa).

Tabla 2. Humedades finales (% b.s.) alcanzadas para determinados tiempos de secado.

t (min)	SAC			MW			MW+SAC		
	60°C	70°C	80°C	120 g 2,25 w/g	90 g 3 w/g	60 g 4,5w/g	120 g	90 g	60 g
10	274,24	271,09	259,95	240,32	219,37	184,50	163,43	135,65	86,80
16	260,68	254,95	238,51	199,37	162,52	113,84	65,22	41,40	11,76

Por ejemplo, al comparar las humedades alcanzadas para un tiempo de 10 minutos (Tabla 2), la condición más severa del proceso MW+SAC (para 60 g) permite alcanzar una humedad un 53% inferior a la del tratamiento MW aplicado a la misma masa (4,5 w/g), y un 67% menor a la alcanzada por la condición más brusca para el secado por aire caliente (80°C). Para una determinada técnica, por ejemplo SAC durante 16 minutos (Tabla 2), los productos secados a 80°C exhiben humedades 8,5% inferiores a los secados a 60°C;

mientras que el tratamiento MW 4,5 w/g alcanza una humedad 43% menor que la condición menos severa (2,25 w/g). Dentro del proceso MW+SAC, la reducción de humedad lograda por la condición más brusca es un 82% mayor que la más suave.

En el mismo sentido, los tiempos requeridos para alcanzar una humedad determinada (H, % b.s.) difieren de un proceso a otro, siendo considerablemente superiores para SAC, seguido por el proceso MW y finalmente por MW+SAC, permitiendo este último un ahorro considerable de los tiempos de procesamiento. Dentro de cada técnica, condiciones más bruscas implican menores tiempos de secado (Tabla 3).

Tabla 3. Tiempos de secado (minutos) requeridos para determinadas humedades finales.

H (% b.s.)	SAC			MW			MW+SAC		
	60°C	70°C	80°C	60 g 4,5 w/g	90 g 3 w/g	120 g 2,25w/g	60 g	90 g	120 g
250	21,11	17,93	12,74	5,09	6,92	8,67	2,96	3,56	4,46
175	73,46	57,11	38,79	10,74	14,82	19,62	5,98	7,77	9,19
100	159,30	117,15	84,35	17,45	22,89	29,94	9,39	11,94	13,83
25	404,26	228,03	155,88	29,59	35,98	43,67	14,44	17,92	19,69

Análisis de varianza (ANDEVA): Este análisis demostró que el tipo de tratamiento y la condición experimental dentro de cada tratamiento resultaron significativos sobre la velocidad de secado ($p < 0,05$); asimismo se encontraron diferencias significativas al 95% de confianza entre los tiempos de procesamiento en función del proceso (SAC, MW y MW+SAC) y del condición dentro del tratamiento para alcanzar una humedad final dada. En el SAC las velocidades de secado difirieron de manera significativa en función de la temperatura.

Modelado del proceso de secado: Se obtuvieron buenos valores de R^2 y R^2 corregidos para todos los modelos, los cuales oscilaron entre 0,969-1,000 y 0,895-1,000 respectivamente. Para el SAC, en general, todos los modelos considerados ofrecieron buenos ajustes de MR vs. t (R^2 corregidos entre 0,998 y 1), siendo el modelo Logarítmico el que exhibió una mejor descripción de los datos para las tres condiciones de temperatura (60, 70 y 80°C), seguido por el modelo de Page. El más desfavorable es el de Wang-Singh. Para el secado MW, se obtuvieron mejores ajustes (R^2 corregidos entre 0,984 y 0,999) correspondieron a los modelos de Midilli y col. y de Page, aunque los errores (MRD) resultaron menores que 0,1 sólo en algunos casos. Estos mismos modelos resultaron ser los más apropiados para representar el proceso combinado MW+SAC (R^2 corregidos entre 0,991 y 1).

La Figura 2 presenta los datos experimentales (puntos) y las curvas predichas (líneas) por el modelo de Page, que puede recomendarse como aquél que permite ajustar adecuadamente tanto el proceso SAC como MW y MW+SAC para todas las condiciones. La Tabla 4 muestra los parámetros de Page acompañados por sus errores (ASE) los cuales resultaron inferiores a 0,1.

El análisis de varianza demostró que el proceso (SAC, MW, MW+SAC) influyó en gran medida sobre la contracción volumétrica de las muestras; tanto el diámetro como el espesor resultaron considerablemente afectados por el tratamiento ($p < 0,05$), presentando este último mayor influencia sobre el diámetro.

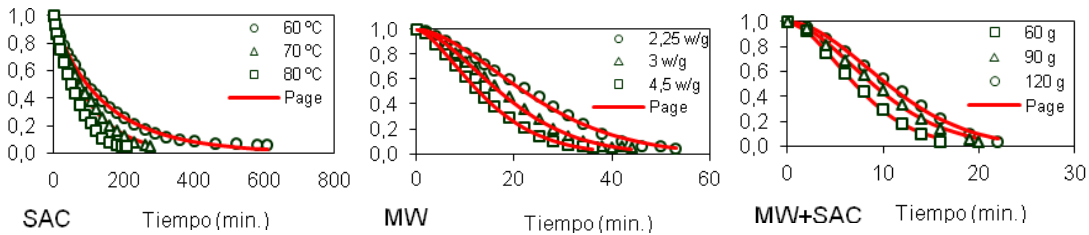


Figura 2. Datos experimentales (puntos) y predichos por el modelo de Page para distintos tratamientos.

Tabla 4. Constantes del modelo de Page para cada tratamiento.

Proceso	Condición	k	ASE(k)	n	ASE(n)
SAC	60 °C	0,012	$3,47 \cdot 10^{-4}$	0,892	0,006
	70 °C	0,008	$2,43 \cdot 10^{-4}$	1,043	0,007
	80 °C	0,012	$4,57 \cdot 10^{-4}$	1,500	0,009
MW	2,25 w/g	0,004	$1,97 \cdot 10^{-4}$	1,669	0,017
	3,0 w/g	0,007	$1,90 \cdot 10^{-4}$	1,637	0,010
	4,5 w/g	0,015	$2,00 \cdot 10^{-3}$	1,501	0,055
MW+SAC	60 g	0,025	0,002	1,698	0,031
	90 g	0,017	0,002	1,708	0,047
	120 g	0,009	$9,50 \cdot 10^{-4}$	1,832	0,040

Efecto de los tratamientos sobre parámetros de calidad

Contracción volumétrica: El proceso MW causó la mayor contracción volumétrica (54%), mientras que el SAC y MW+SAC produjeron reducciones similares (44 y 43%).

La contracción volumétrica de las muestras sometidas a SAC se debe principalmente a la reducción de espesor, mientras que en MW+SAC es causada principalmente por la reducción de diámetro. En cambio, el proceso MW se ve afectado tanto por la reducción de diámetro como de espesor de manera similar. El acortamiento de los tiempos de procesamiento que tiene lugar en el secado combinado para alcanzar una humedad dada favorecería la fijación del volumen del producto. El análisis de varianza evidenció que el proceso o tipo de tratamiento (SAC, MW ó MW+SAC) influye en gran medida sobre la contracción volumétrica ($p < 0,05$).

Cambio total de color: El cambio total de color (E_b) fue calculado como $E_b = \sqrt{(L_o^* - L^*)^2 + (a_o^* - a^*)^2 + (b_o^* - b^*)^2}$ (Maskan, 2000). El secado MW fue el que más afectó el color del producto (E_b promedio=47,7), seguido por el secado MW+SAC (E_b promedio=42,4). El SAC presentó claramente la menor variación de color (E_b promedio=33,6) (Figura 3). En suma, las condiciones de secado más severas –MW y MW+SAC- provocaron mayor desarrollo de color en el producto. Del análisis de cada uno de los parámetros L^* , a^* , b^* y E_b (variación total del color) pudo determinarse que el incremento del grado de pardeamiento puede relacionarse con una disminución de la luminosidad (L^*), un aumento de la coloración roja y una disminución del color amarillo. Bainsi y Langrish (2009) realizaron idénticas observaciones. Según el análisis de varianza, el tipo de proceso (SAC, MW, MW+SAC), tratamiento y tiempo de procesamiento influyeron en un alto grado sobre el cambio global de color o pardeamiento (E_b).

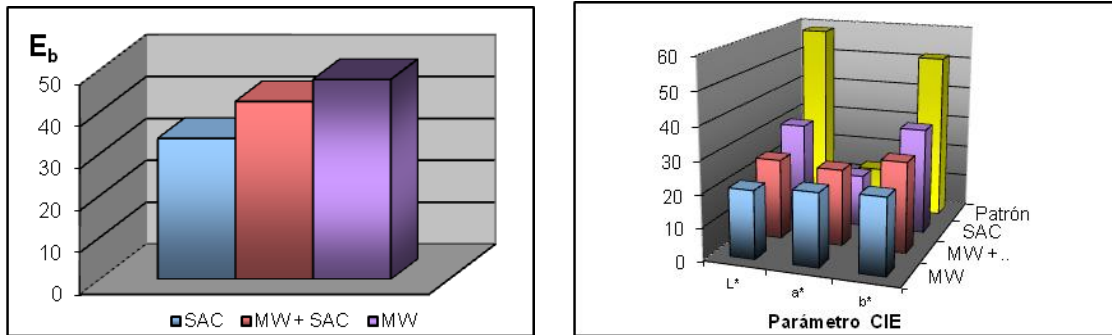


Figura 3. Cambio global de color promedio E_b y en los parámetros CIE (L^* , a^* , b^*) correspondientes a cada proceso.

Vitamina C (ácido ascórbico): La determinación de vitamina C en los chips obtenidos arrojó valores superiores para los procesos MW+SAC y MW; el SAC exhibió valores sensiblemente inferiores (Figura 4). El proceso más nocivo para la vitamina C resultó el SAC, seguido por el proceso MW, ubicándose en último lugar el secado MW+SAC. Aquellos procesos que implicaron menor duración o tiempo de procesamiento (MW y MW+SAC) permitieron una mayor conservación de la vitamina. De acuerdo al análisis de varianza, el contenido de vitamina C de las muestras se vio ampliamente afectado por el tipo de proceso (SAC, MW o MW+SAC). El tiempo de procesamiento también ejerció elevada influencia ($p < 0,05$).

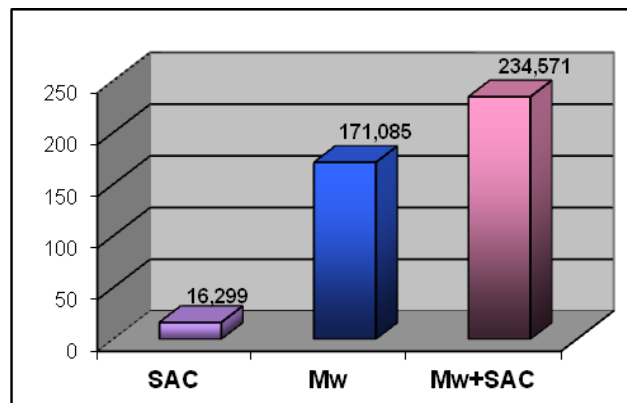


Figura 4. Contenido promedio de vitamina C (mg ác. ascórbico/100 g (b.s.)) en los chips de banana.

Fenoles totales: El mayor contenido de fenoles totales se registró para las muestras correspondientes al secado MW+SAC (337,429 mg GAE/100 g (b.s.) promedio). Valores similares, levemente inferiores, exhibió el secado MW (327,627 mg GAE/100 g (b.s.) promedio). Para el SAC el contenido registrado resultó sensiblemente inferior (111,607 mg GAE/100 g (b.s.)) (Figura 5).

Tanto en MW como en MW+SAC se observó que las muestras que presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos exhibieron a su vez mayores cambios de color. Esto permitiría sugerir que las reacciones de pardeamiento, responsables de la formación o alteración del color, podrían ser responsables de la generación o interconversión de compuestos fenólicos. ANDEVA determinó que el tipo de proceso (SAC, MW, MW+SAC) y el tiempo de procesamiento afectaron de manera significativa ($p < 0,05$) al contenido de fenoles totales de los productos.

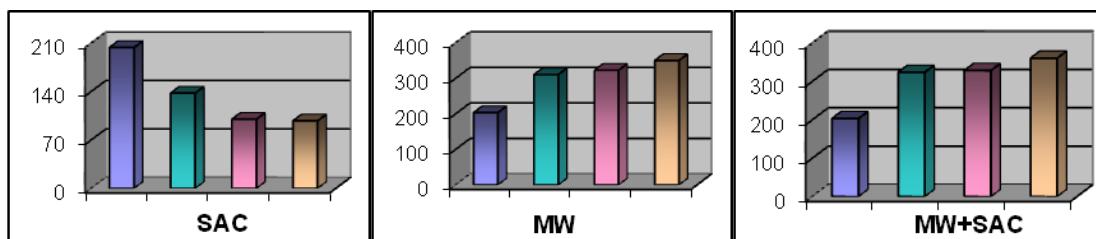


Figura 5. Contenido de fenoles totales (mg GAE/100 g (b.s.)) en los chips de banana para distintos tratamientos.

5. Conclusiones

Del análisis del conjunto de los resultados observados, surgen varias razones para recomendar el proceso MW+SAC como alternativa favorable para la deshidratación de bananas que permite no solo aumentar la vida útil de la fruta sino también obtener un producto de calidad diferenciada en tiempos de proceso óptimos.

Con respecto a la cinética de secado, las velocidades de secado promedio son ampliamente superiores en MW+SAC que en el SAC y duplican las velocidades de secado del proceso MW, lo cual representa un ahorro considerable de los tiempos de procesamiento, con los beneficios que esto aporta a la economía del proceso de deshidratación cuya cinética puede ser adecuadamente descrita por el modelo de Page.

Con respecto a la calidad final de los productos, en general, el contenido de vitamina C y fenoles totales depende principalmente del tiempo de procesamiento. En cuanto a los beneficios que reviste el proceso combinado MW+SAC, se pueden mencionar un menor encogimiento (efecto de “puffing” o inflado), dando un producto más parejo, poroso y de mayor espesor que el SAC. Además, el cambio de color es inferior en el MW+SAC comparado con las muestras procesadas mediante MW, aunque supera al SAC. No obstante, un desarrollo de color equilibrado puede ser considerado como una ventaja del procesamiento mediante energía microondas combinado con aire caliente, que permite obtener un producto diferenciado, con características deseadas como porosidad, crocantez o crujidez junto con una menor contracción de volumen del producto.

El contenido de vitamina C de las muestras MW+SAC es más retenido que en el SAC, resultando también mayor que en las muestras sometidas a MW. Mientras que el contenido de compuestos fenólicos totales de los chips obtenidos por MW+SAC triplica al del SAC y es levemente superior que el correspondiente a MW, observándose además una asociación entre el mayor contenido de compuestos fenólicos y el mayor cambio o alteración del color, pudiendo sugerirse que las reacciones de pardeamiento, responsables de la formación o alteración del color, podrían ser responsables de la generación o interconversión de compuestos fenólicos.

6. Bibliografía

Baini R., Langrish T.A.G. (2009). Choosing an appropriate drying model for intermittent and continuous drying of bananas. *J. Food Engng.*, 79: 330–343.

Gutiérrez Avella D.M., Ortiz García C.A., Mendoza Cisneros A. (2008). Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. Simposio de metrología. Santiago de Querétaro, México.

Maskan M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana, *J. Food Engng.*, 44(2): 71-78.

Menges H.O., Ertekin C. (2006) Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples, *J. Food Engng.*, 77: 119–125.

Ruiz Diaz G., Martinez-Monzo J., Fito P., Chiralt A. (2003) Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying, *Innovative Food Sc. and Emerging Tech.*, 4: 203–209.

9ITCA. EVALUACIÓN DE CALIDAD Y VIDA ÚTIL EN FRUTILLA DESHIDRATADA

Urfalino, D. P.*; Mondotte, C.**; Lara, P. **; Quiroga, A.*.

*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental
Agropecuaria Rama Caída. El Vivero S/N, Rama Caída. San Rafael. Mendoza.
Argentina. dpurfalino@correo.inta.gov.ar

** Nevada Argentina S. A.

Resumen: En el presente trabajo se evaluó la calidad y la vida útil de frutillas deshidratadas obtenidas por un método combinado de deshidratado osmótico/ congelado/deshidratado convectivo, empleando distintas dosis de metabisulfito de sodio como preservante del color. La calidad y vida útil se evaluaron en función de la degradación del color del producto final, de su estabilidad microbiológica y de su contenido de dióxido de azufre residual.

Los 3 tratamientos evaluados mostraron estabilidad en los parámetros de humedad, a_w y pH en el tiempo. Los tratamientos T2 y T3 manifestaron una menor degradación del color en el tiempo que T1; logrando valores de $L^* = 26,17 \pm 3,45$, $a^* = 17,91 \pm 2,53$, $b^* = 11,15 \pm 1,25$ para T2 y de $L^* = 25,9 \pm 2,27$, $a^* = 18,5 \pm 2,84$, $b^* = 10,9 \pm 1,14$ para T3, a los 12 meses de almacenaje. Lo cual implica el cumplimiento de los parámetros de color preestablecidos. Por otro lado los contenidos de SO_2 resultaron inferiores a las 1000 ppm establecidas en el Código Alimentario Argentino desde el mes 1 en los 3 tratamientos (para el mes 1: T1: 360 ± 100 ppm, T2: 688 ± 106 ppm, T3: 880 ± 80 ppm) y fueron disminuyendo durante el periodo de almacenaje hasta llegar a contenido de SO_2 de aproximadamente la mitad de los valores iniciales.

1. Introducción

En el marco del Acuerdo de Vinculación Tecnológica entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y NEVADA ARGENTINA S.A. se están estudiando métodos de preservación de frutillas, con el fin de obtener frutillas deshidratadas de calidad optimizada.

Las frutillas presentan un periodo de poscosecha extremadamente corto debido a su alta tasa de respiración, pérdida de peso y susceptibilidad a la contaminación fúngica (Zhang, et al 2006; Wills y Kim, 1995). El agua como componente principal de las frutillas afecta su estabilidad microbiana y química y es responsable de la percepción del consumidor de los atributos organolépticos, jugosidad y textura (Lewicki y Lenart, 2006).

Para reducir la actividad acuosa se han aplicado diferentes métodos, como el congelado, que combina las bajas temperaturas con la reducción de la actividad acuosa, asociada a la crio-concentración de la fase líquida de la fruta (por la formación de cristales de hielo de congelación). Sin embargo, debido al alto contenido de agua que posee la frutilla, su congelado conduce a un elevado daño celular y a cambios físico-químicos y sensoriales significativos. Estos deterioros se manifiestan cuando los frutos se descongelan, generando la pérdida de calidad del producto (Blanda et al., 2009; Blanda et al., 2008). En los últimos años, se ha destacado la importancia del deshidratado osmótico como tratamiento previo al congelado del producto a fin de reducir el contenido de agua, y como consecuencia el hielo cristal, limitando los daños en los alimentos (Chiralt et al., 2001). Este tipo de tratamiento combinado se utiliza para procesar varios tipos de frutas, las cuales pueden ser

almacenadas durante largos períodos de tiempo con buena retención de textura, color y sabor después de descongelación (Blanda et al., 2009; Sormani et al., 1999).

Por otro lado, varios autores (Urfalino y Quiroga, 2011; Osorio et al., 2007; Pokharkar et al., 1997) han estudiado el efecto del deshidratado osmótico previo al secado convectivo con el objetivo de mejorar la calidad del producto final. Los productos obtenidos mediante la combinación del deshidratado osmótico con secado convectivo presentan ciertas ventajas respecto a los obtenidos por secado convectivo tradicional; entre estas ventajas se pueden mencionar la preservación del color en el tiempo (con un contenido significativamente menor de sulfitos como preservantes del color) y mejores características organolépticas que los productos tradicionales (mayor volumen, menor rugosidad, mayor dulzor) (Urfalino y Quiroga, 2011). Otros autores también han observado que la introducción de esta etapa reduce el tiempo de procesado e inhibe la actividad enzimática (Osorio et al., 2007; Pokharkar et al., 1997).

Para conservar los atributos organolépticos, sobre todo color y sabor de los frutos deshidratados se aplica dióxido de azufre (SO₂) el cual juega un rol importante por su efecto antioxidante y conservante; sin embargo, el SO₂ y los sulfitos presentan efectos indeseados en la salud de los consumidores, por lo cual se están buscando alternativas para evitar su uso (FDA, 1990; Sapers, 1993; Urfalino y Quiroga, 2011). El Código Alimentario Argentino ha establecido un máximo de 1.000 ppm de SO₂ residual.

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la calidad y la vida útil de las frutillas deshidratadas obtenidas mediante técnicas combinadas, en vías de obtener un producto de alta calidad tanto por su color final como por su inocuidad, que mantenga dichas características durante todo su periodo de almacenaje.

3. Métodos y Materiales

Selección y preparación de material vegetal

Las frutillas se seleccionaron por la ausencia de defectos, considerando uniformidad de color y tamaño. Se realizaron tres tratamientos con muestras de 15 kilos de fruta cada una. Las frutillas se lavaron con agua potable, y se colocaron en baldes plásticos de 20 litros colocando capas de frutillas alternadas con capas de polvo (azúcar de mesa + metabisulfito de sodio), en una relación de 4 kilos de fruta por 1 kilo de polvo, se dejaron macerar durante 18 horas y se congelaron a - 18 °C.

4 meses después se descongelaron a temperatura ambiente (27 +/- 2°C), se escurrieron y se deshidrataron en horno industrial de carros y bandejas con flujo de aire a contracorriente a una temperatura constante de 50°C y una velocidad de viento de 4 m/s hasta alcanzar un 15 % de humedad final.

Tratamientos

T1: 15 kg de frutillas + 5g metabisulfito de sodio + 3,75 kg de azúcar

T2: 15 kg de frutillas + 10g metabisulfito de sodio + 3,75 kg de azúcar

T3: 15 kg de frutillas + 15g metabisulfito de sodio + 3,75 kg de azúcar

Una vez obtenido el producto final se evaluó pH, a_w, humedad, color y SO₂ residual, como parámetros de calidad.

Posteriormente las muestras se almacenaron en cámara de frío a 5 +/- 0,1 °C en bolsas plásticas negras de 50 micrones y se evaluaron los parámetros de calidad anteriormente mencionados cada 6 meses por un plazo total de 12 meses.

Las condiciones de almacenamiento escogidas simulan las condiciones en que se realizaría el proceso en forma industrial.

Todos los tratamientos se realizaron por duplicado.

pH

Se procesaron 30 g de muestra con 30 ml de agua destilada ultrapura y se determinó pH utilizando un peachímetro digital Sper Scientific con electrodo de vidrio SilverCap, calibrado con soluciones búfer de pH 4, 7 y 10.

aw

La actividad acuosa se determinó en un ambiente con temperatura estable (20 °C) con equipo ROTRONIC HYGROPALM. Las muestras se cortaron en trozos de aproximadamente 1 cm³, y se colocaron en cápsulas plásticas PS-40 hasta humedad de equilibrio, luego se colocaron en el equipo y se leyó con el programa “a_w quick” (error +/- 0,005 a_w).

Humedad

La humedad se determinó por el método de Dean Stark.

Se cortaron y colocaron 10 g de muestra en balón de una boca de 250 ml, se agregaron 70 cm³ de tolueno. Se calentó a ebullición en aparato de Dean Stark hasta que el destilado pasó límpido. Se dejó en reposo y se efectuó la lectura en el tubo graduado, expresándose el valor en gramos por ciento.

Color

El color se evaluó por reflectancia utilizando un colorímetro (Kónica-Minolta CR400). Las determinaciones se realizaron en un ambiente con temperatura estable (20 °C). El instrumento se calibró con un plato cerámico de color blanco. Se utilizó el iluminante C, con el espacio de color CIE L*a*b*. En cada unidad de la muestra se tomaron 3 lecturas, variando la posición del cabezal aleatoriamente sobre la superficie.

Dióxido de azufre residual

Las muestras se analizaron de acuerdo al método oficial de la AOAC (2006) 990.28 Monier Williams modificado.

Se colocaron 30 ml de agua oxigenada 10 volúmenes, 3 gotas de rojo de metilo y 3 gotas de hidróxido de sodio 0,1 N en probeta de 100 ml. Se vertieron 400 ml de agua destilada en balón de tres bocas. Se armó el conjunto y se realizó un barrido con nitrógeno gaseoso a través de 500 ml de carbonato de sodio al 10%, durante 5 minutos. Se añadieron al balón 20 g de muestra y 90 ml de ácido clorhídrico 4 N, se tapó y se hizo hervir el conjunto 1 hora 45 minutos en corriente de N₂. Se lavó la probeta y el refrigerante recogiendo las aguas de lavado en matraz y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N. La concentración de SO₂, en ppm, se calculó según la ecuación:

$$\text{SO}_2 \text{ ppm} = V * 3200 / G \quad (2)$$

Donde:

V = ml de hidróxido de sodio utilizado.
G = peso de muestra, en gramos.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el software StatGraphics Centurión XV versión 15.214 (1982 -2007).

Se realizaron análisis de varianza para evaluar diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las 4 variables (nivel de confianza 95,0%) y se realizaron Pruebas de Rangos Múltiples para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras (nivel de confianza 95,0%) a través del procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher.

4. Resultados

pH, a_w y humedad

Los valores de pH, a_w y humedad no presentaron diferencias significativas durante el periodo de almacenaje en ninguno de los tratamientos realizados (**Tabla 1**). El hecho de que estos parámetros presenten estabilidad en el tiempo es un indicador de la viabilidad de este método de almacenaje (combinado con los procesos productivos previamente mencionados) para asegurar la permanencia de la calidad del producto deseada durante 12 meses.

Tabla 1. Evolución de los parámetros de pH, humedad y a_w en el tiempo.

Tratamiento	Fecha	pH	Humedad	Actividad Acuosa
1	mes 1	3,62 +/- 0,1 a	13,5 +/- 0,5 ab	0,49 +/- 0,01 a
	mes 6	3,5 +/- 0,1 a	13 +/- 0,5 a	0,50 +/- 0,01 a
	mes 12	3,45 +/- 0,1 a	14 +/- 0,5 b	0,49 +/- 0,01 a
2	mes 1	3,52 +/- 0,1 a	14,5 +/- 0,5 a	0,47 +/- 0,01 a
	mes 6	3,5 +/- 0,1 a	13 +/- 0,5 ab	0,52 +/- 0,01 ab
	mes 12	3,46 +/- 0,1 a	14 +/- 0,5 a	0,52 +/- 0,01 ab
3	mes 1	3,55 +/- 0,1 a	13,5 +/- 0,5 a	0,49 +/- 0,01 a
	mes 6	3,56 +/- 0,1 a	12,5 +/- 0,5 ab	0,50 +/- 0,01 a
	mes 12	3,51 +/- 0,1 a	14 +/- 0,5 a	0,52 +/- 0,01 ab

Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativas

Color

En la **Tabla 2** se observa la variación de los parámetros de color en el tiempo en los 3 tratamientos realizados. Los procesos de pardeamiento en frutillas se manifiestan principalmente en la pérdida de luminosidad a través del tiempo (disminución de los valores de L*), pérdida de color rojo intenso (disminución de los valores de a*) y disminución en la intensidad de los amarillos (disminución de los valores de b*). INTA-NEVADA ARGENTINA S. A. proponen como parámetros de calidad en color en frutillas deshidratadas valores de: L* superior o igual a 24, b* superior o igual a 16 y a* superior o igual a 9, dando como resultado un producto que cumple con las exigencias máximas de los consumidores.

En la **Tabla 2** se puede observar que los tratamientos 2 y 3 cumplen con estos requisitos, lo cual implica una gran estabilidad del color a lo largo del periodo de almacenaje. Esta estabilidad se refleja mayormente en el parámetro de color L* (luminosidad), el cual se mantuvo por encima de 25,9 +/- 2,27 hasta el mes 12 inclusive.

Tabla 2. Evolución de los parámetros L*, a*, b* en el tiempo.

Tratamiento	Fecha	L*	a*	b*
1	mes 1	25,75 +/- 3,42 a	25,72 +/- 2,08 a	16,67 +/- 2,06 a
2	mes 1	32,47 +/- 4,37 ab	26,66 +/- 2,34 a	22,57 +/- 2,33 b
3	mes 1	35,49 +/- 3,43 b	27,22 +/- 2,70 a	22,67 +/- 2,58 b
1	mes 6	25,15 +/- 2,94 a	22,36 +/- 4,10 a	17,51 +/- 2,41 a
2	mes 6	31,29 +/- 3,49 b	22,77 +/- 1,58 a	21,84 +/- 2,09 b
3	mes 6	31,55 +/- 4,60 b	25,64 +/- 2,10 a	21,64 +/- 1,76 b
1	mes 12	20,06 +/- 3,17 a	16,30 +/- 3,50 a	8,25 +/- 1,65 a
2	mes 12	26,17 +/- 3,45 b	17,91 +/- 2,53 a	11,15 +/- 1,25 b
3	mes 12	25,9 +/- 2,27 b	18,5 +/- 2,84 a	10,9 +/- 1,14 b

Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativas

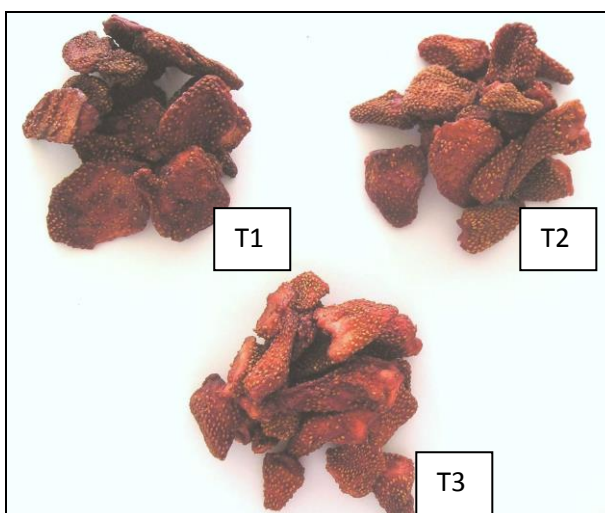


Figura 1

Dióxido de azufre residual

En la **Tabla 3** se puede observar la evolución del dióxido de azufre residual en el tiempo.

El tratamiento 1 presentó diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento 3 en los 3 meses evaluados. T1 presentó el menor contenido de SO₂, lo cual es un factor positivo en el mes 1 pero influye en forma negativa en la calidad del producto final ya que se manifiesta como la pérdida de luminosidad en el mes 12 (ver **Tabla 2**).

En todos los tratamientos el SO₂ residual disminuye en aproximadamente un 50 % en el mes 12 respecto al mes 1.

En los 3 tratamientos se obtuvieron valores por debajo de las 1.000 ppm permitidas en el Código Alimentario Argentino desde la elaboración hasta los 12 meses de almacenaje.

Tabla 3. Evolución del SO₂ residual en el tiempo.

Tratamiento	Fecha	SO ₂ ppm	
1	mes 1	360 +/- 100	a
2	mes 1	688 +/- 106	b
3	mes 1	880 +/- 80	b
1	mes 6	192 +/- 97	a
2	mes 6	416 +/- 111	b
3	mes 6	848 +/- 150	c
1	mes 12	152 +/- 51	a
2	mes 12	320 +/- 85	ab
3	mes 12	440 +/- 110	b

Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativas

5. Conclusiones

Mediante este método combinado se obtuvieron frutillas deshidratadas con muy buenas características de conservación en el tiempo, con estabilidad en sus valores de humedad, a_w , y pH, en las condiciones de almacenaje propuestas por INTA-NEVADA ARGENTINA S.A., con un alto grado de inocuidad (debido a su bajo contenido de SO₂ siempre menor a 1.000 ppm) y con excelente color. Entre los tratamientos evaluados T2 y T3 se destacaron por cumplir con los parámetros de color propuestos por INTA-Nevada durante todo el periodo de almacenamiento evaluado (un año).

6. Bibliografía

- AOAC, 2006. In Official methods of Analysis. No. 990.28. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Blanda, G.; Cerretani, L.; Bendini, A.; Cardinali, A.; Lercker, G. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity versus consumer acceptance of soaked and vacuum impregnated frozen nectarines. *European Food Research and Technology*, 227, 191–197.
- Blanda, G.; Cerretani, L.; Cardinali, A.; Barbieri, S.; Bendini, A.; Lercker, G. (2009). Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *LWT - Food Science and Technology* 42, 30–36.
- Chiralt, A.; Martínez-Navarrete, N.; Martínez-Monzó, J.; Talens, P.; Moraga, G.; Ayala, A.; Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49, 129–135.
- Doymaz, I. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47 (5): 914-919.
- FDA. (1990). Sulfuring agents; revocation of GRAS status for use on “fresh” potatoes served or sold unpackage or unlabeled to consumers. *Food and Drug Administration Federal Registration*, 55, 9826-9833.
- Lewicki, P. P., & Lenart, A. (2006). Osmotic dehydration of fruits and vegetables. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (3 rd ed). CRC Press. Taylor & Francis.
- Nuñez Mancilla, Y.; Perez Won, M.; Vega Gálvez, A.; Arias, V.; Tabilo-Munizaga, G.; Briones-Labarca, V.; Lemus-Mondaca, R.; Di Scala, K. (2011). Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high

hydrostatic pressure conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12 (3): 338-343.

- Osorio, C.; Franco, M. S.; Castaño, M. P.; González-Miret, M. L.; Heredia, F. J.; Morales A. L. (2007). Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8 (3): 353-359.
- Piotrowski, D.; Lenart, A.; Wardzyński, A. (2004). Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries. *Journal of Food Engineering*, 65 (4): 519-525.
- Pokharkar, S. M.; Prasad, S.; Dus, H. (1997). A model for osmotic concentration of banana slices. *Journal of food science and technology*, 34, 230-232.
- Sapers, G.M. (1993). Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means. *Food Technology*, 47(10): 75-84.
- Sormani, A.; Maffi, D.; Bertolo, G.; Torreggiani, D. (1999). Textural and structural changes of dehydrofreeze-thawed strawberry slices: effects of different dehydration pre-treatments. *Food Science and Technology International*, 5 (6): 479-485.
- Urfalino D. P.; Quiroga A. (2011). Desarrollo de técnicas combinadas de secado para la obtención de duraznos deshidratados con bajo contenido de sulfitos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37 (2): 165-171.
- Wills, R. B. H.; Kim, G. H. (1995). Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 6 (3-4) , 249-255.
- Zhang, B. M.; Xiao, G.; Salokhe, V.M. (2006). Preservation of strawberries by modified atmosphere packages with other treatments. *Packaging Technology Science*, 19, 183-191.

92TCA. ESTUDIO DEL EFECTO DE A_w , PH Y TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE CEPAS AUTÓCTONAS DE *SALMONELLA* AISLADAS DE POLLO

JIMENEZ, S., ARCHELASQUI, R.; PIROVANI, M.

**Instituto de Tecnología de Alimentos – Facultad de Ingeniería Química –
Universidad Nacional del Litoral- Santa Fe – Argentina.**

mpirovan@fiq.unl.edu.ar

Resumen: La carne de ave después de la faena y durante la elaboración de derivados queda a menudo contaminada por agentes patógenos para el hombre, frecuentemente *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. La información sobre el crecimiento de cepas de *Salmonella* según pH, actividad de agua (a_w) y temperatura (T), así como los de susceptibilidad a diferentes ácidos orgánicos u otros antimicrobianos es de origen extranjero, no existiendo antecedentes en nuestro país. Los objetivos fueron a) determinar valores mínimos de crecimiento de cepas autóctonas de *Salmonella* sp. bajo diferentes condiciones de pH, actividad de agua y temperatura, b) comparar el crecimiento de cepas nativas de *Salmonella* spp. extraídas de pollos y del ambiente avícola con cepas exóticas tomados de la bibliografía internacional y c) determinar la influencia del inóculo. Se aislaron numerosas cepas de *Salmonella*, cuyas serovariedades fueron identificadas en el Instituto Malbram por Caffer y Pichel durante 2010. Para el crecimiento/no crecimiento de las cepas aisladas se utilizaron: Infusión Cerebro Corazón (BHI) y Caldo Nutritivo (CN). Los resultados indican que las cepas mostraron comportamientos diferentes con respecto a cepas de colección internacional. Según la ICMSF la mayoría de las cepas de *Salmonella* no desarrollan a temperaturas inferiores a 7°C. En nuestros estudios, a la temperatura de

5,5°C creció una de las cepas (S10). Ninguna de las cepas creció a pH 3,7 en BHI pero sí en CN (a_w 0,988 y T 35°C); tampoco crecieron a a_w 0,94 como se establece en ICMSF (BHI, pH 7,6 y T 35°C), mientras que a a_w 0,95 desarrolló el 80% de las cepas evaluadas y a pH 3,8 el 60%. Se demostró la influencia del inóculo para el desarrollo según las condiciones establecidas y del medio de cultivo utilizado para el desarrollo de la cepa bajo una barrera dada, especialmente en combinación con el pH. Los mínimos establecidos a partir de estos estudios constituyen el primer aporte sobre la dinámica de *Salmonella* en la región, que se completará con modelos predictivos para precisar mejor las condiciones de control del patógeno.

1. Introducción:

Un elevado porcentaje de pollos son colonizados por *Salmonella* y otros microorganismos durante el período de crecimiento y llegan a la planta procesadora con una elevada y variada carga bacteriana, tanto externamente como en su tracto digestivo (Keener *et al.*, 2004; Uribe y Suarez, 2006); muchos de estos microorganismos no son patógenos para el hombre, pero afectan la vida útil del producto con la consiguiente pérdida de calidad y daños económicos. Los patógenos más frecuentemente encontrados en las canales de pollo son *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. (Whyte *et al.* 2002) con la consiguiente posibilidad de producir enfermedad en el hombre por su consumo. La salmonelosis es una de las enfermedades transmitidas por los alimentos que se notifica con más frecuencia en todo el mundo. En Argentina, desde el Instituto Nacional de Epidemiología Dr Juan H. Jara, A.N.L.I.S. “Dr Carlos Malbran” se reportaron, entre 1986-1999, 225 brotes alimentarios en los que 7900 casos fueron producidos por *Salmonella* spp y los alimentos involucrados fueron principalmente de origen avícola (Caffer *et al.*, 2000). En investigaciones realizadas durante el período 2004-2007, se registraron 19 casos de salmonelosis, 16 producidos por *Salmonella* Enteritidis, 2 por *S. Typhimurium* y 1 por *S. Heidelberg* (Binsztein *et al.* 2006; Caffer y Terragno, 2007). Estos serotipos, entre otros, aparecen también reportados por la Comunidad Europea en su informe (EFSA, 2009). De este reporte se extrae, a su vez, el promedio de las canales de pollo contaminadas con *Salmonella* en la Unión Europea que es del 23,7%; dato que surge de la información de prevalencia de los países de la Comunidad y que varía desde 0 a 68,2% (EFSA, 2009).

En Argentina no se cuenta aún con datos de prevalencia a nivel nacional, pero en los inicios de los años 2000, de trabajos previos de investigación a nivel regional del grupo de Microbiología del ITA-FIQ-UNL y de otros provistos por algunos establecimientos de faena de pollos, también a nivel regional, se determinó en 20 - 20,8% la prevalencia de *Salmonella* en canales recién faenadas (Jimenez *et al.*, 2002). Esta información debería actualizarse en función de los cambios en los valores reportados por la vigilancia de diferentes países en los cuales se observa incremento en algunos de ellos y reducción en otros. SENASA (2009) reporta un aumento del consumo de pollo a nivel nacional (algo más de 30 kg por persona y por año), datos que deberán ser considerados en una futura evaluación del riesgo de *Salmonella* por el consumo de este alimento. Es importante destacar que la información existente sobre los rangos para el crecimiento de cepas de *Salmonella* según pH, actividad de agua (a_w) y temperatura (T) es de origen extranjero no existiendo antecedentes en nuestro país. Estadísticamente, según la bibliografía internacional, las cepas de *Salmonella* desarrollan en un amplio abanico de temperaturas (entre 7 y 48°C), presentan un pH de crecimiento factible entre 4 y 8, y desarrollan con una actividad de agua mayor de 0,94 (ICMSF 5, 1996; Faura y Angulo, 2008).

Sería útil contar con datos de cepas autóctonas para la evaluación de los factores que afectan la prevalencia y proliferación de *Salmonella spp.* y poder así determinar las estrategias de intervención que tendrían mayor efecto para su control (FAO-WHO, 2005).

2. Objetivos:

Estudiar valores mínimos de crecimiento de serovariedades autóctonas de *Salmonella sp.* bajo diferentes condiciones de acidez, actividad de agua y temperatura y comparar con los datos de la bibliografía internacional.

Determinar la influencia del inóculo en los estudios de crecimiento bajo diferentes condiciones.

3. Metodología:

Cepas utilizadas: Se utilizaron cepas de *Salmonella* aisladas de pollo y/o ambiente avícola en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Química (UNL) y posteriormente identificadas en el Instituto Malbrán (2010); estas son: Serovariedad *S. Montevideo* (6,7:g,m,s:-) (S1), *S. Anatum* (3,10:e,h:1,6) (S10), *S. Newport* (6,8:e,h:1,2) (S12), *S. Agona* (4,12:f,g:-) (S6), y una cepa de *Salmonella enterica* subs, *enterica* serotipo Hadar perteneciente a la colección del Laboratorio de Microbiología (ITA-FIQ-UNL). Las cepas se conservaron a -80°C y se activaron adecuadamente antes de cada ensayo en Triptona Soya Broth (TSB, MERCK, Argentina) e incubado por 24 hs a 35°C .

Medios de cultivos y equipos utilizados: La determinación de crecimiento (+) /no crecimiento (-) de las cepas se ensayó en medio basal Infusión Cerebro Corazón (BHI, MERCK, Argentina) evidenciando por el desarrollo de turbidez en los tubos. Se varió la temperatura de incubación ($5,5$ y $6,5^{\circ}\text{C}$), el pH ($3,7$; $3,8$; $3,9$ y 4) y la a_w ($0,94$; $0,95$; $0,96$; $0,97$ y $0,98$) del medio. La Actividad de agua se midió con equipo AquaLab y el pH con peachímetro digital Ludwing pH-016. Para variar la a_w del medio, se utilizó NaCl, mientras que para modificar el pH se agregó HCl 1N. A bajos pH en el medio BHI se generó precipitación, por lo que se repitieron todas estas determinaciones en caldo nutritivo (CN, Merck). Los tubos inoculados se mantuvieron en refrigerador a temperatura controlada, durante 7 días. El control de las temperaturas se siguió mediante un equipo data - logger Dialog R Modelo N°600-1050. Cuando se realizaron modificaciones de pH o de a_w en el medio de cultivo los restantes parámetros fueron los óptimos para el desarrollo del patógeno lo cual se detalla en cada pie de tabla.

Concentración del inóculo: Se realizaron diluciones de los cultivos activados de las serovariedades en estudio en Caldo Nutritivo (CN, BIOKAR, Argentina) para observar el efecto de la concentración del inóculo en el crecimiento bajo las condiciones dichas. Los recuentos del inóculo original y diluciones se realizaron en PCA (BIOKAR, Argentina).

4. Resultados y discusión:

En BHI (Tablas 2, 3 y 4), ninguna de las serovariedades estudiadas produjo turbidez por el crecimiento a pH $3,7$ ni en el medio con a_w de $0,94$ después de 7 días de incubación. *Salmonella* Hadar, únicamente, no manifestó crecimiento a a_w $0,95$ y la serovariedad S10 tampoco lo hizo a pH $3,8$. A partir de una a_w de $0,96$ y pH $3,9$, todas las serovariedades de *Salmonella* evaluadas desarrollaron.

A temperatura $5,5^{\circ}\text{C}$ solamente una de las serovariedades utilizadas (S10) mostró crecimiento, en cambio a $6,5^{\circ}\text{C}$ desarrollaron todas excepto la S1.

Tabla 2. Crecimiento de serovariedades de Salmonella bajo distintas condiciones de a_w

a _w /Organismo	S. Hadar	S1	S6	S10	S12
0,988*	+	+	+	+	+
0,98	+	+	+	+	+
0,97	+	+	+	+	+
0,96	+	+	+	+	+
0,95	-	+	+	+	+
0,94	-	-	-	-	-

Todos los ensayos a pH 7,6, 35°C, inóculo log 6 ufc/ml en BHI

*Control.

Tabla 3 Crecimiento de serovariedades de Salmonella bajo distintas condiciones de pH

pH/Organismo	S Hadar	S1	S6	S10	S12
7,6*	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+
3,9	+	+	+	+	+
3,8	+	+	+	-	+
3,7	-	-	-	-	-

Todos los ensayos a 35°C y a_w 0,988 inóculo log 6 ufc/ml en BHI

*Control.

Se debe destacar que las cepas que no presentaron crecimiento en este estudio, se limitan a 7 días de incubación.

Tabla 4. Crecimiento de serovariedades de Salmonella a distintas temperaturas

T(°C)/Organismo	S Hadar	S1	S6	S10	S12
6,5	+	-	+	+	+
5,5	-	-	-	+	-

Todos los ensayos a a_w 0,988 y pH 7,6 inóculo log 6 ufc/ml en BHI

Para los estudios de la influencia de la concentración del inóculo en el crecimiento/no crecimiento de las serovariedades los resultados se reportan en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Crecimiento de serovariedades de Salmonella a distintas concentraciones de inóculo y temperaturas

Inóculo/Org. (log ufc/ml)	S Hadar		S1		S6		S10		S12	
	6,5°C	5,5°C	6,5°C	5,5°C	6,5°C	5,5°C	6,5°C	5,5°C	6,5°C	5,5°C
6	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Todos los ensayos a a_w 0,988 y pH 7,6 en CN

En la Tabla 5, se observa que a 6,5°C todas las cepas crecieron excepto la S1 a la más alta concentración del inóculo. A 5,5 °C, ninguna serovariedad desarrolló, excepto la S10.

Cuando se realizaron los estudios del efecto de la concentración del inóculo en relación al pH en CN (Tabla 6) se pudo comprobar alguna respuesta diferente de la recogida en BHI.

Tabla 6. Crecimiento de cepas de Salmonella sp a distintos pH y concentración de inóculo en CN

Inóculo/Org	S Hadar	S1	S6	S10	S12
-------------	---------	----	----	-----	-----

.															
(log ufc/ml)	3, 9	3, 8	3, 7	3, 9	3, 8	3, 7	3, 9	3, 8	3, 7	3, 9	3, 8	3, 7	3, 9	3, 8	3, 7
6	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-

Todos los ensayos a T 35°C y aw 0,988.

En este medio (CN), S. Hadar, S10 y S12 pudieron desarrollar a pH 3,7, además S10 y S12 desarrollaron no solamente a la mayor concentración del inóculo sino hasta 4 log ufc/ml. En la Tabla A se observan los valores mínimos de crecimiento de *Salmonella* spp. según ICMSF, 5 (1996).

Tabla A. Límites de crecimiento para Salmonella cuando las demás condiciones (a_w, pH y T) permanecen óptimas

Condiciones	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	5,2*	35-43	46,2
pH	3,8	7-7,5	9,5
a _w	0,94	0,99	>0,99

* La mayoría de los serotipos no crecen a menos de 7°C. (ICMSF 5, 1996)

En el presente trabajo se reporta una diferencia de comportamiento respecto al a_w mínimo necesario para el crecimiento de las cepas autóctonas con el informado a nivel internacional (0,95 vs 0,94). No se han demostrado diferencias en cuanto a la temperatura así como tampoco se comprobó que el pH al que responden las cepas nativas en medio BHI sea diferente del determinado para las exóticas. Sin embargo, cuando se utiliza el CN el pH mínimo al que se observó crecimiento es 3,7.

A partir del estudio de la influencia de la concentración del inóculo para el crecimiento a diferentes temperaturas se puede afirmar que durante 7 días a 6,5°C desarrolló el 80% de las cepas evaluadas en los tubos de mayor concentración (log 6 ufc/ml). Solamente S12 mostró desarrollo con log 5 ufc/ml de concentración, y a concentraciones menores se vio impedido el desarrollo posiblemente debido a que las células se encontraban más expuestas y por lo tanto, más susceptibles al factor adverso. A 5,5°C, el porcentaje de desarrollo fue considerablemente menor (20%) obtenido sólo a la máxima concentración del inóculo.

Cuando se trata de la elaboración de productos de pollo, los cuales pudieran utilizarse desde su estado de crudo, el control del crecimiento de salmonella dependerá del pH y del a_w que deberán ser rápidamente ajustados. Se debe tener en cuenta que debido a que el tiempo de descenso del pH tiene relación directa con la temperatura para lograr el control del patógeno, el mantenimiento de la temperatura por debajo de 5°C deberá respetarse cuando el pH haya llegado al nivel necesario.

Los valores obtenidos de pH, a_w y temperaturas mínimos de crecimiento de *Salmonella* posibilitan conocer el rango de crecimiento para estas cepas autóctonas de forma tal de desarrollar modelos matemáticos predictivos que permitan valorar cuantitativamente el crecimiento aplicando el concepto de barreras combinadas y puedan utilizarse en alimentos de origen avícola. Es decir que conocer los valores ajustados a las cepas regionales, permitirá en un futuro, optimizar los controles sanitarios de los alimentos con el objetivo de evitar brotes de salmonelosis en la región.

Agradecimientos: A las Dras. María Inés Caffer y Mariana Pichel por la determinación de la distintas serovariedades de las salmonellas aisladas en nuestros laboratorios. A la Bqca. Verónica Lancelle, tesista del Magíster en Cs. y Tecnol. de Alimentos, por su participación en el aislamiento de las cepas de salmonellas.

5. Bibliografía

- Binsztein N., Fernández A., Caffer M.I., Agudelo C.I., Arias M.I., Ugarte C., Zarate M., Algorta G., Damián E. y Perez E. (2006) WHO Global Salm-Surv (WHO GSS) in the South American Region: Five years (2000-2004) of Salmonella Surveillance. International Conference on Emerging Infectious Diseases 2006, Poster 620. Atlanta Marriott Marquis Hotel, Atlanta, Georgia, USA. 19 al 22 de marzo de 2006.
- Caffer M. I., Alcain A., Panagópulo M., Escobar G. y Terragno R. (2000) Brotes alimentarios por *Salmonella* en Argentina durante el periodo 1986-1999. VI Congreso Latinoamericano de Microbiología de Alimentos (MICROAL 2000) Actas A6, p. 24. Buenos Aires, Argentina
- Caffer M.I. y Terragno R. (2007) Comunicación personal del Servicio Enterobacterias - Laboratorio Nacional de Referencia de Enterobacterias - Departamento Bacteriología - I.N.E.I. - A.N-L.I.S. "Dr. Carlos G. Malbrán", Buenos Aires, Argentina.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009). The community summary report on food-borne outbreaks in the European Union in 2007. *The EFSA Journal* 271.
- FAO-WHO (2005). Evaluaciones de Riesgos de *Salmonella* en huevos y pollos para asar: Resumen interpretativo. Serie de Evaluación de Riesgos Microbiológicos, N° 1.
- Faura, C. y Angulo, L. (2008) Cap. 1: "Un patógeno con historia" en *La salmonella, de actualidad desde siempre*. Extraído el 19/05/2011 desde <http://www.avicultura.com/salmonella/salmonella-en-avicultura-capitulo1.pdf>
- ICMSF (International Commission of Microbiological Specifications for Foods) (1996) *Microorganisms in foods. 5. Salmonellae*. (1st.ed), Chapman & Hall, London, UK.
- Jimenez, S.M., Salsi, M.S., Tiburzi, M.C. and Pirovani, M.E. (2002) A comparison between broiler chicken carcasses with and without visible faecal contamination during the slaughtering process on hazard identification of *Salmonella* spp. *Journal of Applied Microbiology* 93, 593-598.
- Keener H.M., Bashor M.P., Curtis P.A., Sheldon B.W. and Kathariou S. (2004) Comprehensive Review of Campylobacter and Poultry Processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 3, 107-113.
- SENASA (2009) *Indicadores de la calidad avícola*. Extraído de <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File3034-indicadores-actividad-avicola.pdf>
- Uribe C. y Suárez M.C. (2006) Salmonelosis no tifoidea y su transmisión a través de alimentos de origen aviar. *Colombia Médica* 37, 2, 151-158.
- Whyte P., McGill K. and Collins J.D. (2002). An assessment of steam pasteurization and hot water immersion treatments for the microbiological decontamination of broiler carcasses. *Food Microbiology* 20, 111-117.

93TCA. DESARROLLO DE UN PROTOCOLO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO DE LECHE DE OVEJA

CUFFIA, F; BERGAMINI, C; REBECHI, S; HILGERT, S; MEINARDI, C.

Resumen: El presente trabajo tiene por objetivo, a partir del estudio de las variables inherentes al proceso de salado y maduración, diseñar un queso fresco de leche de oveja.

La leche de elaboración se pasteurizó a 65 °C por 20 minutos, se enfrió hasta 40 °C, se adicionó un fermento directo (*Streptococcus thermophilus*) y luego se incorporó quimosina producida por fermentación. Cuando el coágulo alcanzó la consistencia adecuada se cortó en trozos de 1,5 a 2 cm de lado y se agitó suavemente hasta alcanzar el grado de secado deseado. La cuajada se colocó en cuatro moldes donde se dejó acidificar llegando en 5 h±15 min a pH 5,1±0,1. Los cuatro quesos (Q) de aproximadamente 1 Kg cada uno se llevaron a cámara a 4±1 °C. Un queso Q₁ no se saló, mientras que Q₂ y Q₃ se sumergieron en agua y salmuera al 20% respectivamente por el mismo tiempo y el Q₄ se saló en seco. Al cuarto día se envasaron al vacío. Se realizaron tres réplicas.

En el primer día de maduración los pH tuvieron evoluciones distintas (Q₁: 5,40±0,03; Q₂: 5,60±0,04; Q₃: 5,58±0,02; Q₄: 5,46±0,04). El enfriamiento rápido en los quesos Q₂ y Q₃ detuvo el desarrollo de los fermentos y los equilibrios salinos subieron el pH. Mientras que el enfriamiento lento de Q₁ y Q₄ permitió una evolución de la acidez que compensó el ascenso del pH propio de estos quesos.

La humedad (Q₁: 45,7±0,2%; Q₂: 47,4±0,1%; Q₃: 45,7±0,4%; Q₄: 43,1±0,3%) fue: mayor en Q₂, semejante en Q₁ y Q₃ y sensiblemente menor en Q₄.

El estudio de la proteólisis mostró diferencias en el GM que osciló entre un valor de 9,8 para Q₁ y Q₂ y 7,7 para Q₃ y Q₄. Los perfiles peptídicos también mostraron algunas diferencias, principalmente relacionadas con la presencia o no de salado de la cuajada. Estos resultados son probablemente consecuencia del efecto de la sal sobre los distintos agentes enzimáticos responsables de la proteólisis durante la maduración. Asimismo, un panel no entrenado detectó sabores amargos en los quesos no salados, lo que se correlacionó con una mayor cantidad de péptidos hidrofóbicos en los perfiles peptídicos de estos quesos. El comportamiento a la fusión reveló que Q₁ y Q₂ cubrieron la mayor superficie, lo siguió Q₃ y el que tuvo más dificultades fue Q₄ asociado a su baja humedad.

Se puede concluir que los quesos salados en seco disminuyen significativamente la humedad, los quesos sin salar otorgan sabores amargos y los salados por inmersión retardan la maduración y dificulta su fusión por el efecto del ascenso de pH. Por ello se propone en el protocolo de elaboración enfriar las hormas en cámara durante 24 horas y posteriormente salar por inmersión.

1. Introducción:

En los últimos años, la leche de oveja y sus productos derivados han cobrado un importante protagonismo debido al crecimiento del mercado de delicatessen, a las propiedades funcionales que se le atribuyen y últimamente por su incorporación en la cocina, debido a sus sabores típicos, delicados y más intensos atribuidos fundamentalmente a la materia grasa.

Resulta muy interesante remarcar que esta materia grasa contiene un 25% de ácidos grasos o triglicéridos de cadena media, los cuales han sido indicados como lípidos con aplicaciones únicas. Se han demostrado reales beneficios en síndromes de mal absorción, hiperlipoproteinemia, y en casos de resección intestinal, by-pass coronarios, fibrosis quística, etc. como causa de su particular capacidad metabólica para proveer energía en lugar de contribuir a la formación de tejidos adiposos como lo hacen otros lípidos.

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un protocolo tecnológico de elaboración de un queso fresco de leche de oveja con el fin de transferirlo al tejido socio-productivo de manera de ampliar las alternativas y potenciar el desarrollo de regiones marginales y de pequeños productores que, en la medida que garanticen la calidad de la materia prima, harían rentable este tipo de explotación.

Además este tipo de queso emplea una tecnología que, cuando no se lo somete a la cocción, proporciona una matriz sumamente interesante para la incorporación de bacterias probióticas que permitirá hacer un aporte extra a sus propiedades nutricionales.

3. Materiales y Métodos.

Tecnología de Elaboración:

La leche utilizada como materia prima, proveniente del tambo modelo de la Escuela de Agricultura Granja y Gradería de la UNL, se pasteurizó en tina a una temperatura de 65 °C durante 20 minutos.

Una vez finalizado el tratamiento térmico se enfrió hasta la temperatura de coagulación (40 °C). Se agregó el fermento (*Streptococcus thermophilus*), el cual fue diluido 30 minutos antes de la adición a la tina en un volumen de 500 ml de la misma leche esterilizada. Transcurridos 10 minutos se incorporó el coagulante (quimosina producida por fermentación) en la cantidad necesaria para tener una consistencia de lirado entre los 20-25 minutos.

Una vez que la leche alcanzó la consistencia adecuada, se procedió a realizar el lirado hasta obtener un tamaño de grano de cuajada de 22 a 25 mm de arista.

Transcurridos 10 - 15 minutos del lirado se comenzó una agitación suave que se prolongó hasta alcanzar la humedad adecuada. Se dejó reposar durante unos 10 minutos y se extrajo el suero sobrenadante.

La cuajada se colocó en el interior de los moldes y el conjunto se introdujo en una cámara caliente (35 °C) hasta alcanzar un pH de $5,1 \pm 0,5$.

Alcanzado este pH, el queso Q₁ no se saló, mientras que Q₂ y Q₃ se sumergieron en agua y salmuera al 20% respectivamente por el mismo tiempo y el Q₄ se saló en seco. Al cuarto día se envasaron al vacío. Se realizaron tres réplicas.

Composición Global:

Se determinó humedad (FIL-IDF 1962), proteína (FIL-IDF 1993), pH APHA (Bradley y et al., 1993) y materia grasa (FIL-IDF 1997) a los 1, 30 y 60 días de maduración.

Estudio de la Proteólisis:

Fraccionamiento de nitrógeno soluble a pH 4,6.:

Se evaluó el contenido de nitrógeno soluble a pH 4,6, en ácido tricloroacético al 12% y en ácido fosfotúngstico al 2,5 % (Hynes y et al., 2001). Para ello, mediante un mortero, se trataron 10 g de muestra con 20 mL de solución de citrato de sodio 0,5 M hasta lograr una suspensión homogénea. A continuación se ajustó el pH a 4,6 mediante ácido clorhídrico al 20%, obteniéndose una fracción soluble y otra insoluble, las que fueron separadas por centrifugación a 3000 g durante 15 min. A partir de la primera se extrajeron distintas alícuotas a las que se trató con los distintos agentes precipitantes (Gripon y et al., 1975, Candiotti y et al., 2002).

Perfiles peptídicos:

Los perfiles peptídicos fueron estudiados por análisis de la fracción soluble del queso en agua mediante HPLC en fase reversa. El equipamiento utilizado consistió en una bomba cuaternaria, un desgasificador en línea y un detector UV-Visible, todo perteneciente a la serie 200 de Perkin Elmer. Se utilizó una interfase analógica conectada a una computadora para adquirir y procesar los datos cromatográficos con la aplicación Turbochrom® (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA). Una columna analítica Aquapore OD-300 C18 5 nm-300 Å fue utilizada para la separación cromatográfica. La fase móvil consistió en una mezcla de los solventes A (Ácido trifluoroacético al 0,11% v/v en agua) y B (Ácido trifluoroacético al 0,10% v/v en acetonitrilo:agua 60:40). La composición de la mezcla siguió un gradiente lineal con concentraciones crecientes del solvente B, durante un tiempo de corrida de 95 min, seguidos de 10 min de equilibrio de la columna en las condiciones iniciales de inyección (Hynes y et al., 2003).

Pruebas de Fusión:

Los ensayos de fusión se realizaron utilizando el test de Schreiber (Muthukumarappan y et al., 1999, modificado por Mercanti y et al. 2004). En cada ensayo se emplearon cilindros de queso de 42 mm de diámetro y 10 mm de altura obtenidos a no menos de 1 cm de cada borde. Las muestras se mantuvieron a 4 °C durante 30 minutos para estandarizar la temperatura de inicio de la prueba. Luego se colocaron en una estufa de convección natural a 130 °C durante 15 minutos.

Determinación de Calcio y Sodio:

El contenido de sodio se determinó por FAES (espectrometría de emisión atómica de llama), mientras que el contenido de calcio se realizó por FAAS (espectrometría de absorción atómica de llama).

Análisis Sensorial:

El análisis sensorial se llevó a cabo mediante un panel no entrenado conformado por treinta personas, las cuales realizaron una evaluación de los parámetros de sabor y textura de los quesos.

4. Resultados y Discusiones:

Evolución de las propiedades fisicoquímicas durante el salado y la maduración:

En el primer día de maduración que incluye el proceso diferencial de salado para cada uno de los quesos, se pudo verificar que los pH tuvieron evoluciones diferentes según se muestra en la Figura 1:

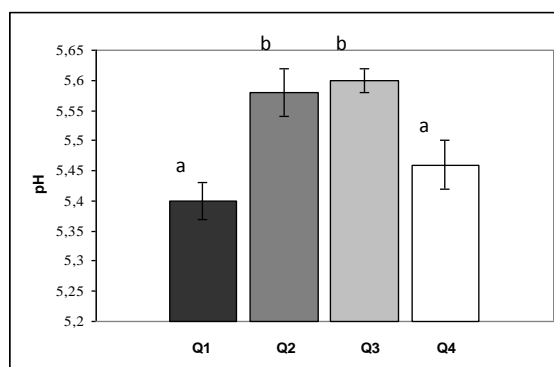


FIGURA 1: pH de los quesos 24 horas después del salado

Debido a que los coeficientes de transferencia de energía en los líquidos son mayores a los gaseosos, es posible sugerir que el enfriamiento rápido en los quesos Q₂ y Q₃ detuvo el desarrollo y la producción de ácido láctico de los fermentos, y los equilibrios salinos subieron el pH. En cambio, el enfriamiento lento de Q₁ y Q₄ permitió probablemente una evolución de la acidez por parte de la actividad de los fermentos que compensó el ascenso del pH propio de estos quesos. De esta manera, la velocidad de enfriamiento demostró ser un factor determinante en la evolución del pH.

Por otro lado, si bien el contenido de materia grasa y de proteínas totales no tuvo diferencias significativas entre las muestras a lo largo del proceso de maduración, la humedad si representó un parámetro significativamente diferente entre dichas muestras, el cual se presenta en la Figura 2.

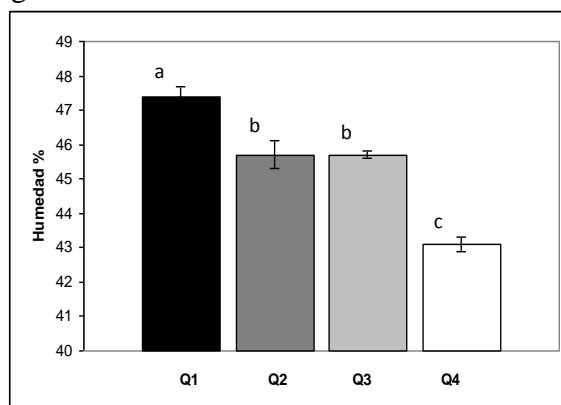


FIGURA 2: Humedad de los distintos quesos al envasado.

Estudio de la influencia del contenido de calcio y sodio en las muestras:

El contenido de sodio en los quesos que no fueron sometidos a ningún proceso de salado (Q1 y Q2) fue de 475 ± 9 y 478 ± 7 mg Na/Kg de queso respectivamente, mientras que en Q3 fue de 2569 ± 75 mg Na/Kg y en Q4 4867 ± 170 mg Na/Kg queso.

Los resultados obtenidos sugieren que una mayor concentración de sodio en el interior de los quesos se correlaciona con una menor humedad final en los mismos, probablemente debido a una promoción del proceso de desuerado durante el salado y el oreo.

El contenido de calcio en las muestras no mostró diferencias significativas y su valor medio fue de $9,6 \pm 0,9$ g Ca/Kg queso.

Estudio de la Proteólisis:

Se calculó el grado de maduración (GM) de los quesos, definido como la relación entre el contenido de nitrógeno soluble a pH 4,6 y el contenido de nitrógeno total (Hynes y et al., 1998).

Durante la maduración de los quesos se observaron diferencias en la evolución de la fracción de NS pH 4,6 y en el GM entre los distintos tipos de quesos. Los valores de las distintas fracciones nitrogenadas y el GM durante la maduración se muestran en las tabla 1:

TABLA 1: Evolución de las distintas fracciones de nitrógeno soluble durante la maduración

Días maduración	NS pH 4,6 (%)			TCA (%)			PTA (%)			GM		
	1	30	60	1	30	60	1	30	60	1	30	60
Q1	0,32	0,35	0,32	0,11	0,11	0,20	0,03	0,05	0,06	7,8	8,5	9,8
Q2	0,33	0,33	0,39	0,11	0,16	0,21	0,03	0,04	0,05	8,3	8,3	9,8
Q3	0,27	0,29	0,32	0,11	0,17	0,20	0,04	0,05	0,05	6,4	6,9	7,6
Q4	0,30	0,30	0,34	0,11	0,17	0,20	0,04	0,06	0,06	7,0	7,0	7,9

La actividad de los agentes proteolíticos implicados en la proteólisis durante la maduración del queso es influida por la composición del producto: la concentración de sal es uno de los parámetros que puede influir en dichas actividades enzimáticas. De esta manera, los resultados obtenidos sugieren que el mayor contenido de cloruro de sodio en los quesos salados generó una inhibición de los diversos agentes proteolíticos responsables de la proteólisis del queso: coagulante, enzimas nativas de la leche, y las proteasas y peptidasas microbianas. Asimismo, la mayor concentración salina pudo haber afectado el desarrollo de los microorganismos del starter, y por ende, su actividad proteolítica.

Perfiles peptídicos:

Los perfiles peptídicos, que se muestran en la figura 3 y 4, mostraron algunas diferencias, principalmente relacionadas con la presencia o no de salado de la cuajada.

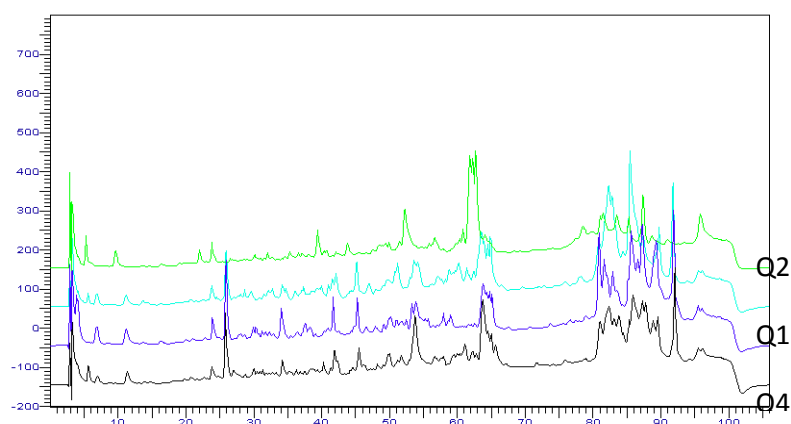


FIGURA 3: *Perfiles peptídicos de los quesos al inicio de la maduración*

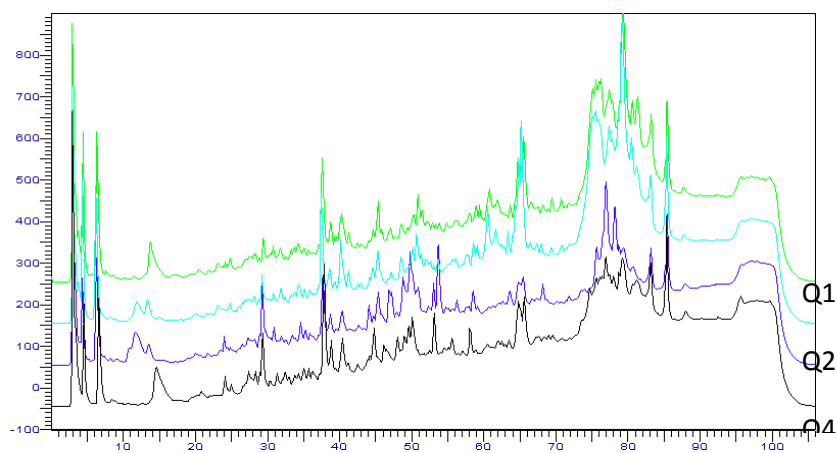


FIGURA 4: *Perfiles peptídicos de los quesos al final de la maduración*

Los péptidos presentes en los perfiles peptídicos y su concentración reflejan el equilibrio entre su producción y su posterior degradación para dar aminoácidos libres y sus productos metabólicos (Pripp y et al., 2000). Los quesos salados (Q3 y Q4) mostraron mayor altura de picos en la zona media del cromatograma, que están asociados a péptidos producidos y/o degradados por la actividad del coagulante y las enzimas del fermento (Milesi y et al., 2008). Por su parte, los quesos sin salar (Q1 y Q2) presentaron una mayor cantidad de picos y altura de los mismos en la zona final del cromatograma, donde eluyen péptidos hidrofóbicos, los cuales han sido asociados a sabores amargos (Barret y et al., 1999). Como ya fue mencionado, estos resultados son probablemente consecuencia del efecto de la sal

sobre los distintos agentes enzimáticos responsables de la proteólisis durante la maduración.

Pruebas de Fusión:

En el conjunto de fotos se puede ver el comportamiento de los quesos a la fusión.

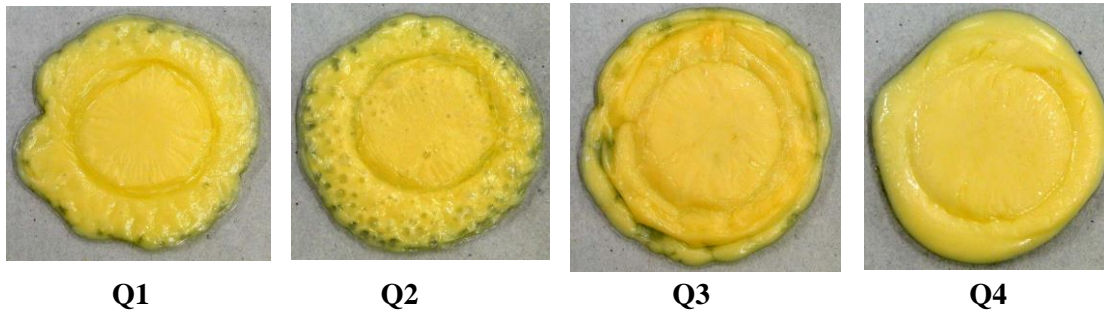


FIGURA 5: Fotografía de los quesos luego de la prueba de fusión.

Q₁ y Q₂ cubrieron la mayor superficie, lo siguió Q₃ y el que tuvo más dificultades fue Q₄ asociado a su baja humedad.

Análisis Sensorial:

En el análisis descriptivo realizado por el panel no entrenado se determinó que, los quesos Q₁ y Q₄ presentaban un sabor y un aroma agradable, sin embargo la textura de Q₄ fue demasiado rígida y la flexibilidad deficiente.

Por otro lado, Q₃ presentó las mismas virtudes que los quesos anteriormente mencionados, y la textura y flexibilidad arrojaron mejores valores que Q₁ y Q₄, aunque no fueron los óptimos.

Por último, el análisis de Q₂ determinó que la textura y flexibilidad del mismo era buena y el aroma agradable. Sin embargo, se hallaron sabores amargos asociados al mismo.

5. Conclusiones:

Realizando un análisis de los resultados obtenidos en el trabajo se puede concluir que los quesos salados en seco disminuyen significativamente la humedad, los quesos inmersos en agua otorgan sabores amargos, los quesos sin salar y los salados por inmersión, donde el efecto de enfriamiento y salado se combinan, lleva a un ascenso de pH que retarda la maduración y dificulta su fusión.

Es por ello que se propone, en el protocolo de elaboración de queso fresco de leche de oveja, enfriar las hormas en cámara a 4 ± 1 °C durante 24 horas y posteriormente salar por inmersión en una solución de salmuera entre el 5% y 15% durante un lapso de 1,5 a 3 horas por kilo de queso, para luego volver a la cámara y ser madurados por un período de 45 días.

6. Bibliografía:

Barrett, F. M.; Kelly, A. L.; McSweeney, P. L. H. y Fox, P. F. (1999) Use of exogenous urokinase to accelerate proteolysis in Cheddar cheese during ripening. *Int. Dairy J.* (9) 421-427.

Bradley R.L., Arnold E., Barbano D.M., Semerad R.G., Smith D.E. and Vines B.K. (1993). Chemical and physical methods. In R. Marshall, *Standard methods for the examination of Dairy Products* (433-531). American Public Health Association, Washington D.C.

- Candioti, M.C., E. Hynes, A. Quiberoni, S.B. Palma, N. Sabbag, C. Zalazar. (2002). Reggiano Argentine cheese: influence of *Lactobacillus helveticus* strains isolated from natural whey cultures on cheese making and ripening processes. *International Dairy Journal* 12, 926-931.
- FIL-IDF (1962) Formaggio e formaggio fuso. Determinazione della materia secca. Metodo di riferimento. N° 4:A.
- FIL-IDF (1993) Latte. Determinazione del tenore in azoto. Metodo di riferimento. N° 20:B. Brussels: International Dairy Federation.
- FIL-IDF (1997) Determination de la teneur en matiere grasse. Metodo di riferimento. N°152:A
- Grasas y Aceites Vol. 55. Fasc. 3, 296-302
- Gripon, J.C., Desmazeaud, M.J., Le Bars, D., Bergère J.L. (1975) Etude du rôle des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. II. Influence de la présure commerciale. *Le Lait*, 55, 502-516.
- Hynes, E. R.; Bergamini, C. V.; Suárez, V. B.; Zalazar, C. A. (2003) Proteolysis on Reggiano Argentine Cheeses manufactured with natural whey cultures and selected strains of *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 86, 3831-3840.
- Hynes, E., Meinardi, C. A., Sabbag, N., Cattaneo, T., Candioti M. C., & Zalazar, C. A. (2001). Influence of milk-clotting enzyme concentration on the α_{s1} casein hydrolysis during soft cheeses ripening. *Journal of Dairy Science*, 84, 1335-1340.
- Hynes, E.; Meinardi, C.A.; Candioti, M.; Sabbag, N.; Zualet, G.; Zalazar, C.; Costa, S. (1998). Elaboración y maduración de queso Cremoso Argentino adicionado con proteínas de suero. *Revista Argentina de Lactología* 10 (16) 13-23.
- Mercanti, D.; Wolf, I.; Meinardi, C.; Candioti, M. y Zalazar, C. (2004). Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino
- Milesi, M.M., McSweeney, P.L.H., Hynes, E.R. (2008). Impacto of chymosin- and plasmin-mediated primary proteolysis on the growth and biochemical activities of lactobacilli in miniature Cheddar-type cheeses. *Journal of Dairy Science*, 91, 3277-3290.
- Muthukumarappan, K., Wang, Y.C. and Gunasekarant, S. (1999) Short Communication: Modified Schreiber Test for Evaluation of Mozzarella Cheese Meltability. *J. Dairy Sci.*, **82**, 1068-1071.
- Prupp, A. H.; Stepaniak, L.; Sørhaug, T (2000). Chemometrical analysis of proteolytic profiles during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 10, 249-253.

94TCA. DESGRASADO DE AMARANTO POR MOLIENDA ABRASIVA

ROA ACOSTA D.F., BAEZA, R. I.; TOLABA M.P.

Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires - 1428- Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina - mtolaba@di.fcen.uba.ar

Resumen: Se estudió la molienda abrasiva del grano de amaranto como estrategia para obtener amaranto desgrasado. El desgrasado facilita el procesado del grano mediante molienda húmeda para la obtención de almidón y otros subproductos. El objetivo fue determinar las condiciones de molienda abrasiva más convenientes para reducir sustancialmente el contenido de grasa original (6,8%). Se realizaron ensayos según el diseño de Box Behnken siendo los factores: humedad del grano (8-12%), carga del molino (100-200g) y tiempo de molienda (30-90 minutos). El tiempo máximo se estableció considerando que tiempos más largos provocan el empastado del molino. Se analizaron los contenidos de grasa y proteína del grano desgrasado así como también se evaluaron los cambios de color del grano mediante fotolorimetría. Utilizando el método de superficies de respuesta se determinó el efecto de las condiciones de molienda abrasiva sobre: a) la reducción de grasa y proteína; b) la diferencia de color (ΔE) respecto del color original del grano. Se encontró que la carga (efecto lineal) y el tiempo (efecto cuadrático) afectaron significativamente los contenidos de grasa y proteína así como también el valor de ΔE . El efecto de la humedad del grano fue despreciable. La disminución de la carga y un mayor tiempo de molienda contribuyeron para un desgrasado más efectivo. Se comprobó la significativa correlación entre grasa y proteína ($r = 0,98$), ΔE y grasa ($r = 0,84$) y entre ΔE y proteína ($r = 0,85$). Para contenido graso superiores al 1,5 % se encontró una relación lineal satisfactoria entre nivel de grasa y ΔE ($r^2 = 0,9029$). De la optimización multirespuesta se obtuvieron las condiciones óptimas: 8% (humedad), 100 g (carga) y 85 min de molienda que proporcionaron un mínimo contenido de grasa (1,2%) y proteína (4,7%) y una máxima diferencia de color (22,6). A pesar de las dificultades asociadas a la medición de color en un sistema heterogéneo, la medida fotolorimétrica de la diferencia de color demostró ser eficaz para el seguimiento de la molienda abrasiva. Puede concluirse que la medición del ΔE , como medida del desgrasado se presenta como un método alternativo rápido y de fácil implementación respecto de las determinaciones químicas tradicionales.

1. Introducción:

El Amaranto es considerado un cultivo alternativo de promisorias características debido a la versatilidad para su producción y a sus cualidades nutricionales. Por su alto contenido proteico (12-18%) con excelente balance de aminoácidos, rico en lisina y 5-8% de lípidos ricos en escualeno (Jacobsen, 2003) constituye una fuente interesante para la obtención de productos derivados de alto valor alimenticio (Myers y Fox, 1997). El desgrasado del grano de amaranto es de interés en el procesamiento del grano mediante molienda húmeda para la obtención de almidón, fibra, fracción proteica y aceite. Sin embargo la degerminación mecánica del amaranto es un problema aún no resuelto que se ve dificultado debido al pequeño tamaño del grano (1 mm). Existen en la bibliografía algunos trabajos donde se han adaptado molinos de otros granos para el perlado de amaranto y

quinua. Entre ellos encontramos los trabajos de: Betschart y col. (1981), Myers y Fox (1997), Tosi et al. (2001), Nienke Lindeboom (2005) quienes procesaron amaranto ó quinua en un molino usado para cebada o bien desarrollaron prototipos de molinos y llevaron a cabo la molienda diferencial del grano y obtuvieron diferentes fracciones enriquecidas en proteína o almidón que pueden encontrar diversas aplicaciones en la industria alimentaria. Otra alternativa para lograr el “desgrasado del grano” pero mucho más costosa y aún no desarrollada a nivel industrial es la extracción supercrítica con CO₂ a alta presión (Westerman et al., 2006). La molienda abrasiva que provoca el perlado del grano surge como una operación preliminar necesaria para obtener fracciones con diferente composición química y como una herramienta para acondicionar el grano para la posterior extracción de almidón y proteína mediante la molienda húmeda.

La medición del color en alimentos es una técnica bastante extendida con diferentes propósitos, las variables de color (CIElab*, ΔE) ha sido utilizada para seguir el cambio del color durante diferentes procesamientos de productos (Khan, 2009, Liang, 2011). En particular en la molienda de arroz se utiliza el índice de blancura como una medida del mismo para establecer el tiempo de perlado (Yadal y Jindal, 2007).

2. Objetivos:

Por ello, el propósito de este trabajo fue 1) realizar ensayos de molienda abrasiva en un molino arrocero de laboratorio bajo diferentes condiciones de humedad del grano, carga del molino y tiempo de proceso; 2) determinar el contenido de grasa, proteína y diferencia de color (DE*); 3) Optimizar las condiciones de molienda para minimizar los contenidos de grasa y proteína y maximizar (DE*).

3. Método:

Material

Se empleo una variedad de amaranto obtenida en el mercado local que se almacenó a -18°C en bolsas de polietileno hasta utilizarlo para los ensayos de perlado. La humedad inicial del grano (12.00 %, b.s.) se determinó por triplicado según el método AOAC 925.10 (AOAC, 2000). El contenido de grasa inicial del grano (6,84%, b.s.) se determino según el método AOAC 925.12 (hidrólisis ácida). El contenido de proteína inicial del grano (15,50%, b.s.) se determino según el método AOAC 960.52 (micro Kjeldahl, $f = 5,85$).

Ensayos de molienda abrasiva

Se prepararon dos lotes de humedades inferiores (8% y 10%) por secado en estufa de convección forzada a 40°C. La molienda de los granos de amaranto se realizó en la cámara pulidora de un molino arrocero de laboratorio SUZUKI MT-95 (Brasil) con capacidad para 100 gramos de arroz. La cámara pulidora está provista de un disco de piedra que rota dentro de una carcasa cilíndrica donde se introducen los granos de amaranto. El desgrasado se obtiene por fricción entre la piedra y los granos así como también por la fricción de los granos entre sí. Se usó el diseño experimental de Box-Behnken (1960), la combinación de los factores se muestra en la Tabla 1. Los rangos de humedad (8% - 12% b.s.), carga (100g - 200g) y tiempo (30 min - 90 min) fueron seleccionados en base a ensayos previos en el molino arrocero.

Determinación de color

Se midieron las componentes L^* , a^* , b^* del espacio CIELAB en los granos perlados de amaranto, por medio de un espectrocolorímetro Model CM-508-d (Minolta Co., Japón) con esfera integradora. Se empleó el iluminante CIE D65, un campo de observación de 2° y se calibró previamente el instrumento con patrones negro y blanco provistos por el fabricante. Se calculó la diferencia de color ΔE^* CIE 1976 mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (1)$$

Donde $\Delta L^* = L_c^* - L_n^*$, $\Delta a^* = a_c^* - a_n^*$, $\Delta b^* = b_c^* - b_n^*$ El subíndice c corresponde al control (grano sin procesar) y el subíndice n a las muestras procesadas en el molino ($n = 1, 2, 3 \dots 15$).

Análisis estadístico

Para analizar el efecto de las condiciones del pulido abrasivo sobre el grano de amaranto, se empleó el método de superficies de respuesta (MSR). Las respuestas estudiadas (Y_K , $K = 1, \dots, p$) fueron ΔE y los contenidos de proteína y grasa. Las mismas se ajustaron en función de las variables del proceso codificadas (x_i , $i=1, \dots, n$) mediante el siguiente polinomio de segundo grado asociado al diseño experimental (Khuri y Cornell, 1987):

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n a_{ij} x_i x_j \quad (2)$$

Los coeficientes a_0 , a_i y a_{ii} representan los efectos: constante, lineales y cuadráticos, respectivamente, en tanto que los coeficientes a_{ij} representan el efecto de interacción entre los factores codificados x_i y x_j . Se adoptó una codificación lineal entre los variables reales y codificadas. Se empleó el paquete estadístico Statgraphics® (Statistical graphics Corporation, U.S.A.) para procesar los resultados obtenidos.

4. Resultados y discusión:

Ensayos de molienda

Los ensayos abrasivos se realizaron por duplicado de acuerdo al diseño experimental de Box-Behnken el cual se muestra en la **Tabla 1**. Puede apreciarse que el ensayo correspondiente al punto central del diseño se hizo por triplicado.

En la Tabla se incluyeron los valores de porcentajes de proteína y grasa obtenidos mediante análisis químicos. Puede apreciarse claramente que las condiciones del pulido abrasivo afectaron significativamente los porcentajes de proteína y grasa del grano de amaranto. El control corresponde al grano no procesado.

Las diferentes combinaciones experimentales de pulido abrasivo provocaron una reducción del contenido inicial de proteína comprendida entre el (10,3% - 68%) y una reducción en el contenido inicial de grasa entre el (7% - 77,5%).

La reducción mínima del contenido graso se obtuvo procesando 150 g de granos de amaranto con 12% de humedad en el molino por 30 minutos.

La condición experimental correspondiente a 10% de humedad, 100 g de carga y 90 minutos de molienda provocó la mayor eliminación de grasa en el grano.

Tabla 1. Contenido de proteína y grasa del amaranto para cada condición operacional.

EXP N°	Humedad (b.s.)	Carga (g)	Tiempo (min)	Proteína (%b.s)	Grasa (%b.s)
1	10	200	90	11,30	5,22
2*	10	150	60	9,26	4,10
3	12	200	60	9,35	4,13
4	12	150	30	13,90	6,36
5*	10	150	60	8,71	3,48
6	10	200	30	12,84	6,75
7	8	150	30	11,01	4,80
8	8	150	90	6,72	2,53
9	10	100	30	11,91	5,14
10	10	100	90	4,96	1,54
11	12	150	90	10,42	4,72
12	8	100	60	7,83	2,87
13	12	100	60	5,59	1,86
14	8	200	60	9,58	3,92
15*	10	150	60	9,71	4,73
Contro l	-----	-----	-----	15,5	6,84

* Triplicados del punto central.

Tabla 2. Valores de las funciones de color y ΔE^*

EXP N°	L*	A*	b*	ΔE^*
1	63,53	3,41	20,45	9,94
2*	70,54	1,56	17,14	17,28
3	67,81	2,76	21,24	12,40
4	62,64	3,72	24,36	6,38
5*	72,25	0,92	15,95	19,44
6	60,64	3,61	21,78	7,47
7	67,62	2,55	21,33	12,24
8	72,89	0,90	16,30	19,69
9	69,28	2,30	22,74	12,92
10	71,38	1,51	18,98	16,98
11	67,50	2,02	18,42	14,21
12	73,47	0,98	18,17	19,03
13	75,96	0,24	15,45	22,71
14	68,12	2,46	19,38	13,87
15*	71,96	1,09	16,37	18,92
Control	58,21	5,56	28,57	0,00

* Triplicados del punto central del diseño

Medición del color de los granos perlados

Los valores de las funciones de color L^* , a^* , b^* y ΔE^* (ec. 1) obtenidos mediante el análisis fotocolorimétrico se muestran en la **Tabla 2**.

Se puede observar claramente que las condiciones de abrasión modifican las funciones de color respecto al control no sometido a molienda abrasiva. La condición experimental N°13, provocó el máximo valor de ΔE^* , mientras que el mínimo correspondió a la condición N°4.

Análisis estadístico

El efecto de las condiciones abrasivas del molino sobre el contenido de grasa, proteína y ΔE^* , se determinaron mediante el método MSR. Los resultados se muestran en la Tabla 3, los coeficientes de determinación evidencian un ajuste satisfactorio ($r^2 > 0,87$) del modelo propuesto (Ec 2).

Tabla 3. Efectos de las condiciones abrasivas en el contenido de proteína, grasa y ΔE

Coeficiente		Proteína (%)	Grasa (%)	ΔE^*
Constante	a_0	9,227	4,103	18,546
Lineal	a_1	0,515 ^{NS}	0,369 ^{NS}	-1,142 ^{NS}
	a_2	1,598 ^{***}	1,076 ^{***}	-3,431 ^{***}
	a_3	-2,033 ^{***}	-1,130 ^{***}	2,663 ^{***}
Cuadrático	$a_{1,1}$	-0,440 ^{NS}	-0,484 ^{NS}	-0,060 ^{NS}
	$a_{2,2}$	0,503 ^{NS}	0,305 ^{NS}	-1,288 ^{NS}
	$a_{3,3}$	0,203 ^{NS}	0,158 ^{NS}	0,095 ^{***}
Interacción	$a_{1,2}$	-0,700 ^{NS}	-0,424 ^{NS}	-1,485 ^{NS}
	$a_{1,3}$	1,353 ^{NS}	0,518 ^{NS}	-0,271 ^{NS}
	$a_{2,3}$	1,725 ^{NS}	0,983 ^{NS}	-5,355 ^{NS}
Correlación	r^2	87,52	87,25	88,64

^a ***, **, * : Coeficiente significativo para intervalo de confianza de 99%, 95% y 90%, respectivamente; NS: coeficiente no significativo.

Se puede apreciar el significativo efecto lineal de la carga y el tiempo de abrasión en el contenido de proteína, grasa y ΔE^* , así como también el efecto cuadrático del tiempo de abrasión sobre el ΔE^* .

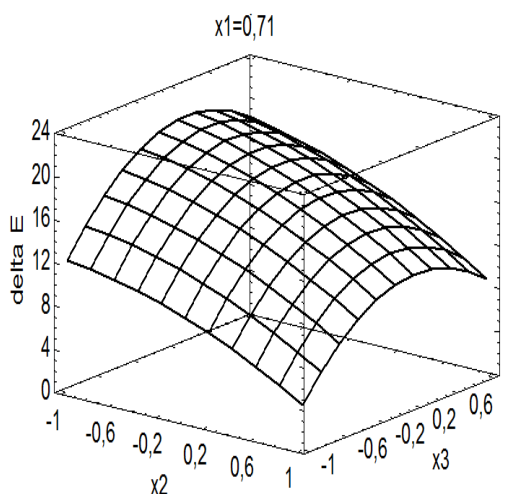


Figura 1. Superficie predicha del ΔE^* para la humedad fija (11,4% b.s) en función de carga (x_2) y tiempo (x_3) codificados.

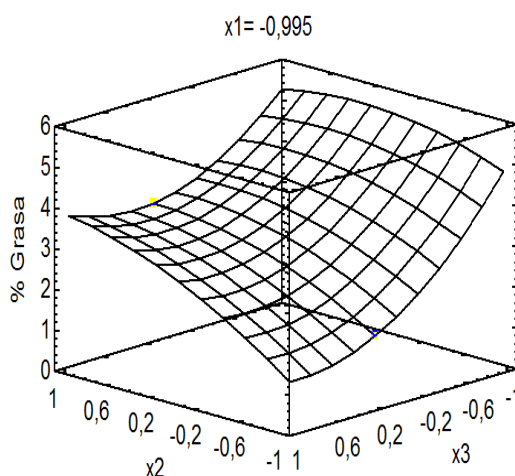


Figura 2. Superficie predicha para el %grasa para la humedad fija (8% b.s) en función de la carga (x_2) y tiempo (x_3) codificados

La **Figura 1** muestra la superficie predicha del ΔE^* en función de las condiciones de abrasión, puede observarse que el máximo valor ($\Delta E^* = 21,14$) se obtiene con 100 g de carga, un contenido de humedad del 11,42% b.s. y 69 minutos de molienda.

La **Figura 2** muestra la superficie predicha del contenido de grasa en función de las condiciones de abrasión, puede observarse que el mínimo valor ($\square \text{grasa} = 1,23$) se obtiene con 100 g de carga, humedad del 8% b.s. y 87,6 min de abrasión.

Con el fin de comparar los diferentes índices de seguimiento del perlado se analizaron las correlaciones entre los mismos. Se comprobó la significativa correlación, para el 95% de confianza, entre grasa y proteína ($r = 0,98$), ΔE y grasa ($r = 0,84$) y entre ΔE y proteína ($r = 0,85$).

Se obtuvo una relación lineal entre el contenido de grasa y proteína para todos los puntos del diseño ($r^2 = 0,9620$) y una relación lineal ($r^2 = 0,9029$) entre el ΔE y un contenido de graso superior a 1,54% (ec. 3).

$$\Delta E = 28,6874 - 3,31692 * \% \text{grasa} \quad (3)$$

Optimización multirespuesta

Para este análisis se consideraron los contenidos de proteína y grasa y los valores de ΔE . Mediante el programa Statgraphics®, se llevó a cabo dicha optimización y se encontró que las condiciones experimentales que minimizan la proteína (4,69%), la grasa (1,23%) y simultáneamente maximizan el valor de ΔE (22,6) son: 8% b.s. de humedad, 100 g de carga del molino y 85 minutos de molienda. En estas condiciones se obtendrán las muestras con los menores niveles de proteína, grasa y una mayor diferencia de color ΔE .

5. Conclusiones

El desgrasado del amaranto se realizó con éxito en un molino arrocero experimental si bien se requirió un tiempo prolongado de molienda (30-90 min) dado que el amaranto difiere del

arroz en tamaño y forma. El efecto de las condiciones de operación sobre el contenido de grasa, proteína y ΔE fueron modelados satisfactoriamente mediante el método MSR utilizando un polinomio de segundo grado. Los factores más influyentes fueron la carga del molino y el tiempo de operación. Se realizó también la optimización multirespuesta en base a los tres índices de seguimiento encontrándose que las condiciones óptimas de molienda abrasiva resultaron bajos valores de humedad y carga siendo el tiempo óptimo de 85 minutos. La diferencia de color (ΔE) se usó con éxito para el seguimiento de la molienda abrasiva del grano de amaranto. Este índice resultó equivalente a la medición del contenido de grasa encontrándose una relación lineal entre ambos índices.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, Argentina (Proyecto UBA-X471).

6. Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Official methods of analysis (17th ed.)
- Betschart A., I.D. Wood, A. Shepherd and R. Saunders (1981). Amaranthus cruentus: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and the effects of temperature on nutritional quality, Journal of food science Vol. 46, pp. 1181-1184
- Box, G. and D. Behnken (1960). Some new three level designs for the study of quantitative variables, Technometrics Vol. 2, pp. 455-475
- Jacobsen, S.E. (2003) The worldwide potential for amaranth. Food Rev. Int., 19, 167
- Khuri, A.I. and J.A. Cornell (1987). Response surfaces: designs and analyses. New York: Marcel Dekker, Inc. Ahmed J.
- Liang Z. (2011). CIELAB coordinates in response to berry skin anthocyanins and their composition in Vitis. Vol 76
- Khan, M. (2009). CIELAB color variables as indicators of compost stability. Volume 29, Issue 12, December 2009, Pages 2969-2975
- Myers D.J. and S.R. Fox (1997). Alkali wet-milling characteristics of pearled and unpearled amaranth seed. Cereal Chemistry. Vol. 71, pp. 96-99.
- Nienke Lindeboom. (2005). Studies on the characterization, biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa (Chenopodium quinoa willd) A Phd Thesis Dep. of Applied Microbiology and Food Sci., University of Saskatchewan, Saskatoon
- Tosi E.A., E. Ré, H. Lucero and R. Masciarelli (2001). Acondicionamiento del grano de amaranto (Amaranthus spp.) para la obtención de una harina hiperproteica mediante molienda diferencial. Food Science Tech, Vol. 6, pp. 433-438.
- Westerman D. Santos R.C.D Bosley J.A. Rogers J.S., Al-Duri B. (2006). Extraction of Amaranth seed oil by supercritical carbon dioxide. J. of Supercritical Fluids 37 , 38-52
- Yadav B.K. and V.K. Jindal (2007). Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza sativa* L.) Vol. 86, pp. 113-121.

95TCA. CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES Y ESTUDIO DE SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO PATEGRÁS ARGENTINO

WOLF, I.; REBECHI, S.; VÉNICA, C.; PEROTTI, M.

Instituto de Lactología Industrial – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional del Litoral.

vwolf@fiq.unl.edu.ar

Resumen: El flavour de los quesos está asociado a un delicado balance cuali y cuantitativo de un gran número de compuestos generados durante la maduración, siendo un atributo característico de cada variedad.

El queso Pategrás es un típico queso semiduro elaborado comúnmente con la adición de bacterias propiónicas, responsables de los característicos ojos. En el presente trabajo se propone caracterizar los perfiles de compuestos volátiles de quesos Pategrás comerciales y de quesos elaborados a escala piloto, analizando en este último caso la evolución de los compuestos volátiles durante la maduración, a fin de establecer el rol de las bacterias propiónicas en la generación de compuestos de flavour.

Diez muestras de quesos Pategrás comerciales fueron analizadas en cuanto a los parámetros de composición global y grado de maduración con métodos normalizados, y respecto a los perfiles de compuestos volátiles usando la microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a GC-FID/MS. Por otra parte, se elaboraron a escala piloto quesos Pategrás con adición de bacterias propiónicas, los cuales se muestrearon en cuatro oportunidades y se analizó la composición de volátiles.

Los quesos comerciales presentaron parámetros fisicoquímicos que resultaron normales para esta variedad. En los perfiles de volátiles se identificó un total de 38 compuestos, presentando los ácidos, principalmente acético, propiónico y butírico, un claro predominio en la fracción volátil. Otros grupos importantes de compuestos fueron los alcoholes y las cetonas y en menor medida los ésteres.

El estudio del perfil de volátiles durante la maduración reveló el incremento de algunos compuestos en el período analizado, particularmente los ácidos de cadena corta.

De acuerdo a estos resultados, las bacterias propiónicas tendrían un rol fundamental en la formación de compuestos claves en el flavour de esta variedad, lo cual se encuentra en concordancia con información publicada para quesos tipo suizos.

1. Introducción:

El flavour es un atributo sensorial de enorme importancia para la aceptabilidad de los quesos por parte de los consumidores, estando asociado a un delicado balance cualitativo y cuantitativo de un gran número de compuestos que se generan en el curso de la maduración principalmente por acción enzimática.

Los perfiles de compuestos volátiles y particularmente las relaciones de concentración entre los mismos han demostrado ser característicos de cada tipo o variedad de queso (Bosset et al., 1993), siendo considerados como huellas digitales. Por esta razón, múltiples investigaciones se han llevado a cabo tanto sobre la caracterización de la fracción aromática de los quesos como respecto a la incidencia de diversos factores relacionados a los insumos empleados, tecnología de elaboración y condiciones de maduración, en la fracción aromática y el flavour.

En nuestro país, recientemente se han comenzado estudios de caracterización de los compuestos volátiles en quesos, los cuales se han centrado en las variedades Reggianito y

azules. Sin embargo, no se dispone de este tipo de información en otros quesos de interés comercial.

El queso Pategrás es un queso de pasta semidura muy popular de la Argentina. El origen de los quesos de pasta semidura prensada semicocida con ojos, dentro de los que se encuentran el queso Pategrás, se remonta a los inicios del siglo XX, influenciada por los inmigrantes europeos especialmente franceses, italianos y suizos. La práctica tradicional para obtener un queso con ojos se basaba en aplicar un proceso de saneamiento térmico suave de la leche (60°C/1min.) en la tina de elaboración, para que la microflora heterofermentativa natural de la misma, dentro de las que se encuentran las bacterias propiónicas, resistan este proceso. Sin embargo, una práctica creciente lo constituye la adición de bacterias propiónicas como fermento secundario con el objeto de estandarizar las características fisicoquímicas y sensoriales de los productos obtenidos. Por esta razón la mayoría de las marcas de quesos Pategrás que se encuentran actualmente en el mercado, presentan los característicos ojos asociados al desarrollo de estos microorganismos. Asimismo, las bacterias propiónicas son las responsables de los ojos redondos y regulares y el sabor suave y dulce característico de los quesos suizos (ejemplo: Emmental, Gruyère, etc).

Debido a que la adición de bacterias propiónicas al queso Pategrás es una práctica reciente, no se disponen de datos fisicoquímicos, y ningún estudio se ha realizado para caracterizar la fracción aromática y analizar el rol de las bacterias propiónicas en el perfil de compuestos volátiles de esta variedad.

2. Objetivos:

1. Caracterizar los perfiles de compuestos volátiles de quesos Pategrás comerciales.
2. Evaluar la evolución de los compuestos volátiles durante el curso de la maduración de quesos de esta variedad elaborados a escala piloto.

3. Materiales y métodos:

Quesos comerciales

Se analizaron 10 muestras de quesos Pategrás comerciales de marcas de primera línea. Para efectuar el muestreo se descartó la corteza y las muestras fueron procesadas empleando un procesador de alimentos y conservadas a -18°C hasta su análisis.

Elaboración de quesos Pategrás adicionados con bacterias propiónicas

La leche cruda utilizada en la elaboración (V=150L) fue primeramente pasteurizada a 65°C durante 20min, y enfriada a 37°C. Posteriormente se agregó cloruro de calcio (0.14g/L de leche) y el fermento compuesto por *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* y bacterias propiónicas (60:10:30) (Chr. Hansen, Argentina). Por último, y luego de 10 minutos del agregado del fermento, se adicionó el coagulante genético (Chymax, Chr. Hansen, Argentina) (0,35 ml/L de leche), de manera de producir la coagulación en un tiempo de 10min. Una vez que la cuajada alcanzó la consistencia adecuada se procedió al lirado hasta obtener un tamaño de grano de maíz. A continuación se extrajeron 30 litros del suero sobrenadante para reemplazarlo por agua a 37°C (lavado de la cuajada). Después de 10min se comenzó a agitar suavemente la cuajada, elevando la temperatura a razón de 0,5°C/min hasta alcanzar los 49°C. Luego se interrumpió la agitación y se dejó decantar la cuajada, la cual posteriormente se colocó en moldes y se procedió a su prensado durante 18 a 20hs. El salado de los quesos se realizó por inmersión en salmuera al 20% mantenida a 12°C, durante un tiempo que correspondió a 2hs/Kg de queso. Finalizado este proceso, las hormas de queso se dispusieron en la cámara de maduración (12°C y 78% HR)

permaneciendo por un periodo de 14 días, al cabo del cual se colocaron en una cámara caliente a 25°C durante aproximadamente 15 días (hasta observar la formación de un ligero hinchamiento en la parte superior de los quesos). Finalmente se volvieron a colocar las hormas en la cámara de 12°C durante 30 días para completar el proceso de maduración. Se obtuvieron 3 quesos de aproximadamente 4Kg que fueron muestreados en cuatro oportunidades después de la salida de la cámara caliente (30, 40, 50 y 60 días).

Análisis fisicoquímicos de los quesos

Los parámetros fisicoquímicos de composición global (pH, humedad, materia grasa y proteína) y grado de maduración, se determinaron por duplicado. El pH se analizó según método APHA (Bradley et al., 1993). El contenido de humedad y de proteínas se efectuó según normas de la Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF, 1982 y 1993), y para la materia grasa se utilizó el método de Gerber-van Gulik (ISO, 1975). El grado de maduración (GM), que se define como la relación porcentual entre la fracción de nitrógeno soluble a pH 4,6 (Ns pH-4,6) y el nitrógeno total, se efectuó según Bernal et al. (2000).

Análisis de compuestos volátiles por SPME-GC-FID/MS

Aislamiento de los compuestos volátiles: Se aplicó la microextracción en fase sólida (SPME) como metodología de aislamiento de los compuestos volátiles, empleándose una fibra DVB/Car/PDMS 50/30µm de 1cm de longitud (Supelco, Bellefonte, USA).

Para llevar a cabo el muestreo por SPME primeramente se pesaron 5g de queso en recipientes de vidrio de 30ml, los cuales se cerraron con un tapón de goma y un sello de aluminio y se sellaron manualmente en forma hermética. Posteriormente los viales se colocaron en un baño de agua a 40°C durante 10min. Luego de este tiempo se expuso la fibra en el *headspace* de la muestra durante 15min.

Análisis por Cromatografía Gaseosa-Detector de Ionización de llama (GC-FID): Los analitos retenidos en la fibra fueron desorbidos en el puerto de inyección (modo splitless) de un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Model 9000) acoplado a un FID. La desorción se realizó por 5 minutos a 250°C y los compuestos fueron separados en una columna HP-Innowax 60m x 0.25mm x 0.25µm (Agilent Technologies J&W, USA) empleándose el siguiente programa de temperatura del horno: 45°C (4min), 5°C/min hasta 150°C (3min), 10°C/min hasta 250°C (5min). La temperatura del detector se programó a 290°C. Como gas carrier se empleó H₂ (2ml/min).

La identificación de los picos se realizó calculando los índices de retención lineal (LRI) de los compuestos y comparándolos con valores de bibliografía. Los análisis fueron realizados por duplicado.

Análisis por Cromatografía Gaseosa-Espectrometría de Masas (GC-MS): Para confirmar la presencia de los compuestos tentativamente identificados en los perfiles cromatográficos obtenidos por GC-FID, las muestras se analizaron por GC-MS utilizando un GC Varian CP-3800 acoplado a un MS Varian Saturn 2000.

Las condiciones de muestreo por SPME y de desorción de los compuestos fueron las mismas que las empleadas en el análisis por GC-FID. La separación de los analitos se realizó en una columna VF-5ht, 30m x 0.25mm x 0.10µm. La línea de transferencia se mantuvo a 250°C. Las condiciones operativas del MS fueron: Ionización por impacto electrónico a 70eV; rango de adquisición de fragmentos: 40 a 350amu; velocidad de escaneo: 0.50scan/s. Como gas carrier se empleó He (1ml/min).

Para la identificación de los picos los espectros de los compuestos fueron comparados con la librería de espectros del software (NIST98, USA).

Interpretación de los perfiles cromatográficos: Los picos identificados por GC-FID y confirmados por GC-MS fueron integrados, promediados y expresados en unidades arbitrarias de áreas. Posteriormente los valores de las áreas de cada compuesto fueron corregidos por el factor de respuesta del FID (relación área/unidad de concentración) los cuales se calcularon a partir de curvas de calibrado preparadas con soluciones de concentración conocida de los compuestos patrones.

4. Resultados y discusión:

Parámetros fisicoquímicos de los quesos Pategrás comerciales

Los valores de porcentajes de humedad y de materia grasa en el extracto seco de las 10 muestras analizadas oscilaron entre 36 y 41%, y 45 y 51%, respectivamente. Los mismos se consideraron normales ya que se encontraron dentro de los valores establecidos en el artículo 605 del Código Alimentario Argentino para quesos semiduros y grasos (ANMAT, 2011). El rango de pH observado fue de 5,3 - 5,8, el contenido de proteínas se encontró entre 25 y 32% y el grado de maduración varió desde 13% hasta 32%.

Perfil de compuestos volátiles de los quesos Pategrás comerciales

Un total de 48 compuestos volátiles pertenecientes a las familias químicas de los aldehídos (5), cetonas (9), alcoholes (13), esterés (7), ácidos (12) e hidrocarburos (2) fueron identificados en los quesos Pategrás comerciales. Los compuestos encontrados en las muestras se han informado presentes en quesos suizos tales como el Gruyère y el Emmental (Rychlik & Bosset, 2001a,b; Curioni & Bosset, 2002; Thierry et al., 2004, 2005). En la **Figura 1** se muestran los valores porcentuales de los distintos grupos de compuestos calculados respecto al total de compuestos identificados.

Con excepción de la muestras M3 y M5, los ácidos representaron el grupo mayoritario, con valores comprendidos entre el 26% y el 72%. Dentro de este grupo se identificaron principalmente ácidos grasos de cadena lineal de número par (C_2 a C_{12}), e impar de átomos de carbono (C_3 a C_7) y ácidos ramificados (2-metil propanoico y 3-metil butanoico). Respecto del área total de ácidos, el ácido propiónico alcanzó porcentajes superiores al 60% en la mayoría de las muestras analizadas, denotando la incidencia del mismo en la fracción ácida.

Los ácidos acético, propiónico y butírico y algunos ácidos ramificados como el 2- y 3-metil butanoico son considerados compuestos claves en el flavour de quesos suizos (Bosset et al., 1993; Engels et al., 1997; Rychlik & Bosset, 2001a,b; Curioni & Bosset, 2002).

Distintas vías metabólicas conducen a la presencia de estos compuestos en los quesos: los ácidos de cadena lineal y número par de átomos de carbono desde C_4 (ácido butírico) a C_{12} (ácido dodecanoico) pueden producirse a partir de la hidrólisis de la materia grasa o lipólisis, los ácidos etanoico (o acético) y propanoico (o propiónico) pueden generarse a partir de la degradación del ácido láctico por acción de las bacterias propiónicas y los ramificados se producen principalmente a partir del catabolismo de los aminoácidos (McSweeney & Sousa, 2000)

Otros dos grupos cuantitativamente importantes fueron los alcoholes y las cetonas. En aproximadamente el 60% de las muestras los alcoholes presentaron porcentajes entre el 20% y el 55%, mientras que en el caso de las cetonas, la mayoría de las muestras alcanzaron valores superiores al 10%. Particularmente elevados fueron los porcentajes de alcoholes en las muestras M3 y M5 y de cetonas en la muestra M8.

Dentro del grupo de las cetonas se identificaron principalmente metilcetonas (C_3 a C_{11}), 2,3-butanodiona (o diacetilo) y 3-hidroxi 2-butanona (o acetoína). Las metilcetonas se originan a partir del catabolismo de los ácidos grasos, mientras que el diacetilo y la acetoína tienen diversos orígenes asociados a la fermentación de la lactosa, el metabolismo

del citrato y el catabolismo de algunos aminoácidos (McSweeney & Sousa, 2000). En 8 de las 10 muestras analizadas, la acetoína fue la cetona mayoritaria, con valores superiores al 50% respecto al total de cetonas. Este compuesto es el producto de reducción del diacetilo, el cual es considerado clave en el aroma de quesos suizos (Preininger & Grosch, 1994; Curioni & Bosset, 2002).

El grupo de los alcoholes fue el más diversificado, habiéndose detectado principalmente alcoholes lineales primarios (etanol, 1-propanol, 1-butanol, etc.), secundarios (2-propanol, 2-pentanol y 2-heptanol), ramificados (3-metil 1-butanol y 2-etil 1-hexanol) y un alcohol aromático (bencílico). El más abundante en todas las muestras resultó el etanol, el cual se ha informado como el alcohol mayoritario en muchas variedades de quesos y aunque no tiene un rol clave en el aroma, su importancia radica en el hecho que está involucrado en la síntesis de ésteres.

Los ésteres y aldehídos fueron dos grupos minoritarios de compuestos y sus porcentajes no superaron el 8% en la totalidad de muestras analizadas. Dentro del grupo de los aldehídos se identificaron aldehídos lineales (acetaldehído), ramificados (2- y 3-metil butanal) y aromáticos (benzaldehído y bencenacetaldéhído). La presencia de los aldehídos ramificados y aromáticos se asocia al catabolismo de los aminoácidos, siendo considerados importantes contribuyentes al aroma de los quesos suizos (Preininger & Grosch, 1994; Rychlik & Bosset, 2001a; Thierry et al., 2005).

Respecto de los ésteres se identificaron principalmente ésteres etílicos, lo cual es consecuencia directa del hecho que el etanol fue el alcohol mayoritario de las muestras. Es importante notar que en el presente trabajo se identificó el propanoato de etilo y en algunas muestras resultó el éster mayoritario. Este compuesto usualmente no es detectado entre los compuestos volátiles de los quesos, en razón que su precursor, el ácido propanoico, es un compuesto minoritario en los mismos. En el caso de los quesos adicionados con bacterias propiónicas, la producción de ácido propanoico posibilita la síntesis del éster, el cual resulta característico de esta variedad (Thierry et al., 2005). En quesos suizos se piensa que los ésteres contribuyen al flavour con notas dulces y frutales (Engels et al., 1997; Curioni & Bosset, 2002; Thierry et al., 2005).

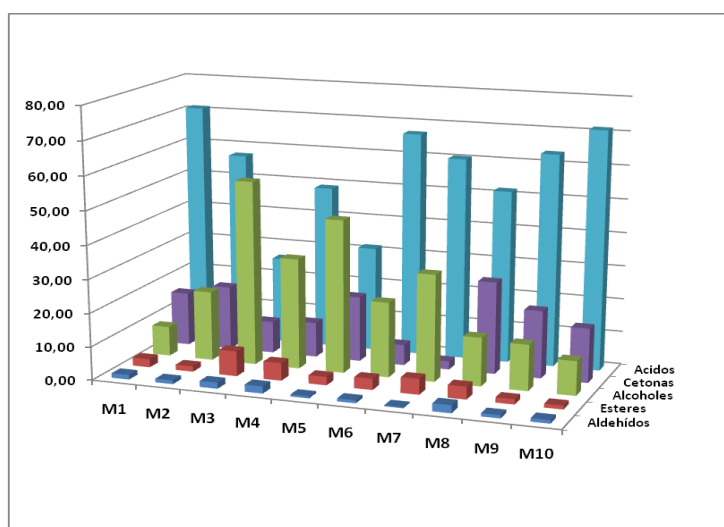


Figura 1. Valores porcentuales de los distintos grupos de compuestos en las muestras de quesos Pategrás comerciales

Evolución de los compuestos volátiles durante la maduración

Se ha establecido que probablemente el rol primario de las bacterias propiónicas durante la maduración se encuentra asociado a la fermentación del ácido láctico a ácido acético, propiónico y CO₂, aunque recientes investigaciones han sugerido un rol importante en la liberación de ácidos a partir de la grasa y en la formación de otros compuestos volátiles (Thierry et al., 2004; 2005).

Debido a que el desarrollo de las bacterias propiónicas se produce a partir que los quesos se colocan en la cámara caliente, el muestreo de los mismos se realizó en cuatro oportunidades luego que salieron de la cámara caliente y hasta el final de la maduración. Por lo cual, los cambios en el perfil de compuestos volátiles durante este período se podrían adjudicar preponderantemente a las actividades metabólicas de estos microorganismos.

Un total de 30 compuestos volátiles (3 aldehídos, 8 cetonas, 9 alcoholes, 1 éster y 9 ácidos) fueron identificados. El análisis de la evolución de los mismos en el curso de la maduración mostró diversos comportamientos. Para los compuestos carbonílicos, los niveles de 2-metil butanal, bencenacetaldehído, 2-propanona, 2-butanona y 2-nonanona permanecieron prácticamente invariables durante el período analizado. El acetaldehído alcanzó un valor máximo hacia los 40ds de maduración, para luego decrecer y volver a incrementarse hacia el final del proceso. La pentanona, por su parte, aumentó la concentración a lo largo de la maduración. El diacetilo y su producto de reducción, la acetoína, presentaron comportamientos opuestos. Mientras el diacetilo aumentó sus niveles hacia los 50 días para después disminuir, la acetoína decreció hacia los 50 días para después aumentar.

Los niveles de alcoholes en general no mostraron grandes variaciones en el período evaluado. Sólo ligeros incrementos se observaron para el 1-propanol y 1-butanol. El etanol presentó un comportamiento errático, disminuyendo considerablemente hacia los 40 días, para luego aumentar.

Los cambios que se observaron en el grupo de los ácidos se muestran en la **Figura 2**. Como ya fue señalado, los ácidos de mayor impacto en el flavour de quesos adicionados con bacterias propiónicas tales como el acético, propiónico, butanoico y hexanoico, mostraron en general importantes incrementos durante el período de maduración analizado. Sólo el ácido acético disminuyó ligeramente hacia los 60 días. Este comportamiento resultó concordante con los datos reportados por Bosset et al., (1993) quienes analizaron la fracción ácida de quesos Gruyère durante la maduración.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, las bacterias propiónicas tienen un rol principal en la producción de ácidos tanto proveniente de fermentación como lipólisis, y en menor medida de otros compuestos tales como algunos alcoholes, la 2-pentanona y el diacetilo. Estos resultados están de acuerdo con estudios llevados a cabo recientemente por Thierry et al. (2004; 2005), quienes analizaron la incidencia de las bacterias propiónicas en los perfiles de compuestos volátiles de quesos tipo suizos. Ellos observaron que las concentraciones de los ácidos carboxílicos (tanto de cadena lineal como ramificados), ésteres (principalmente de los ácidos propiónico y acético) y algunas cetonas y alcoholes fueron significativamente mayores en la presencia de este grupo microbiano.

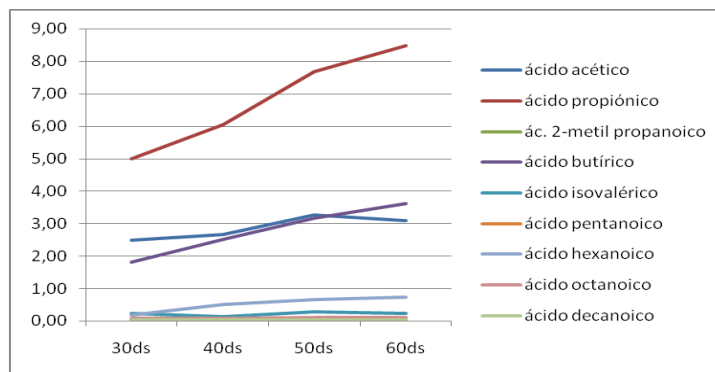


Figura 2: Evolución de los compuestos del grupo de los ácidos (unidades de concentración versus tiempo de maduración)

5. Conclusión:

El presente estudio constituyó un primer aporte a la caracterización fisicoquímica y del perfil de compuestos volátiles del queso Pategrás, un típico queso semiduro de gran consumo en nuestro país, elaborado con la adición de bacterias propiónicas.

El análisis fisicoquímico de las muestras de quesos comerciales mostró que los parámetros de composición global resultaron normales para esta variedad y grado de maduración presentó una amplia variabilidad. En cuanto a los perfiles de compuestos volátiles de las muestras comerciales se identificaron un total de 48 compuestos pertenecientes a las familias de los ácidos, cetonas, alcoholes, ésteres y aldehídos, los cuales han sido reportados en quesos suizos. Los ácidos representaron el grupo de compuestos mayoritarios, siendo el ácido propiónico el de mayor incidencia. Dicho compuesto es característico del metabolismo de las bacterias propiónicas.

Por otra parte, el estudio de la evolución de los compuestos volátiles durante la maduración de quesos elaborados a escala piloto reveló el incremento de algunos compuestos en el periodo analizado, particularmente los ácidos grasos de cadena corta. Estos resultados muestran el rol fundamental de las bacterias propiónicas en el desarrollo del característico flavour de este tipo de quesos y plantea la necesidad de profundizar en la relación entre cepas de estos microorganismos y formación de compuestos a fin de seleccionar aquellas que otorguen las mejores características sensoriales de los quesos.

6. Bibliografía

- ANMAT (2011). Código Alimentario Argentino. Cap. VIII: Alimentos lácteos. Actualizado a junio de 2011. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- Bernal, S.; Palma, S.; Hynes, E.; Perotti, M. C. (2000). Determinación de fracciones nitrogenadas para el seguimiento de la maduración de quesos. *Revista Argentina de Lactología*, 20, 9-18.
- Bosset, J.O.; Collomb, M.; Sieber, R. (1993). The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. IV. The acidic volatile components and their changes in content during ripening. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 26, 581-593.
- Bradley, R. L.; Arnold, E.; Barbano, D. M.; Semerad, R. G.; Smith, D.E.; Vines, B. K. (1993). Standard methods for the examination of dairy product (Ed.: Marshall, R.). American Public Health Association (APHA), Washington, USA, pág. 433-531.
- Curioni, P.; Bosset, J. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry (Review). *International Dairy Journal*, 12, 959-984.

- Engels, W.J.; Dekker, R.; de Jong, C.; Neeter, R.; Visser, S. (1997). A comparative study of volatile compounds in the water-soluble fraction of various types of ripened cheese. *International Dairy Journal*, 7, 255-263.
- FIL-IDF (1993). Latte. Determinazione del tenore in azoto. Metodo di riferimento N° 20 B. International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pág. 74-107.
- FIL-IDF (1982). Formaggio e formaggio fuso. Determinazione della materia secca. Metodo di riferimento N° 4 A, International Dairy Federation, Bruselas, Bélgica, pp.184-188.
- ISO, International Organization for Standardization (1975). Cheese. Determination of fat content Van Gulik method. ISO N° 3433, Geneva, Switzerland.
- McSweeney, P.; Sousa, M. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80, 293-324.
- Preininger, M; Grosch, W. (1994). Evaluation of key odorants of the neutral volatiles of Emmentaler cheese by the calculation of odour activity values. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 27, 237-244.
- Rychlik, M.; Bosset, J. (2001a). Flavour and off-flavour compounds of Swiss Gruyère cheese. Evaluation of potent odorants. *International Dairy Journal*, 11, 895-901.
- Rychlik, M.; Bosset, J. (2001b). Flavour and off-flavour compounds of Swiss Gruyère cheese. Identification of key odorants by quantitative instrumental and sensory studies. *International Dairy Journal*, 11, 903-910.
- Thierry, A.; Maillard, M-B.; Hervé, C.; Richoux, R.; Kerjean, J-R.; Lortal, S. (2004). Varied volatile compounds are produced by *Propionibacterium freudenreichii* in Emmental cheese. *Food Chemistry*, 87, 439-446.
- Thierry, A.; Maillard, M-B.; Richoux, R.; Kerjean, J-R.; Lortal, S. (2005). *Propionibacterium freudenreichii* strains quantitatively affect production of volatile compounds in Swiss cheese. *Lait*, 85, 57-74.

**ÁREA QUÍMICA,
PETROQUÍMICA Y
MINERALURGIA**

TRABAJOS COMPLETOS

ÍNDICE

01TCQ. ANÁLISIS DE FALLA EN LAS UNIONES DE CAÑERÍAS PLÁSTICAS POR TERMO Y ELECTROFUSIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ENSAYOS NORMALIZADAS.	4
02TCQ. HIDRÓLISIS PARCIAL COMO PROCEDIMIENTO PARA SEPARAR PÉPTIDOS DEL CUERO	11
03TCQ. LIXIVIACION DE ORO CON TIOSULFATO COMO UN ALTERNATIVO AL CIANURO DE SODIO	17
04TCQ. PREPARACION DE FERROFLÚIDOS BIOCOMPATIBLES CON MAGNETITA NANOMÉTRICA DOPADA CON Zn.....	23
05TCQ. CRISTALIZACIÓN ISOTÉRMICA DE POLI (ϵ -CAPROLACTONA) EN COPOLÍMEROS BLOQUE.....	29
06TCA. UTILIZACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ACIDO SULFURICO	35
07TCA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN	42
08TCA. DEGRADACIÓN DE BENCENO UTILIZANDO CATALIZADOR DE HIERRO SOPORTADO EN UNA ZEOLITA NATURAL	49
09TCQ. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE COBRE EN LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE FERRITAS DE NÍQUEL-CINC.....	56
10TCQ. ESPECIES POLIATÓMICAS CON INTERACCIONES LATERALES SOBRE SUSTRATOS HETEROGÉNEOS. 62	
11TCQ. ANÁLISIS DE NÚCLEOS “HONEYCOMB” ELABORADOS MEDIANTE UN NUEVO PROCEDIMIENTO ..	69
12TCQ. PREDICCIÓN DE LA MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR GEOMÉTRICAS DE DISTRIBUCIONES DE TAMAÑOS EN UN CIRCUITO DE GRANULACIÓN	74
13TCQ. OPTIMIZACIÓN DINÁMICA DE LA TRANSICIÓN ENTRE ESTADOS ESTACIONARIOS EN UN CIRCUITO DE GRANULACIÓN DE UREA.....	82
14TCQ. GRANULACIÓN FUNDIDA DE UREA EN LECHO FLUIDO: INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE FLUIDIZACIÓN Y EL CAUDAL DE FUNDIDO	89
15TCQ. CORRELACION Y PREDICCIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE LÍQUIDOS IÓNICOS MEDIANTE UNA ECUACIÓN DE ESTADO	96
16TCQ. SELECCIÓN DE DATOS Y ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA DE FUSIÓN NORMAL DE LÍQUIDOS IÓNICOS UTILIZANDO UN MÉTODO BASADO EN CATIONES HOMÓLOGOS	103
17TCQ. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL ACEITE DE COLZA Y ESTUDIO DE ETAPAS DE REFINACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE BIODIESEL.	110
18TCQ. EMPLEO DE DIAGRAMAS TRIANGULARES EN EL DISEÑO DE PROCESOS SEPARATIVOS.	116
19TCQ. ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO SIMULADO. PARTE B – EFECTOS ELÉCTRICOS EN SOLUCIONES POLIMÉRICAS.....	122
20TCQ. ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO SIMULADO. PARTE A - DESPLAZAMIENTO DE VASELINA.....	129
21TCQ. DECAIMIENTO EXPONENCIAL DE LA AMORTIGUACIÓN EN EL GOLPE DE ARIETE	136
22TCQ. ENCAPSULADOS DE MINERALES EMPLEANDO ALGINATO DE SODIO	144
23TCQ. ESTIMACIÓN DE DENSIDAD MEDIANTE ÍNDICE DE CONECTIVIDAD MÁSCO EN LÍQUIDOS IÓNICOS PRÓTICOS POLIELECTROLÍTICOS.....	151
24TCQ. LOCALICAZIÓN ÓPTIMA DE SENSORES PARA DETECCIÓN DE FALLAS	156
25TCQ. CÁLCULO TERMODINÁMICO DE EQUILIBRIO DE FASE DE UN SISTEMA TERNARIO A ALTA PRESIÓN. OPTIMIZACIÓN MEDIANTE COLONIA DE HORMIGAS	163

26TCQ. DISEÑO DE REDES DE SENSORES UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRUPAMIENTO Y BÚSQUEDA POR ENTORNOS VARIABLES	170
27TCQ. UTILIZACIÓN DE CAOLÍN CALCINADO COMO PUZOLANA: DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE CALCINACIÓN.	177
28TCQ. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UN LECHO FLUIDIZADO CÓNICO DE PARTÍCULAS GELDART EN 2D Y 3D POR FLUIDODINÁMICA COMPUTACIONAL.....	183
29TCQ.EVALUACIÓN POR CFD DEL COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO EN REACTORES DE LECHO FIJO CON BAJA REALACIÓN DE ASPECTO	191
30TCQ. CATALIZADORES NOVEDOSOS DE PTRU CON NANOTUBOS DE CARBÓN PARA LA ELECTROOXIDACION DE METANOL	198
31TCQ. BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS (AVUs)	203
32TCQ. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS FINAS	212
33TCQ. LÍQUIDO IÓNICO PRÓTICO 2-HIDROXIETANOLAMIN FORMIATO (2-HEAF) PARA DESHIDRATACIÓN DE METIL TERT-BUTIL ETER (MTBE).....	219
34TCQ. NOVEDOSO COMPOSITE BIOACTIVO PARA REGENERACIÓN DE TEJIDO ÓSEO	229

01TCQ. ANÁLISIS DE FALLA EN LAS UNIONES DE CAÑERÍAS PLÁSTICAS POR TERMO Y ELECTROFUSIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ENSAYOS NORMALIZADAS.

FURLANI A.¹, MARTINEZ F.¹, BERNASCONI M.¹, DEL PÓPOLO M.¹,
FRETES M.¹, LUCAS H.¹, CHINI M.¹ y SANTAMARINA S.¹

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario,
(5500) Mendoza. Teléfono 0054-261 4135000 int. 2192.

E-mail: amfurlani@uncu.edu.ar

Resumen. Los distintos elementos de una red de distribución de gas de media presión, fabricados con polietileno, se unen y constituyen un conjunto perfectamente estanco mediante dos procedimientos: termo y electrofusión. Para garantizar la seguridad ambiental y la confiabilidad del servicio, dichas uniones se complementan con ensayos normalizados para verificar la calidad del material empleado y certificar la pericia de los fusionistas. Mediante el estudio y mejora de algunas técnicas de dichos ensayos, tanto destructivos como no destructivos, se podrán generar metodologías de trabajo que permitirán la determinación de las causas de falla en servicio de las muestras analizadas, según el equipamiento disponible en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería. Lo cual prevé también la formación y entrenamiento de un equipo de trabajo, que en conjunto permitirá la vinculación con Empresas de la industria del gas, con el objeto de ofrecerles un servicio optimizado en el que se obtenga un diagnóstico de falla de cada unión analizada para prevenir futuros eventos de falla, mediante el uso de las técnicas de análisis que son objeto de estudio en este trabajo.

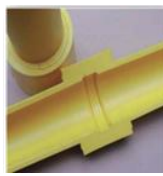
Palabras Clave: Análisis de falla-Polietileno-Ensayos-Análisis de fallas-Redes de gas

1. Introducción

En la actualidad, las tuberías de polietileno son una excelente alternativa para el transporte y distribución de gas natural, gas manufacturado u otros gases derivados del petróleo en instalaciones para media y baja presión (con máximo de 4 bares) [1], dadas las características ventajosas de este material respecto a otros. Al unir las partes para formar un conjunto perfectamente estanco, se utilizan dos tipos de procesos: termo y electrofusión. Los mismos, a fin de garantizar la calidad del material empleado y certificar la pericia de los fusionistas, se complementan con ensayos de verificación de las características generales y específicas de las cañerías de polietileno unidas con accesorios utilizados para tal fin. Para termofusión existen tres tipos de uniones entre tuberías y se muestran en la figura 1[2]:



Unión a tope



Unión a enchufe



Unión a montura o derivación

FIGURA 1. Uniones por termofusión

Para electrofusión, los accesorios se agrupan en tres tipos [3]. En la figura 2 se presentan los accesorios tipo I y III, los tipo II son accesorios con extremos a espiga, se acoplan con tubos mediante los accesorios tipo I.

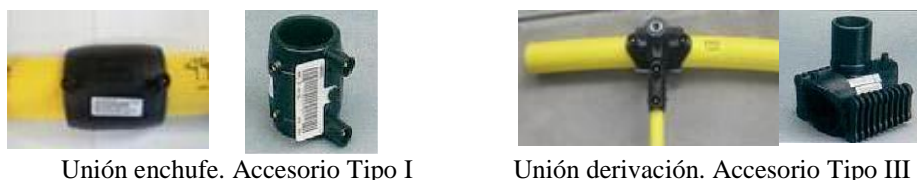


FIGURA 2. Uniones por electro fusión

2. Metodología Experimental

Se parte de la hipótesis que el estudio y la aplicación de algunas técnicas de ensayo para identificar los mecanismos de falla actuantes en algunos productos fusionados empleados en la industria del gas, permitirán efectuar un control más preciso de la calidad de su operación en servicio (tanto de obras como para calificación de fusionistas), con el objeto de evitar futuras fallas.

Los ensayos de control de calidad son cinco y se describen a continuación.

En el examen visual se analizan parámetros como la simetría y continuidad del cordón, alineación de las partes soldadas, ancho del cordón de soldadura, limpieza, defectos superficiales, material fundido fuera del accesorio, inserción de los extremos, altura del cordón interno y externo.

Por su parte, el ensayo de doblado [4] requiere el mismo procedimiento para todos los tipos de uniones. Por ejemplo, para uniones a tope consiste en extraer tres probetas de las dimensiones señaladas en la figura, las que serán obtenidas una vez finalizado el tiempo de enfriamiento de la fusión, fijado por el proveedor del sistema.



FIGURA 3. Dimensiones de las probetas

Se toma con las manos los extremos de la probeta y se dobla hasta que los mismos queden paralelos entre sí, manteniendo hasta completar la observación de la unión. Se considerará satisfactorio cuando al ser dobladas las probetas no presenten cavidades, fisuras ni otras deficiencias.

El ensayo de desprendimiento por falla de adherencia se efectúa en uniones por electro fusión, y consiste en separar el accesorio del tubo por medio de una prensa; la unión se caracteriza por la naturaleza de la falla en el plano de la interfase de fusión. Para uniones a enchufe, por ejemplo, el número de probetas que se extraen y sus dimensiones son función del diámetro del tubo, como indica la tabla 1.

TABLA 1. Extracción de probetas

D_n tubo [mm]	Nº sectores	Ángulo del sector	Longitud Mínima*
20 a 63	2	180	$5.D_n$
75 a 125	4	90	$2.D_n$
140 a 225	8	45	$1.D_n$
*Del tubo, a cada lado del accesorio desde su mitad			

La probeta se somete a una carga creciente de aplastamiento con una velocidad de avance de las mordazas de la morsa de aproximadamente 10 cm / min (figura 4). Antes o durante el ensayo, la totalidad de la interfase de fusión (delimitada por las espiras exteriores) no

deberá presentar poros, cavidades ni fisuras en ninguno de los niveles (espira, tubo o accesorio).



FIGURA 4. Aplastamiento del tubo

El ensayo de tracción tiene tres variantes, según el tipo de probeta que se emplee: probeta normalizada de tubo [5], probeta anular de tubo [1], probeta con unión entre tubo y accesorio (tope, enchufe y derivación-montura). Los tipos de probetas se presentan en la figura 5.

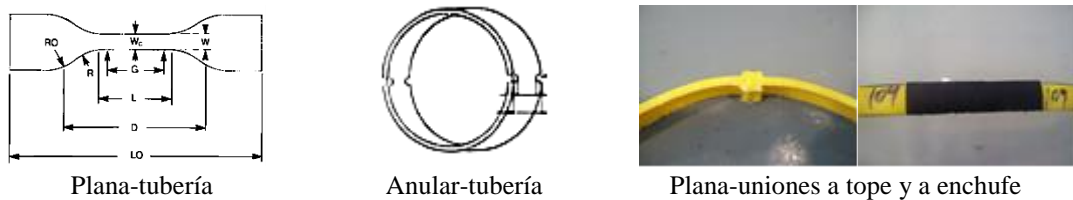


FIGURA 5. Tipos de probetas

Los ensayos de tracción sobre tuberías fundamentalmente se emplean como control de calidad de los materiales y los métodos de fabricación de las mismas, mientras que los ensayos sobre uniones a enchufe, tope y derivación son los que forman parte de la calificación de fusionistas. En cualquiera de los casos, se emplea una máquina de ensayos estáticos con aplicación de carga a una velocidad constante determinada por el tipo de material y el espesor de probeta [2, 5]. La rotura de la muestra, preparada adecuadamente y sometida a un esfuerzo de tracción con velocidad de $25 \text{ mm} / \text{min} \pm 2 \text{ mm} / \text{min}$, se produce fuera de las zonas de unión a enchufe y a montura. Además, no presentará desprendimiento, fisuras ni otras deficiencias en las uniones. A su vez, sobre las uniones a montura se practica tracción sobre el caño de servicio.

El ensayo de flexión sirve para verificar el buen comportamiento de la te de derivación con respecto a los esfuerzos de flexión. Consiste en someter la muestra a una deformación provocada mediante flexiones alternas, aplicando una fuerza perpendicular al eje de la tubería de servicio y paralela al eje de la tubería de distribución. El procedimiento y requisitos se establecen en la norma NAG-131 de Gas del Estado, Apéndice J “Ensayo de flexiones alternas” [3]. Se considerará satisfactorio cuando la muestra no presente grietas, fisuras ni otras deficiencias en las uniones a montura, luego de aplicar una fuerza en el extremo del tubo de servicio hasta la rotura de la muestra. En este ensayo se consigue un resultado aceptable si tras un cierto número de ciclos de solicitar la probeta, lo que se dobla solamente es el caño de servicio, y no el accesorio.

3. Resultados

Dentro de los principales resultados obtenidos a partir del desarrollo experimental realizado en este trabajo se encontraron las principales fallas con sus posibles causas, que se presentan en los distintos tipos de uniones estudiadas.

Para las uniones a tope se detallan en la tabla 2.

TABLA 2: Fallas y causas probables para unión a tope por termofusión	
Condición observada	Posible Causa
Ancho excesivo en el doble cordón (labios)	Sobrecalentamiento; excesiva fuerza de unión
La ranura en V del cordón (labios) doble muy profunda.	Excesiva fuerza de unión; calor insuficiente; presión durante el calentamiento.
Parte superior del cordón (labios) plana	Excesiva fuerza de unión; sobrecalentamiento.
Tamaño del cordón (labios) no uniforme alrededor del tubo	Desalineación; herramienta de calentamiento defectuosa; equipo gastado; enfrentado incompleto.
Un cordón (labio) es más grande que el otro	Desalineación; resbalamiento en mordaza; equipo gastado; calentamiento defectuoso; enfrentado incompleto; material disimilar.
Cordones muy pequeños	Insuficiente calentamiento; insuficiente fuerza de unión.
Cordón (labio) no enrollado sobre la superficie.	Ranura en V poco profunda, insuficiente calentamiento e insuficiente fuerza de unión. Ranura en V muy profunda, insuficiente calentamiento y demasiada fuerza de unión.
Cordones muy grandes	Exceso de tiempo de calentamiento
Orilla exterior del cordón cuadrada	Presión durante el calentamiento
Superficie de fusión del cordón (labio) áspera, como lija, con burbujas o con picaduras	Contaminación por hidrocarburos

En la tabla 3 se presentan los casos para uniones a enchufe por termofusión.

TABLA 3. Fallas y causas probables para unión a enchufe por termo fusión	
Condición Observada	Posible causa
No hay impresión del anillo frío en el cordón (labios) derretido del accesorio de enchufe.	No se utilizó un calibre de profundidad; no se utilizó un anillo frío o se colocó a una profundidad incorrecta; tiempo de calentamiento insuficiente.
Huecos o vacíos alrededor del tubo en la orilla del accesorio de enchufe.	No se quitó en forma recta la tubería o el accesorio de la cara del calentador; desalineamiento angular o de torsión entre el tubo y el accesorio al fundir; no se utilizó un anillo frío o se colocó demasiado adentro.
Tubería o extremo del tubo arrugado o colapsado (unión cortada a lo largo)	Se colocó el tubo en el calentador antes de empujar el accesorio (excesivo calor); colocó el anillo de enfriamiento demasiado adentro; no se utilizó un anillo frío.
Vacíos en el área de unión de la fusión	No se quitó en forma recta la tubería o el accesorio de la cara del calentador; desalineamiento angular o de torsión entre el tubo y el accesorio al fundir; no se utilizó un anillo frío o se colocó demasiado adentro.
Área no unida en el tubo o en el extremo del tubo	No se utilizó un anillo frío o se colocó demasiado adentro.
El derretido del enchufe pasó más allá del extremo del tubo.	El anillo frío se colocó demasiado afuera.
Superficie de fusión del cordón (labios) áspera, como lija, con burbujas o con picaduras	Contaminación con hidrocarburos.

Para las uniones a montura por termofusión, los casos se resumen en la tabla 4.

TABLA 4. Fallas y causas probables para unión a montura por termo fusión	
Condición observada	Posible Causa
Tamaño del cordón (labio) no uniforme alrededor de la base del accesorio. Un cordón (labio) es más grande que el otro.	Desalineación; herramienta de calentamiento defectuosa; caras de montura flojas o contaminadas en la herramienta de calentamiento; equipo gastado; accesorio no asegurado en la herramienta de aplicación; las caras de la herramienta de calentamiento no están dentro de la temperatura especificada.
Cordones demasiado pequeños	Calor insuficiente; Fuerza de unión insuficiente
Cordones demasiado grandes	Exceso de tiempo de calentamiento o de fuerza
No hay un segundo cordón	Cara de la herramienta de calentamiento incorrecta para la tubería principal
Voladura en la tubería principal presurizada (a un lado de la base o por el centro del accesorio)	Sobrecalentamiento; caras incorrectas en la herramienta de calentamiento; las caras de la herramienta de calentamiento no están dentro de la temperatura especificada; tarda demasiado en quitar la herramienta de calentamiento y unir el accesorio a la tubería principal
Superficie de fusión del cordón (labios) áspera, como lija, con burbujas o con picaduras.	Contaminación por hidrocarburos
No hay un tercer cordón (labios) (o cordón central)	Fuerza de unión insuficiente

En la tabla 5 se encuentran los casos de uniones a enchufe por electrofusión.

TABLA 5. Fallas y causas probables para unión a enchufe por electrofusión	
Condición observada	Posible Causa
Inadecuada penetración de los tubos en el accesorio	No se marcó el tubo; no se respetó la profundidad de penetración
Zonas sin fusionar	Superficie raspada incorrectamente o sucia
Alineación defectuosa	No se utilizaron dispositivos de alineación; apertura anticipada del dispositivo de alineación.
Separación del caño del accesorio en ensayo de desprendimiento	Falta de temperatura, falta de limpieza
Penetración del accesorio hacia el diámetro interno de los caños	Exceso de temperatura

Las distintas condiciones y causas para las uniones a montura por electrofusión se exponen en la tabla 6.

TABLA 6. Fallas y causas probables para unión a montura por electro fusión	
Condición observada	Posible Causa
Poros, cavidades o fisuras en la interfase de fusión	Superficies preparadas incorrectamente o sucias; posicionamiento incorrecto; insuficiente fuerza de apriete

Se graficó el comportamiento de los dos sistemas de fusión según los distintos tipos de uniones o accesorios en la figura 6, y se compararon los resultados obtenidos por los dos sistemas de fusión durante el período comprendido entre el 2005 y el 2011, en la figura 7. El crecimiento de casos satisfactorios a partir del 2008 en las uniones por electrofusión se podría justificar por las numerosas verificaciones efectuadas durante el desarrollo del trabajo realizado, cuyos resultados fueron intercambiados con los operadores fusionistas para la mejora continua de los procesos de unión. En la actualidad, la tendencia muestra un acercamiento entre los porcentajes de casos exitosos de ambos métodos.

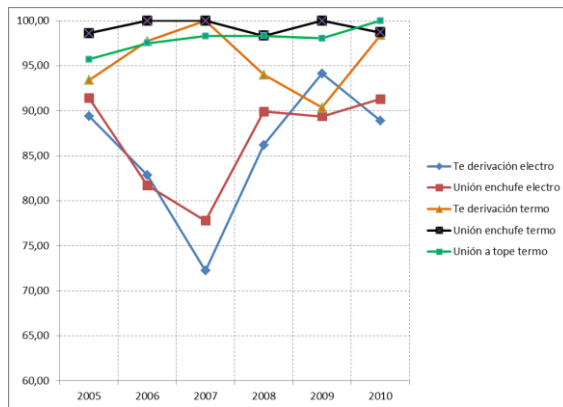


FIGURA 6. Porcentaje de resultados satisfactorios en distintos tipos de uniones. Período 2005-2010

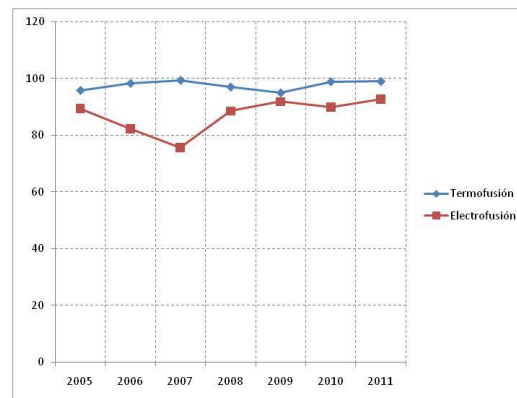


FIGURA 7. Porcentaje de resultados exitosos según método de fusión. Período 2005-2011

4. Conclusiones

Se logró condensar y representar gráficamente la información referida a la verificación de la calidad de las muestras ensayadas según las recomendaciones técnicas, mediante el porcentaje de resultados satisfactorios de muestras de termo y electrofundición ensayadas, y en base a ello se pudo contrastar la eficacia relativa de los dos sistemas.

Para el sistema de termofusión, los resultados obtenidos en los distintos ensayos de control de calidad efectuados a todas las uniones analizadas presentan en general buenos porcentajes de satisfacción durante el período investigado. Se observaron algunas fallas durante los ensayos de tracción en caño de servicio, de doblado y debido a los exámenes visuales.

Para electrofundición, el mayor porcentaje de fallas se obtiene durante los ensayos por falla de adherencia. Por lo cual se deduce que dichos ensayos suelen ser los más críticos en la evaluación de la calidad de este tipo de uniones, cuyos resultados negativos pueden deberse, según observaciones visuales, a que los caños no presenten indicios de una correcta operación de raspado previo a las fusiones realizadas, además y según consultas efectuadas a la inspección de las empresas contratistas, de que no se mantengan las condiciones de limpieza necesarias para efectuar las fusiones de los accesorios con la cañería de polietileno.

Según los datos representados gráficamente, es importante destacar que el sistema de electrofundición presenta en general menores porcentajes satisfactorios respecto al de termofusión, a pesar que se trata de un proceso que se realiza en forma automática y es independiente de la habilidad del operador (excepto la preparación de la superficie). Sin embargo, dicha diferencia experimenta una mejora en el presente ciclo 2011, que podría deberse al importante feedback de consultas y recomendaciones que se han podido establecer entre el personal del laboratorio que ha adquirido mayor entrenamiento y los clientes potenciales en el rubro distribución de gas como fusionistas e inspectores.

5. Referencia Bibliográfica

1. Gas del Estado: Norma NAG-129 Redes de polietileno para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, Tubos diversos diámetros hasta 250mm (1990).
2. Gas del Estado: Norma NAG-130 Redes de polietileno para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, Accesorios unidos por termo fusión (1990).

3. Gas del Estado: Norma NAG-131 Redes de polietileno para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, Accesorios unidos por electro fusión (1990).
4. Gas del Estado: Norma NAG-136 Redes de polietileno para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado. Instrucciones para la instalación (1990).
5. ASTM International: D-638-02 Método de ensayo estándar para la determinación de las propiedades de tracción de los plásticos.

02TCQ. HIDRÓLISIS PARCIAL COMO PROCEDIMIENTO PARA SEPARAR PÉPTIDOS DEL CUERO

**SCHNEIDER, A.; FLORES H.; BELIS, E.; LACOSTE, A.; RETAMAR, J. C.;
ORUÉ, S.**

Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2654 – (3000) Santa Fe
Correo electrónico: hflores@fiq.unl.edu.ar

Resumen: Las curtiembres son industrias de alto impacto ambiental. Las virutas de cuero son residuos producidas por las mismas, están constituidas por el complejo colágeno – Cr, por lo que se las dispone en depósitos especiales, con costo para la empresa.

Para valorizar las mismas, se propone fabricar un aglomerado apto como aislante térmico utilizando como carga las virutas y como aglomerante el producto de su hidrólisis. En la mencionada reacción se producen péptidos de distinto peso molecular, presentando mayor poder adhesivo los de cadena más larga.

Se propone explorar la posibilidad de separar por extracción con agua los péptidos livianos, solubles, con un contenido mínimo de Cr, de los que tienen peso molecular elevado, que retienen el Cr formando la matriz residual del cuero hidrolizado (insoluble), que son los que serían utilizados como adhesivo.

El presente trabajo consta del marco teórico, la metodología utilizada, y una tabla con los resultados experimentales; el análisis de las mismas parece indicar la viabilidad del proyecto.

1. Introducción:

Las “virutas de cuero” son generadas por las máquinas de igualación de espesores en las etapas de terminación en el proceso de curtición. Estas máquinas son similares a las garlopas de carpinteros; de ahí proviene el nombre de este residuo (virutas).

El desecho está formado por el complejo Cr – colágeno, y su estructura es similar a la del cuero. La presencia de Cr hace que en su disposición final deban tomarse determinados recaudos, como la disposición en lugares especiales, con costo para la empresa generadora.

Para tener una idea del impacto producido, mencionaremos algunas cifras; por ejemplo, una curtiembre que procesa 5000 pieles por día (120 toneladas diarias), genera 30 toneladas de virutas en una jornada. Cabe consignar que en el país se curten actualmente trece millones de pieles.

Debido a su composición (Cr y colágeno), y la cantidad disponible, presentan un potencial económico atractivo, lo que ha motivado numerosas investigaciones. Una alternativa factible es transformar este residuo, de disposición final onerosa, en una materia prima para la elaboración de otro producto, es decir valorizarlo.

En este sentido, existen muy buenos trabajos tendientes a obtener Cr concentrado en calidad adecuada para su reutilización en el proceso, o colágeno en distintos grados de pureza (fotográfica, farmacológica, etc.).

Sin embargo, la ecuación económica de dichos procesos no es atractiva, ya que si bien la materia prima disponible es de poco valor (recortes de piel de los frigoríficos o minerales de Cr), se necesitan procesos de separación posteriores para obtener los productos finales con la pureza requerida, lo que aumenta el costo final. Por ello, las virutas se siguen disponiendo en reservorios especiales, con costo adicional para ello.

Con el objetivo de desarrollar una alternativa tecnológica para la valorización de la viruta, donde no sea necesaria una separación rigurosa de los componentes, surge el proyecto de

generar un material aglomerado para ser utilizado como aislante térmico, utilizando como carga las virutas (propiedades aislantes del cuero) y como adhesivo los productos de una hidrólisis parcial de las mismas (como la antigua “cola” de carpintero).

En el marco del proyecto se han llevado a cabo distintas experiencias para hidrolizar las virutas, seleccionando la hidrólisis en medio básico (eliminando de este modo la posibilidad de reacciones secundarias de oxidación del Cr^{3+} a Cr^{6+}). Las mismas se llevaron a cabo en condiciones moderadas, para obtener como productos péptidos de peso molecular medianamente altos, por ser los que mejores propiedades adhesivas presentan.

Bajo estas condiciones de operación, es probable que la ruptura de enlaces que se produce al azar, genere péptidos de bajo peso molecular, y que los enlaces Cr – colágeno (fuertes) no se rompan, constituyendo la parte pesada de la matriz cuero hidrolizada insoluble.

Esta situación permitiría separar por extracción con agua los péptidos livianos, solubles, libres de Cr, de los que tienen peso molecular elevado, que retiene el Cr formando al matriz residual del cuero hidrolizado (insoluble), que son los que serían utilizados como adhesivo. La verificación de esta hipótesis da origen al presente trabajo.

2. Objetivos:

General:

- Explorar la posibilidad de utilizar la hidrólisis parcial y posterior extracción como proceso de separación de péptidos de la matriz cuero como una alternativa para la valorización de virutas de cuero

Particular:

- Cuantificar el grado de separación obtenido determinando la concentración de péptidos y Cromo en la fase líquida
- Evaluar la concentración de Cr y calidad como adhesivo de la fase residual sólida a través de la determinación de la tensión de ruptura a la tracción de las probetas elaboradas con la misma.

3. Metodología:

Marco teórico:

La reacción de hidrólisis es de suma importancia para el proceso de valoración de las virutas, ya que a partir de la misma se obtiene el adhesivo utilizado en la fabricación del aglomerado aislante, por un lado, y permitiría la separación de los péptidos de la matriz cuero, constituida por el complejo colágeno – Cromo.

Durante la reacción mencionada primero se hidrolizan los enlaces covalentes no peptídicos, para despolimerizar las unidades de multicadenas de la piel, luego, algunos enlaces peptídicos y finalmente se desorganizan los enlaces que forman la triple hélice.

La materia prima de la hidrólisis es la matriz “cuero”, que es la piel sometida al proceso de curtición, llevada a cabo con sales de Cromo, elemento que forma con la estructura constituyente del colágeno enlaces transversales, relativamente fuertes, formando un complejo **colágeno – Cr**. Para mantener la matriz cuero intacta y no extraer el Cr de la misma, se trabaja con condiciones no rigurosas de operación, que posibilita la separación de los péptidos.

La Hidrólisis de las proteínas termina por fragmentarlas en α – aminoácidos. Existen tres tipos de hidrólisis, las mismas se mencionan a continuación:

- Hidrólisis ácida: Se basa en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácidas fuertes tales como HCl y H₂SO₄.
- Hidrólisis básica: Respeta los aminoácidos que se destruyen por la hidrólisis anterior, pero con gran facilidad, forma racematos. Normalmente se utilizan soluciones de NaOH o Ba(OH)₂.
- Hidrólisis enzimática: Se utilizan enzimas proteolíticas cuya actividad es lenta y a menudo incompleta, sin embargo no se produce racemización y no se destruyen los aminoácidos; por lo tanto es muy específica.

La reacción llevada a cabo en medio ácido se descartó, ya que en la misma se produce la oxidación del Cr al estado +VI, especie tóxica y soluble, totalmente indeseable. Respecto a la hidrólisis enzimática, en un primer análisis, presenta ventajas frente a la tradicional hidrólisis química (ácida o alcalina), entre las que cabe mencionar:

- Selectividad. (enzimas específicas para un tipo determinado de enlace y, por tanto, no es frecuente la aparición de productos de degradación).
- Condiciones moderadas de temperatura (40 / 60°C) y pH (4 / 8).
- No se añaden sustancias extrañas, lo que evita procesos posteriores de neutralización que eleva el contenido final de sales.

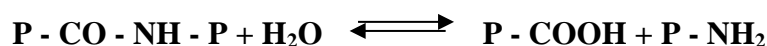
Sin embargo, se observan algunas desventajas, tales como:

- Es necesario separar o desnaturalizar la enzima y trabajar en condiciones asépticas, ya que por ser un proceso relativamente lento, puede producirse contaminación microbiana de la mezcla reaccionante.
- No se dispone de una enzima de alta especificidad para lograr el grado de hidrólisis adecuado.

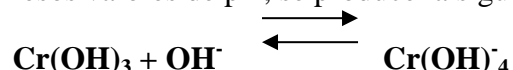
Por esas limitaciones, y otras de índole operativa, se optó por trabajar con la hidrólisis química, que finalmente produjo resultados compatibles con los esperados.

Se operó con valores de pH entre 13 y 14, a fin de obtener velocidades de reacción razonables.

Cuando se hidroliza un enlace amida a pH alcalino, se tiene la siguiente reacción:



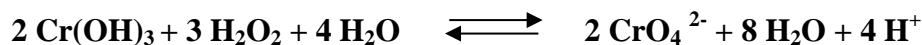
Sin embargo, en esos valores de pH, se produce la siguiente reacción:



La formación de Cr(OH)₄⁻ soluble, posibilita la lixiviación de parte del Cr presente. Esta situación es indeseable, por lo que se procede a neutralizar la solución posteriormente a la hidrólisis hasta valores de pH igual a 8, como mínimo, lo que provoca el desplazamiento de la mencionada reacción hacia la izquierda, con prevalencia de la especie insoluble.

Se sospecha que algún grupo orgánico formado pueda actuar como oxidante. Si bien no tienen el poder de los reactivos tradicionales, tiene una alta posibilidad de ocurrencia de la reacción de oxidación de Cr^{3+} a Cr^{6+} , que aparece en forma soluble como un subproducto no deseado de la reacción, lo que implicaría la aparición de Cr en el extracto liviano.

Se explicita la reacción de oxidación del Cr con agua oxigenada como reactivo, a modo de ejemplo:



Por ello, se trabaja en condiciones de operación no demasiado rigurosas a fin de minimizar la posibilidad de ocurrencia de dicha reacción indeseable.

Como resultado de la reacción de hidrólisis, se obtienen:

- Una fase insoluble (matriz cuero residual), con una concentración de Cr mayor que las virutas, que se utilizaría como adhesivo en la elaboración del material aglomerado.
- Una fase soluble, con menor contenido de Cr, donde se separan los péptidos del complejo colágeno – Cromo.

Materia Prima:

Virutas de cuero (Wet Blue)

Composición: Humedad: 60% p/p; Cr total: 2,27 % p/p; N – Khejdall: 14,5% p/p

Tamaño: Las virutas se procesan en un molino a disco, y se utilizan las de tamaño comprendido entre 1 a 3 mm.

Procedimiento:

Reacción de hidrólisis:

Fue estandarizada a efectos de obtener valores comparativos, en las siguientes condiciones: medio alcalino (pH = 11,3), utilizando NaOH 1 N como reactivo, en una relación 3 ml. de reactivo por 1,8 gr. de viruta fresca, y temperaturas cercanas a la ebullición, tiempos de trabajo de 45, 90 y 180 minutos. Finalizado el proceso se enfría a temperatura ambiente y luego neutraliza hasta pH 7 con H_2SO_4 .

Extracción:

Se mezclan hidrolizado y agua en una proporción 1 / 3; se calienta a 50°C durante una hora y se deja decantar. Una vez separadas las fases, la liviana es centrifugada, y la nueva fase liviana generada se filtra, con un filtro para líquido, tamaño de poro 0,22 μm , diámetro 15 mm, material nylon 66. De las fases generadas se toman muestras, y se analiza el sólido seco y la concentración de Cromo en la fase líquida. La fase pesada se deja en reposo durante 24 hs., se determinan el porcentaje de sólidos y concentración de Cr, y se utiliza como aglomerante para la elaboración de probetas.

Elaboración de probetas:

Se fabrican de acuerdo a un método estandarizado, con una relación viruta / adhesivo 1 : 1 expresada en masa de sólido seco. El moldeado es en forma manual, luego se lo seca en estufa hasta pesada constante y le hacen ensayos de tracción.

Técnicas Analíticas:

Medición de pH: en pHmetro Altronix III, provisto de electrodo para pH alpha, termosonda y celda para conductividad y salinidad, rango de pH 0 a 14; resolución 0,01; seguridad 0,02 pH +/- 2d, tiempo de respuesta 5 seg.

Determinación de sólidos secos: método gravimétrico, en estufa a 104°C hasta pesada constante. Se expresa en porcentaje de sólidos.

Cálculo concentración de Cr: Espectrofotómetro de Emisión y Absorción Atómica de llama – Perkin Elmer Modelo 3110 – Límite de detección: 0,05 ppm; longitud de onda: 357,9 nm; slit: +/- 0,7 nm.

Ensayo de tracción: Se utilizó un dinamómetro de péndulo Frank, capacidad máxima 100 kg; precisión 0,05 kg.

4. Resultados:

Hidrólisis:

0,625 grs. Viruta / 1 ml reactivo (1 N / 2 N)

Tiempos de operación: 45, 60 y 270 minutos

Extracción:

Fase líquida – Hidrólisis 1 N:

Análisis	Tiempo de Operación (minutos)		
	40	60	270
Sólidos secos [% p/p]	7,51	5,65	4,61
Cromo [ppm]	49	138	490

Fase líquida – Hidrólisis 2 N:

Análisis	Tiempo de Operación (minutos)		
	40	60	270
Sólidos secos [% p/p]	8,18	7,44	Sin datos
Cromo [ppm]	12	57	Sin datos

Ensayos de Tracción:

Hidrólisis 1 N – Tiempo de operación: 180 minutos

Fase pesada (con extracción): $\sigma_{trac} = 0,82 \text{ kg/cm}^2$ (*)

Hidrolizado (sin extracción): $\sigma_{trac} = 4,55 \text{ kg/cm}^2$

(*): se detectaron fallas en la estructura del material

De la información experimental obtenida se establece la relación entre el material orgánico extraído y la cantidad de Cr solubilizado a través de.

Concentración de Cromo [ppm] [mg Cr] % de sólidos secos x 10 gr. s. s.

Virutas: 56,75 mg. Cr / gr. ss

Extracto:

1 N – 40 minutos: 0,65 gr Cr / gr. s. s.

- 1 N – 60 minutos: 2,44 gr Cr / gr. s. s.
1 N – 270 minutos: 10,62 gr. Cr / gr. s.s.
2 N – 40 minutos: 0,15 gr Cr / gr. s. s.
2 N – 60 minutos: 0,76 gr Cr / gr. s. s.

(*) Valor anormalmente alto. Posible causa la mala separación de sólido no hidrolizado

5. Conclusiones:

1. Los ensayos de tensión de ruptura a la tracción llevados a cabo a las probetas en las que se utilizó como adhesivo la fase pesada residual de la extracción no son representativos ya que se detectaron fallas en la estructura del material (falta de homogeneidad y compactación por deficiente moldeo de la probeta). De la apariencia física y consistencia se presume que esta propiedad debe ser sensiblemente mayor.
2. Relación Cr / sólido seco: Se toma como referencia la relación de Cr a sólidos totales de las virutas (56,75 mg Cr / gr. sólido seco).
Del análisis de dicha relación para iguales extractos, y si bien los resultados obtenidos son meramente exploratorios, y se deben llevar a cabo mayor número de experiencias para confirmar la tendencia, se puede inferir que con la secuencia propuesta es posible lograr fracciones de péptidos hidrolizados con un tenor de Cr mucho menor (relaciones mg de Cr / gr de sólido seco en el extracto entre 0,15 y 0,76).
Además parecería indicar que las mejores condiciones de trabajo estarían en el entorno de bajos tiempos de hidrólisis y mayor concentración de reactivos, para los ensayos posteriores.
3. Estos resultados exploratorios ameritan continuar con los ensayos aumentando la concentración de reactivos en la reacción de hidrólisis, y aumentando la cantidad de solvente (agua) en la extracción.

6. Bibliografía:

- **Hoinacki, E.; Vergilio Moreira, M.; Kiefer, C.;** “Manual Básico de *Processamento do couro*”; Centro Tecnológico do Couro SENAI/RS – Porto Alegre – 1994.
- **Morrison, R.; Boyd, N.;** “*Química Orgánica*”; Fondo Educativo Interamericano – Méjico – 1985.
- **Schneider, A.; Flores, H.; Rodi, E.; Sian, L.; Elizalde, E.;** (2008) “*Péptidos Exentos de Cromo + 6 por Hidrólisis Parcial de Virutas de Cuero*”; Trabajo presentado en el XXVII Congreso Argentino de Química; San Miguel de Tucumán
- **Wards, A. G.; Courts, A.;** “*The Science and Technology of Gelatine*”; Ed. Academic Press – 1977.

03TCQ. LIXIVIACION DE ORO CON TIOSULFATO COMO UN ALTERNATIVO AL CIANURO DE SODIO

TORRES, F.; MAS, M.A.; YAMPA, J.M.

Departamento de Ing. de Minas - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas -
Universidad Nacional de Catamarca – ftorres@tecno.unca.edu.ar

Resumen: En los últimos años la hidrometalurgia del oro ha tenido grandes avances, principalmente dirigidos hacia el estudio de nuevos reactivos para la extracción de este metal, ya que actualmente el reactivo por excelencia para este propósito es el cianuro. Debido a su bajo costo, química de reacción simple y excelente extracción la cianuración es, desde hace más de 100 años, la tecnología preferida para la extracción de oro y plata de sus menas. Su uso en la recuperación de oro y plata está siendo cada vez más cuestionado por motivos ambientales, ya que presenta algunas desventajas, principalmente su alta toxicidad. Debido a esto, el proceso está sometido a estrictos controles ambientales, además de elevar el consumo de reactivos por la presencia de otros metales en los minerales a ser tratados, ya que presenta la formación de complejos con una gran variedad de iones metálicos. Uno de los alternativos que puede competir en la cinética de lixiviación y que es ambientalmente “amigable” con el medio ambiente es el tiosulfato. El tiosulfato de sodio en medio amonio ó el tiosulfato de amonio, catalizado con cobre, ha sido probado en menas de oro con muy buenos resultados en recuperación y cinética de extracción por este equipo de investigación. La lixiviación de oro en el sistema tiosulfato-amoniaco es una alternativa para el proceso actual, ya que como se ha dicho es un reactivo con bajo impacto ambiental, y tiene ventajas en la lixiviación de menas carbonáceas que resultan refractarias en la disolución de oro mediante cianuración, sin embargo, los variados estudios realizados demuestran que el sistema tiene una química bastante complicada y más compleja que el sistema con cianuro. En este trabajo se estudió la posibilidad y factibilidad de lixiviación de oro por agitación desde colas de un circuito de flotación, compuestas de las siguientes principales especies mineralógicas: Oro (Au^0), Calcopirita ($CuFeS_2$), Pirita (FeS_2), Molibdenita (MoS_2), Hematita (Fe_3O_4), Magnetita (Fe_2O_3), Limonita ($Fe_2O_4 \cdot nH_2O$) y ganga no metálica (84%), con un contenido de 0,99 gr/ton de oro y 0,10 % de Cu. Los resultados indican que las recuperaciones obtenidas pueden considerarse de interés en la recuperación del oro fino de las colas analizadas y que la relación tiosulfato/amonio y amonio/cobre debe seguir estudiándose para lograr incrementar las recuperaciones actuales obtenidas del 41% y 37 % para % sólidos de 30 y 18% respectivamente, para un tiempo de 16 hs de ensayo.

1. Introducción:

En la actualidad el cianuro es el agente lixivante más ampliamente usado en la extracción de metales preciosos tales como el oro y la plata, debido a su bajo costo y simplicidad química, pero la mayor desventaja que posee es su alta toxicidad que lo hace muchas veces incompatible con normas ambientales a las cuales están siendo sometidas actualmente las plantas mineras en todo el mundo. Entre los lixiviantes alternativos al cianuro se encuentra el tiosulfato de amonio o sodio, el cual presenta un comportamiento muy favorable para minerales que contienen cobre y cierta cantidad de materias carbonáceas, además de ser una alternativa no contaminante en comparación con la alta toxicidad del cianuro. La disolución de oro en una solución de tiosulfato de amonio o sodio, es una reacción que puede ser catalizada directamente por la presencia de ión cúprico. El trabajo fue dirigido a estudiar la posibilidad de lixiviación de Au desde las colas utilizando el Cu contenido en

ellas como catalizador. En la figura 1, se presenta un esquema de la lixiviación de oro con tiosulfato de amonio. El agente oxidante del oro metálico aparece en la solución como ión cúprico, en forma de cuprotetramina, $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$.

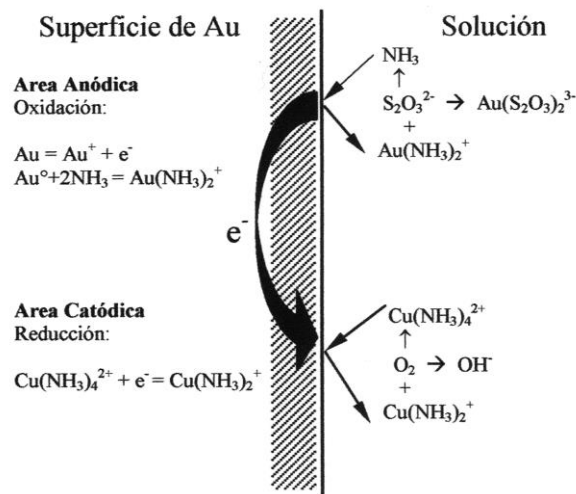


Figura N° 1: Modelo electroquímico de la disolución de oro con tiosulfato catalizado con cobre. Fuente: P. Navarro D., A. Villarroel P., F. Alguacil P. (2001)

En el área anódica el oro es complejado simultáneamente tanto por el tiosulfato como por el amoníaco formando un auro-tiosulfato $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ y una amina de oro $\text{Au}(\text{NH}_3)_2^+$ respectivamente, siendo el complejo con tiosulfato el más estable termodinámicamente a pH cercano a 10.

2. Objetivos:

Se plantea como objetivo utilizar un reactivo como el tiosulfato de amonio ó sodio que es un fertilizante muy usado en cultivos como soja, maíz etc. como lixiviante alternativo al cianuro de sodio en la recuperación del oro fino de un proceso de flotación de cobre con oro como subproducto.

3. Metodología:

Descripción de la muestra:

La muestra utilizada, se obtuvo de las colas de un proceso de flotación de limpieza y su caracterización mineralógica se muestra a continuación:

- Oro - Au^0
- Calcopirita - CuFeS_2
- Enargita - Cu_3AsS_4
- Covelina - Cu_2S
- Galena - Pb
- Blenda - ZnS
- Molibdenita - MoS_2
- Pirita - FeS_2
- Rutilo - TiO_2
- Hematita - Fe_3O_4
- Magnetita - Fe_2O_3
- Limonita - $\text{Fe}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- Ganga no metálica

Las variables experimentales estudiadas fueron: concentración de ion cúprico, pH en el rango de 10 a 11, temperatura ambiente, razón sólido-líquido y concentración de tiosulfato de sodio y de hidróxido de amonio. Por antecedentes de estudios realizados se conoce que existe una fuerte dependencia de la disolución de oro con la concentración de ion cúprico y el pH del sistema (Navarro, et.al, 2.001). En este caso ha alcanzando su mayor disolución con concentraciones de 55 mg/l de Cu^{2+} a pH 11 y 30 % de sólidos, una menor recuperación fue observada con un 18 % de sólidos. Las concentraciones usadas fueron de 0,63 M de tiosulfato y 0,73 M de hidróxido de amonio, a pH 11 y temperatura de 23°C. Con estos parámetros se logró una disolución del 41% del oro en 16 Hs. de lixiviación.

Análisis químico de la muestra de alimentación;

Au (g/t) = 0,99

Cu (%) = 0,10

Fe (%) = 12,35

En su mayor parte la muestra está constituida por un 84,90% de ganga no metálica (tabla N°1). El oro se presenta como oro nativo. La calcopirita es la especie de cobre sulfurado mayoritaria, la covelina y enargita se presentan en calidad de trazas. Contiene indicios de blenda y trazas de galena. La pirita es la especie de hierro más abundante, en bastante menos proporción se presenta la magnetita, hematita y limonita.

1. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE MINERAL						
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S	Mo	Zn
Calcopirita	1,44	0,50	0,44	0,50		
Covelina	tz					
Enargita	tz					
Galena	tz					
Blenda	0,12			0,04		0,078
Molibdenita	0,40			0,16	0,241	
Rutilo	0,48					
Pirita	11,94		5,57	6,38		
Hematita	0,45		0,31			
Magnetita	0,15		0,11			
Limonita	0,12		0,08			
Ganga	84,90					
TOTAL	100,00	0,50	6,50	7,08	0,241	0,078
2. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE ESPECIES DE CU y FE						
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S		
Calcopirita	10,76	3,72	3,27	3,76		
Pirita	89,24		41,59	47,66		
TOTAL	100,00	3,72	44,86	51,42		
3. COMPOSICION MINERALOGICA 100% BASE ESPECIES DE CU						
Especies	% EN PESO	Cu	Fe	S		
Calcopirita	100,00	34,60	30,40	35,00		
TOTAL	100,00	34,60	30,40	35,00		

Tabla N° 1: Composición mineralógica de la muestra de colas de flotación.

Caracterización del Oro

Sus características son las siguientes:

Grado de Liberación y asociación: el oro se presenta liberado en un 73,58% y asociado en un 26,42% a la ganga no metálica.

Tamaño Granulométrico Promedio

El oro total, tanto liberado como asociado, presenta un tamaño granulométrico promedio de 6µm fluctuando entre un tamaño máximo de 10µm y un mínimo de 5µm. Según el

estado como se presenta, su tamaño granulométrico es el siguiente:

- Liberado $6\mu\text{m}$ ($\sim 2400\#\text{Ty}$)
- Asociado $8\mu\text{m}$ ($\sim 1800\#\text{Ty}$)

La ganga que presenta oro asociado tiene un tamaño promedio de $40\mu\text{m}$ ($\sim 400\#\text{Ty}$)

2.5 Análisis Granulométrico vs Liberación-Asociación

En la siguiente tabla se presenta la distribución granulométrica del oro según su estado y de acuerdo con la especie que coexiste:

Intervalos (micrones)	Mallas Ty. (aprox)	ORO		TOTAL %
		Liberación	Asociación	
		%	Ganga	
0 - 5	-400	24,53		24,53
5 - 10		49,05	26,42	75,47
10 - 20				
TOTAL		73,58	26,42	100,00
TAMAÑO (um)				
Promedio Calculado		6	8	6
Máximo Observado		10	9	10
Minimo Observado		5	6	5

Tabla N° 2: Análisis granulométrico y liberación de las especies mineralógicas en micrones (μm)

Las variables experimentales estudiadas.

- Concentración de ión cúprico.
- Porcentaje de sólidos.
- Concentración de tiosulfato de sodio.
- Concentración del hidróxido de amonio.

Los parámetros que se mantuvieron constantes, fueron:

- Temperatura.
- pH: Inicial evolucionando en forma natural a través del desarrollo de la experiencia.

El procedimiento experimental siguió la siguiente secuencia de pasos:

- Se preparo la muestra de manera adecuada de tal forma de no perder representatividad.
- Se adicionó a un reactor de vidrio la solución lixivante, preparada de acuerdo a las condiciones experimentales.
- Se adicionó la masa de muestra al reactor y se ajustó el pH adicionando hidróxido de amonio, el sistema trabajo a temperatura ambiente.
- Se inició el proceso de lixiviación agitando el sistema en forma mecánica, manteniendo la pulpa en suspensión.

- Se extrajeron muestras de solución para análisis químico de acuerdo al programa experimental.
- Una vez alcanzado el tiempo final de lixiviación, se realizó la separación sólido-líquido, se extrajo muestra de solución para análisis químico y secado para su respectiva caracterización química.

4. Resultados obtenidos

Los resultados de los ensayos ejecutados se dan en la tabla N° 3. Dos ensayos fueron llevados a cabo, como puede observarse de los resultados obtenidos se han obtenido recuperaciones del 41% y del 37% para dos porcentajes de sólidos distintos, 30% y 18 % respectivamente.

TEST 1			
muestra	Au (gr/t)	Cu (%)	Recup. Au %
KB alim 30% sol	1.01	0.08	41.35
KB rel. 30% sol	0.45	0.08	
	Au (mg/l)	Cu (mg/l)	
KB conc. Lix 30% sol	2.38	55	

TEST 2			
muestra	Au (gr/t)	Cu (%)	Recup. Au %
KB alim 18% sol	0.98	0.07	36.96
KB rel. 18% sol	0.56	0.07	
	Au (mg/l)	Cu (mg/l)	
KB conc. Lix 18% sol	1.34	32	

Tabla N°3: Ensayos ejecutados y recuperaciones obtenidas.

En este caso el TEST 1 ha alcanzando su mayor disolución con concentraciones de 55 mg/l del ion Cu^{2+} y 0,63 mol/l de tiosulfato y 0,73 mol/l de hidróxido de amonio a pH 11, con un 30% de sólidos y una temperatura de 23°C, obteniendo una disolución del 41% del oro en 16 Hs. de lixiviación. En el TEST 2 Se produjo un efecto más pasivo del producto a 18 % de sólidos.

5. Conclusiones y recomendaciones

El ión cúprico presente a la forma de cupro-tetramina produce un efecto positivo en la velocidad de disolución de oro cuando se usa tiosulfato como agente lixivante. Se produce disolución de cobre presente en el concentrado, lo cual es favorecido a pH superior a 10 para la estabilidad de la cupro-tetramina. Se recomienda seguir estudiando el sistema, sobre todo la concentración adecuada del ion cúprico específicamente para estas muestras y en base a la ley de Cu contenido en ellas. También continuar con el estudio de concentraciones de tiosulfato e hidróxido de amonio, realizando ensayos a otros % de sólidos en la muestra y distintos valores de pH, verificando las recuperaciones obtenidas para lograr el máximo obtenible por lixiviación en esta muestra de flotación.

6. Referencias

- P. Navarro D., A. Villarroel P., F. Alguacil P. “Lixiviación de oro con tiosulfato de amonio catalizado con ión cúprico desde un concentrado polimetálico”. Jornadas SAM-CONAMET – AAS, 2.001.
- C.K. Chu. P.L. Breuer. M.I. Jeffrey. Yen et al. Theory and Practice of Gold and Silver Extraction. pp 32 – 50, 1996
- Minerals Engineering. “The impact of thiosulfate oxidation products on the oxidation of gold in ammonia thiosulfate solution” –16, (2.003), pp 265-271.
- I Chandra, M.I. Jeffrey. “A fundamental study of ferric oxalate for dissolving gold in thiosulfate solutions. Hidrometallurgy 77 (2.005), pp 191-200.
- Ron-Yu Wan, K.Marc Le Vier. “Solution chemistry factors for gold thiosulfate heap leaching”. International Journal of Mineral Processing (2.003). pp 311-322.
- Wan-Tai Yen and Massoud Aghamirian. “Gold Extraction From Mild Refractory Ore Using Ammonium Thiosulfate”.
- I. Chandra, M.I. Jeffrey. “An electrochemical study of the effect of additives and electrolyte on the dissolution of gold in thiosulfate solutions”. Hydrometallurgy 73 (2.004), pp 305-312.
- Xin M. Zhang, Gamini Senanayake, Michael J. Nicol. “A study of the gold colloid dissolution kinetics in oxygenated ammoniacal thiosulfate solutions”. Hidrometallurgy (2.004). Article in press.
- A. Grosse, G. Dicoski, M.Shaw, P. Haddad. “Leaching and recovery of gold using ammoniacal thiosulfate leach liquors (a review). Hidrometallurgy 69 (2.003), pp 1-23.
- M.I. Jeffrey. “Kinetic aspects of gold and silver leaching in ammonia-thiosulfate solutions”. Hydrometallurgy 60 (2.001) pp 7-16.
- M.G. Aylmore and D.M. Muir. “Thiosulfate leaching of gold – a review. Minerals Engineering Vol. 14,Nº2 pp 135-174. (2.001).
- Chen Xia. “Thiosulfate stability in gold leaching process”. Thesis for the degree of Master of Science. Queen’s University, Ontario, Canadá. May (2.001)

04TCQ. PREPARACION DE FERROFLUÍDOS BIOCOMPATIBLES CON MAGNETITA NANOMÉTRICA DOPADA CON Zn

FOSSATI, A. B.; APHESTEGUY, J.C.; JACOBO, S.E.

LAFMACEL (Dto. de Química) - INTECIN, Facultad de Ingeniería, UBA.
Av. Paseo Colón 850 (1063), CABA, Argentina
caphestegu@fi.uba.ar

Resumen: El trabajo describe la preparación de ferrofluídos biocompatibles para aplicaciones biomédicas. El sistema contiene nanopartículas de magnetita sustituida con Zn sintetizadas por coprecipitación química, suspendidas en solución acuosa.

La inclusión de Zn en la magnetita incrementa la magnetización hasta cierto valor de sustitución ($x= 0.2$) y disminuye sensiblemente la temperatura de Curie. Estos efectos son importantes para la aplicación biomédica del ferrofluído. Las nanopartículas se caracterizaron estructural y magnéticamente. Se evalúa al ferrofluído mediante experiencias de hipertermia. Se determina la potencia disipada específica SLP (Specific Loss Power) mediante un dispositivo armado para tal fin. Los resultados obtenidos son adecuados para ser empleados en aplicaciones biomédicas.

1. Introducción:

Hoy en día, la nanotecnología tiene un importante papel a nivel mundial en lo que respecta a la investigación y desarrollo científico e industrial. Su cualidad distintiva es el cambio que experimentan a esa escala las propiedades físicas y químicas de la materia por su elevada relación superficie/ volumen, haciendo que se puedan procesar materiales en ramas tan variadas, desde la energía hasta la medicina. La aplicación de materiales nanométricos magnéticos en biotecnología lleva cerca de cuatro décadas de estudio [Chan et al., 1993]

Los ferrofluídos forman parte de una nueva clase de materiales ferromagnéticos [Jonsson et al., 1998]. Se producen por dispersión coloidal de nanopartículas magnéticas en un solvente no magnético (acuoso u orgánico). La estabilidad se logra por la repulsión entre las partículas magnéticas que vencen la fuerza de atracción de corto alcance (Van Der Waals), evitando la coagulación y posterior formación del precipitado [García Cerda et al., 2003]. Estos sistemas tienen propiedades de fluidos y magnéticas, por lo que son de gran importancia para su aplicación en medicina, estudios biológicos y tratamiento de residuos peligrosos.

Específicamente, en el campo de la medicina se ha iniciado una línea de investigación en el tratamiento de afecciones tumorales denominada hipertermia. El principio de esta técnica consiste en conducir la medicación que se encuentra recubriendo las partículas magnéticas de forma que solo actúe en la zona afectada por el tumor. Esto se consigue localizando un campo magnético en la región tumoral en el momento de la aplicación de la medicación, manteniéndola en la zona afectada hasta que la misma haya completado su ciclo curativo. Con esta técnica se consigue la focalización del efecto del tratamiento de quimioterapia con las ventajas de una reducción de la dosis de la medicación que se le aplica al organismo y por otro lado se atenúan los efectos colaterales sobre el resto del organismo [Fossati, 2011; Sanchez y Zysley, 2005].

2. Objetivos:

Obtener por vía húmeda partículas nanométricas de magnetita sustituida con Zn, seguido de la preparación de ferrofluidos acuosos, caracterizarlas y evaluar su potencial aplicación en biomedicina.

3. Metodología:

1) Preparación de nanopartículas de magnetita dopada con Zn

La síntesis de las nanopartículas se llevó a cabo en solución acuosa a 70°C. El grado del dopante Zn varió con $x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ y 0.5 , donde x es la concentración de Zn según la fórmula $Zn_xFe_{3-x}O_4$.

Solución A: Se disuelven 6g de KOH y 0,9 g de KNO_3 (agente oxidante) en 360ml de agua destilada, con abundante burbujeo de nitrógeno por media hora y en baño termostático.

Solución B: Se disuelven diversas masas de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ y de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (ver tabla 1) en 36 ml de H_2O y 4 ml de H_2SO_4 2M, con burbujeo de nitrógeno por 30 minutos.

Tabla 1: Nomenclatura de las muestras preparadas en solución acuosa

Muestra	Fórmula
703	Fe_3O_4
705	$Zn_{0.1}Fe_{2.9}O_4$
706	$Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$
707	$Zn_{0.3}Fe_{2.7}O_4$
708	$Zn_{0.4}Fe_{2.6}O_4$
709	$Zn_{0.5}Fe_{2.5}O_4$

Con agitación mecánica constante, se agrega la solución B gota a gota a la solución A, que se encuentra en el reactor dentro del baño termostático. Después de 30 minutos del agregado de la solución B se suspende el burbujeo de nitrógeno y se agita la solución 5 minutos más (pH= 12). Se deja el sistema en reposo dentro del baño por 2 hs; se enfría bajo agua, lava y somete a diálisis el sistema para eliminar el exceso de iones y favorecer la estabilidad de la solución final. Parte del material se seca en estufa de vacío para su caracterización.

2) Caracterización de las muestras

Las muestras se caracterizan estructuralmente mediante difracción de rayos x (DRX), microscopía de transmisión (TEM). La estructura de las muestras se identifica por medio de un difractómetro Rigaku usando radiación de Cu- $K\alpha$ a temperatura ambiente, empleando intervalos de 0,05 grados, en la escala de 2 theta en un rango de medición de 5 a 70 grados. Los difractogramas fueron ajustados mediante el programa Win-Fit que permite identificar el material, calcular el parámetro de celda (a_0) y el tamaño del cristalito. Se determina por termogravimetría (modificada por un campo magnético aplicado) la temperatura de Curie calentando hasta 700°C en atmósfera inerte. Los perfiles M-H se realizaron en un magnetómetro de muestra vibrante VSM a temperatura ambiente.

3) Preparación de los ferrofluidos

Se preparan los ferrofluidos resuspendiendo 5 mg de las nanopartículas preparadas en 1), en 1 ml de agua desionizada y se coloca durante 24hrs en ultrasonido.

4) Medición de la potencia disipada específica SLP (Specific Loss Power)

Esta técnica consiste en registrar la elevación de la temperatura en función del tiempo, al someter el FF a un campo magnético alterno.

4-i) Para realizar la medición se diluyen los FF preparados en 3) 1:100 evitando así posibles aglomeraciones de las nanopartículas. El arreglo experimental está formado por una bobina de radiofrecuencia (RF), una celda dewar, un agitador mecánico adaptado a la celda dewar, un sensor de temperatura, un ventilador.

4-ii) Para facilitar la comparación de las eficacias de las partículas magnéticas se define como parámetro la potencia disipada específica (ecuación 1):

$$SLP = \frac{m_{FF}}{m_{NP}} C \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (\text{ec. 1})$$

donde C es el calor específico del FF y $\Delta T/\Delta t$ es la pendiente de la parte inicial (cuasi-lineal) de la curva de T vs t registrada en el FF bajo la acción del campo de RF. Los resultados experimentales se modelizan. Para ello los resultados experimentales se ajustan con la función exponencial de la ecuación (2)

$$T(t) = (T_0 - \theta) \cdot e^{-t/\tau} + \theta \quad (\text{ec. 2})$$

donde: θ : temperatura del estado estacionario

τ : tiempo de calentamiento

T_0 : temperatura inicial

Los detalles del modelo se describen en [4]

4. Resultados y Conclusiones:

La figura 1 muestra los difractogramas de los polvos de la serie de magnetitas dopadas con Zn preparadas a 70 °C. Se han indexado los principales picos con JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) n° 19-0629

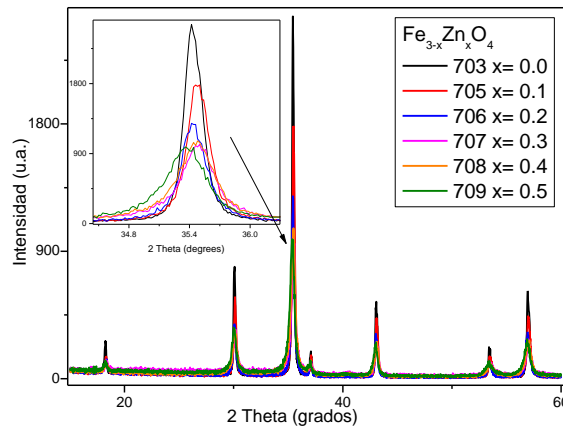


Figura 1: DRX de las muestras preparadas en solución acuosa.

Todas las muestras resultan monofásicas presentando los picos característicos de la fase espinela. El inset muestra el detalle del pico principal para visualizar la modificación (en ancho y en intensidad) que origina la inclusión del Zn en la red cristalina. Mediante el ajuste de los DRX se calcularon los parámetros presentados en la Tabla 2.

Tabla 2: parámetros experimentales (a_0) de la celda cúbica de las muestras preparadas en solución acuosa.

Muestra	703	705	706	707	708	709
a_0 (Å)	8.3791	8.3901	8.3991	8.3852	8.3963	8.3933

Teniendo en cuenta los valores de los radios iónicos del Fe^{3+} (0.67\AA), Fe^{2+} (0.82\AA) y el del Zn^{2+} (0.74\AA), es esperable una modificación en el parámetro de celda según el Zn^{2+} reemplace al Fe^{3+} en el sitio tetraédrico (en ese caso a_0 aumentaría) hasta cierto valor en que el reemplazo de mayor cantidad de Fe^{2+} origina la disminución del parámetro de celda. A partir del valor de máxima inclusión de Zn ($x=0.2$), a_0 disminuye posiblemente por la disminución de Fe (II) que es el ión de mayor tamaño. La presencia de iones Zn en el medio de precipitación limita el crecimiento del cristal. Los resultados calculados de los tamaños de cristalitas se presentan en la figura 2.

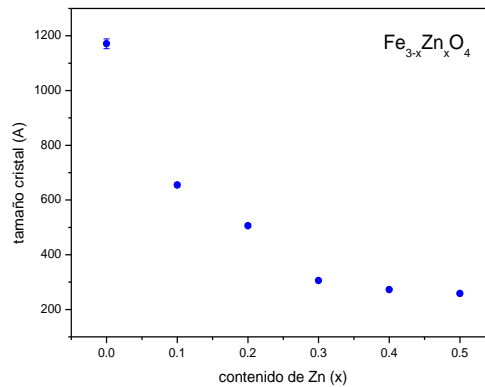


Figura 2: Tamaño del cristallito de muestras preparadas en solución acuosa

De la figura 2 se deduce que la inclusión de Zn^{2+} origina una disminución del tamaño cristalino. Una explicación es que la presencia de iones extraños (Zn^{2+}) en el medio de precipitación limita el crecimiento del cristal

La figura 3 (a y b) muestran dos micrografías TEM para algunas de las partículas de magnetita obtenidas. En todos los casos, las partículas tienen forma cúbica y distribución uniforme de tamaño. La inclusión de Zn^{2+} provoca además una disminución en el tamaño de partícula. Las partículas presentan un tamaño promedio de 80 nm

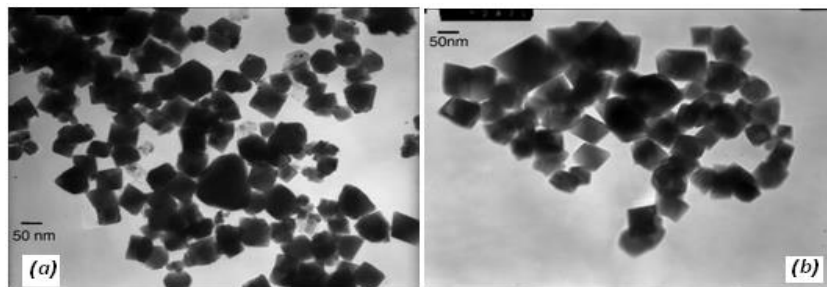


Figura 3: Microscopía TEM para las muestras: a) Fe_3O_4 y b) $\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$

La figura 4 muestra los perfiles magnéticos de las muestras preparadas. El comportamiento magnético evidencia que se tratan de ferritas blandas (muy bajo campo coercitivo H_c). Todas las muestras saturan a partir de $H=5000\text{ Oe}$. La inclusión de Zn modifica tanto la magnetización de saturación (M_s) como la coercitividad (H_c) de las muestras. La M_s se incrementa hasta $x=0.2$ por modificaciones en la distribución de los iones magnéticos entre las subredes A y B. Para altos valores de Zn ($x > 0.3$) la presencia de un ión no magnético disminuye por dilución las interacciones responsables de la magnetización y el sistema baja el valor final de M_s . H_c disminuye sistemáticamente con la sustitución evidenciando un comportamiento casi superparamagnético.

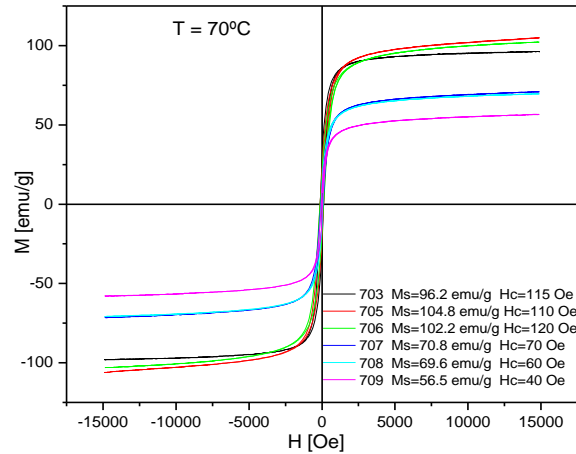


Figura 4: M vs H para la serie $Zn_xFe_{3-x}O_4$

En lo referente a la temperatura de Curie (T_C) se observa en la figura 5 que la inclusión de Zn produce una disminución sistemática en la misma. La inclusión de un ión no magnético debilita la interacción magnética entre ambas subredes (A y B) originando un ablandamiento de la red que se traduce en una disminución de la temperatura a partir de la cual se pierde el ordenamiento magnético (T_C). Un elevado valor de M_s y bajos valores de T_C son convenientes para aplicación en hipertermia.

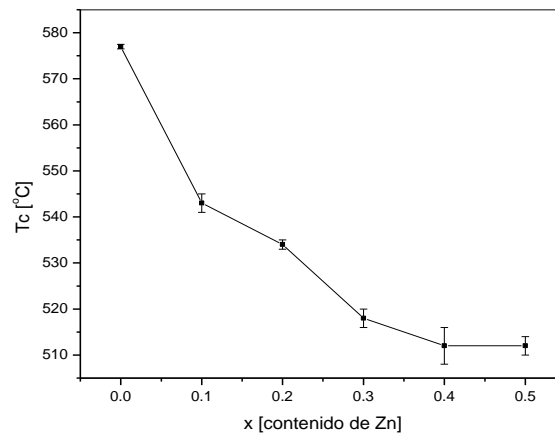


Figura 5: Comportamiento de la T_C en función del contenido de Zn

Para el cálculo de SLP, se realizaron las mediciones de incremento de temperatura vs tiempo de aplicación del campo de RF. Los resultados se presentan en la figura 6 donde se observa el ajuste mediante la función exponencial (ec. 2).

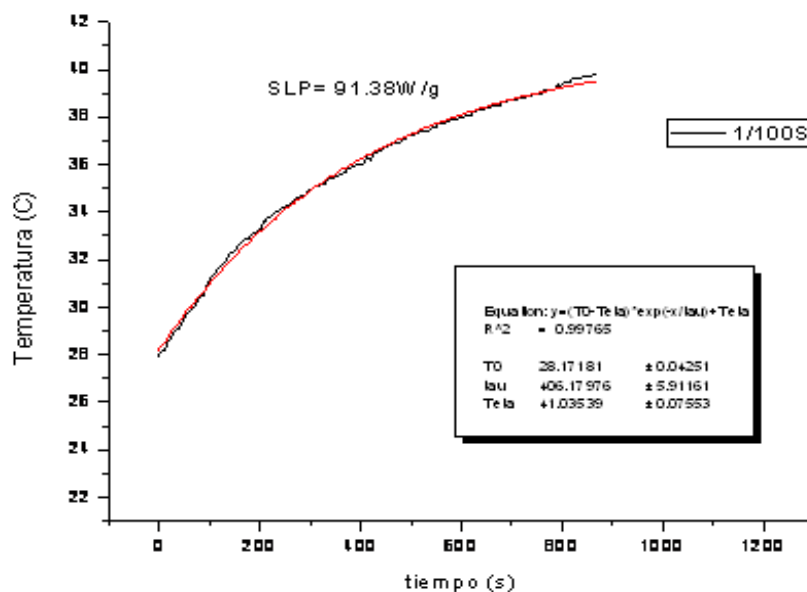


Figura 6: Gráfico de la temperatura vs. tiempo para las NP de magnetita y su ajuste con una función exponencial.

Para el FF preparado según 4-i) el valor de SLP obtenido es de 91.38 W.g^{-1} . Para evitar posibles aglomeraciones se diluyó la muestra. Haciendo la misma medición para otras dos diluciones con la muestra de magnetita pura, el valor de SLP estuvo en el orden de $73 \pm 3 \text{ W.g}^{-1}$, siendo un valor adecuado para hipertermia magnética. La medición de SLP para los FF de magnetita dopada con Zn arrojaron un valor máximo para concentración de Zn $x = 0.1$. Esto era esperable, ya que esa es la muestra que presenta la mayor magnetización de saturación ($SLP = f(M_s)$).

Cabe destacar que el tratamiento de hipertermia es muy prometedor. Nuevos resultados experimentales están en proceso para optimizar el sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Francisco Sánchez y su equipo de colaboradores por las mediciones de hipertermia. Este trabajo se realizó en el marco del Proy.UBACyT-2011-2014.

5. Bibliografía:

- Chan, D., Kirpotin, D., Bunn, Jr, P. (1993), J. Magnetism Magn.Mater.122, 374-378
- Fossati, A (2011); Síntesis y caracterización de magnetitas dopadas con Zn. Preparación de ferrofluidos y su aplicación en hipertermia, Tesis de grado, Fac. de Ing., Univ. De Buenos Aires
- García Cerda, L., Rodríguez Fernández, O., Betancourt Galindo, R., Saldivar Guerrero, R.(2003), Síntesis y Propiedades de Ferrofluidos de Magnetita, Superficies y Vacío 16, 28-31
- Jonsson, T., Nordblad, P., Svedlindh, P. (1998), Dynamic Study of Dipole-Dipole Interaction Effects in Magnetic Nanoparticles System, Physical Review B 57, 497- 504
- Sanchez, R., Zysley, R. (2005), Magnetismo de Sistemas Nanoscópicos. Algunas Aplicaciones. Revista Ciencia Hoy n° 85, Febrero-Marzo.

05TCQ. CRISTALIZACIÓN ISOTÉRMICA DE POLI (ϵ -CAPROLACTONA) EN COPOLÍMEROS BLOQUE

NINAGO, M.D.; CIOLINO, A.E.; VILLAR, M.A.

Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET)

Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur

E-mail: mninago@plapiqui.edu.ar, aciolino@plapiqui.edu.ar, mvillar@plapiqui.edu.ar

Resumen: El uso de copolímeros bloque ha tenido un interés creciente en las últimas décadas y han sido llevadas a cabo una significativa cantidad de investigaciones centrándose principalmente en la síntesis de copolímeros dibloque del tipo AB (Lötters et al., 1997, Balsamo et al., 1999, Ting et al., 2003). Los copolímeros bloque generalmente muestran variadas morfologías debido a la separación en microfases que ocurre durante la transición orden-desorden la cual depende fuertemente de la temperatura. Por otra parte si uno o ambos bloques cristalizan puede existir una competencia entre cristalización y separación de fases. Para evaluar este fenómeno se estudió la cristalización isotérmica del bloque de PCL en copolímeros donde uno de los bloques es no cristizable (PS o PDMS). Se realizaron ensayos de cristalización isotérmica mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y de los resultados se observó que la naturaleza del otro monómero incorporado al copolímero produce una modificación en los tiempos de cristalización ($t_{1/2}$) y en la constante de cristalización (k) del bloque de PCL. Asimismo se estudió el crecimiento de las esferulitas de PCL en films delgados empleando microscopía óptica (POM). Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo de Lauritzen-Hoffman L-H, (Hoffman, 1982), mostrando dos regímenes de cristalización (II y III) asociados a esferulitas anilladas. A partir del modelo de L-H se estimaron las constantes de velocidad de cristalización para cada régimen (k_{gII} y k_{gIII}).

1. Introducción

La poli(ϵ -caprolactona) (PCL) es un polímero semicristalino que, además de ser biodegradable, posee numerosas ventajas entre las cuales se pueden mencionar su facilidad de impresión, buen poder dispersante para pigmentos, procesabilidad y excepcional capacidad para formar mezclas miscibles o parcialmente miscibles con una amplia variedad de polímeros (Contreras et al., 2007). La PCL presenta un punto de fusión de 59-64 °C y una temperatura de transición vítrea de -60 °C (Ludueña et al 2007, Masao et al., 2007) que lo convierten en un excelente candidato como sustituto de polímeros en aplicaciones de envasado y embalaje, como así también en áreas específicas tales como medicina y tecnología (Heuschen et al., 1989). En copolímeros dibloque, la presencia de un componente amorfo afecta los procesos de nucleación y crecimiento del bloque cristalino, es por ello que a través de ensayos de cristalización isotérmica y aplicando la expresión de Avrami (1) se pueden determinar parámetros cinéticos tales como $t_{1/2}$, n , y k :

$$1 - V_c = \exp(-k \times t^n) \quad (1)$$

Donde V_c es la cristalinidad relativa al tiempo (t), k es la constante de la velocidad de cristalización y n es el exponente de Avrami que depende del tipo de nucleación y crecimiento. Cuando un polímero cristaliza desde soluciones concentradas o por subenfriamiento desde el estado fundido aparecen grandes agregados que desarrollan una morfología esferulítica. La teoría de Lauritzen-Hoffman (L-H) permite predecir la

velocidad de crecimiento, (G_T), considerando la influencia de la temperatura de cristalización en el transporte molecular:

$$G_{(T)} = G_0 \times \exp \left[-\frac{U^*}{R(T_c - T_\infty)} \right] \times \exp \left[-\frac{k_g}{T_c \times \Delta T \times f} \right] \quad (2)$$

Donde, U^* es la energía de activación del proceso de transporte, k_g es la constante de nucleación secundaria, G_0 es una constante empírica que incluye factores independientes de la temperatura, T_c es la temperatura de cristalización, T_∞ es la temperatura a la que cesa el movimiento molecular (usualmente $T_g - 30K$), ΔT es el grado de subenfriamiento, $\Delta T = T_m^0 - T_c$, T_m^0 es la temperatura de fusión en el equilibrio y f es un factor de corrección que considera la variación de la entalpía de fusión con la temperatura. En este trabajo se estudió el proceso de cristalización isotérmica de copolímeros bloque basados en PCL, evaluando la velocidad de crecimiento del bloque semicristalino y el efecto que produce la presencia de un bloque amorfo como el poli(estireno), PS o el poli(dimetilsiloxano), PDMS en la cadena de PCL.

2. Objetivos

Evaluar el proceso de cristalización isotérmica del bloque de PCL en copolímeros bloque de PS-*b*-PCL y PDMS-*b*-PCL.

Estudiar el crecimiento esferulítico isotérmico en copolímeros bloque de PCL a fin de comprender el mecanismo de cristalización que presenta el bloque de PCL cuando se encuentran unidos químicamente a un bloque amorfo como PS o PDMS.

3. Metodología

Una de las técnicas más empleadas y que proporciona los mejores resultados en la obtención de materiales de estructura controlada es la síntesis aniónica y la adición secuencial de monómeros (Bellas et al., 2000). En trabajos previos se obtuvieron copolímeros en base CL, empleando estireno y hexametildisiloxano (D_3) como monómeros (PS-*b*-PCL y PDMS-*b*-PCL). Los ensayos de DSC se llevaron a cabo en un equipo Perkin-Elmer® Pyris1. Todas las experiencias se realizaron bajo atmósfera de nitrógeno. La calibración se realizó empleando indio como referencia. Aproximadamente 0,01 g de copolímero fue analizado. El proceso de cristalización se evaluó también empleando microscopía óptica de luz polarizada. El tamaño de las esferulitas se midió con un microscopio Karl Zeiss Pol-III equipado con una cámara de video JVC empleando una platina calefactora. Las muestras fueron calentadas a 90 °C durante 10 minutos, y luego enfriadas a la temperatura de cristalización T_c .

4. Resultados

La composición de los copolímeros se determinó mediante 1H -NMR y sus propiedades térmicas se obtuvieron mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), como se resume en la Tabla 1.

Tabla 1 Caracterización química de los copolímeros mediante SEC, ¹H-NMR y DSC

Muestra	w _{PS} ^(a)	w _{PCL} ^(a)	w _{PDMS} ^(a)	M _w ^(b)	M _w /M _n ^(b)	T _m [°C] ^(c)	X% ^(c)
PCL	-	1	-	139.000	ND	56,9	44,7
ECL 1	0,55	0,45	-	45.800	1,07	54,2	40,4
ECL 2	0,24	0,76	-	33.300	1,04	58,5	32,9
SCL 1	-	0,45	0,55	52.000	1,23	57,3	36,5
SCL 2	-	0,78	0,22	16.900	1,09	58,5	29,9

^(a) Fracción másica de PCL, PDMS y PS (w_{PCL}, w_{PDMS}, w_{PS}) determinada por ¹H-NMR

^(b) Masa molar promedio en peso (M_w) y polidispersión (M_w/M_n) determinadas por SEC

^(c) Temperatura de fusión (T_m) y porcentaje de cristalinidad (X%) del bloque de PCL determinados por DSC

Todos los copolímeros exhibieron un contenido diferente de CL y una estrecha distribución de masas molares (M_w/M_n < 1,2). Además puede observarse que el copolímero SCL1 presenta un índice de polidispersión mayor que puede atribuirse a reacciones de escisión de cadena producidas durante el proceso de síntesis (Balsamo et al., 1996, Ninago et al., 2009).

A partir de los datos obtenidos por DSC se graficó $\log[-\ln(1-V_c)]$ versus logaritmo del tiempo, y mediante el ajuste lineal de los datos, se determinó el exponente de Avrami (*n*) a partir de la pendiente de las rectas. Asimismo el valor de ordenada al origen permitió conocer el valor de la constante cinética de cristalización *k* (Tabla 2). El valor del exponente de Avrami (*n*) para los copolímeros en bloque (SCL y ECL), mostró un valor menor (1,9 - 2,2) al obtenido para el homopolímero de PCL (2,2 - 2,6). Los valores de *t*_{1/2} de los copolímeros fueron similares a los del homopolímero de PCL para temperaturas de cristalización en el rango de 40 a 44 °C, sin embargo se observó una disminución apreciable para temperaturas de cristalización en el rango de 46 a 48 °C; estos resultados podrían indicar una dependencia del proceso de cristalización del bloque de PCL con la temperatura. Los copolímeros bloque de morfología lamelar, SCL1 y ECL1, mostraron menores tiempos de cristalización (*t*_{1/2}) comparados con los del homopolímero de PCL.

Para evaluar la velocidad de crecimiento esferulítico se empleó la teoría de Lauritzen-Hoffman, (ecuación 2), para ello se empleó un *U*^{*} = 1.500 cal/mol y un *T*_∞ = *T*_g - 30 K (Papageorgio et al., 2005). La figura 1 muestra la variación del radio de las esferulitas con el tiempo para el homopolímero de PCL y los copolímeros a diferentes temperaturas de cristalización; el tiempo se ha contabilizado desde el momento en que se aprecia la formación de la esferulita, es decir, no se ha reflejado el tiempo de inducción, asimismo los datos fueron extrapolados a tiempo cero para evaluar el crecimiento global de las esferulitas.

Tabla 2 Valores de *t*_{1/2} (min), *n*, *k* y ΔE a diferentes temperaturas de cristalización (*T*_c) para PCL y copolímeros

		<i>T</i> _c (°C)					ΔE(KJ/mol)
		40	42	44	46	48	
PCL	<i>t</i> _{1/2}	3,6	7,8	18,4	46,8	91,0	342,8
	<i>n</i>	2,2	2,1	2,4	2,6	2,4	
	<i>k</i>	4,1 10 ⁻²	9,1 10 ⁻³	7,1 10 ⁻⁴	3,5 10 ⁻⁵	1,3 10 ⁻⁵	
SCL 2	<i>t</i> _{1/2}	4,2	8,4	18,1	42,3	121,7	346,5
	<i>n</i>	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	
	<i>k</i>	4,5 10 ⁻²	1,1 10 ⁻²	1,8 10 ⁻³	2,3 10 ⁻⁴	1,8 10 ⁻⁵	
ECL 2	<i>t</i> _{1/2}	4,5	10,5	14,0	67,0	118,8	287,4
	<i>n</i>	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	

	k	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	
SCL 1	$t_{1/2}$	1,1	1,6	3,1	7,6	26,2	
	n	2,7	2,2	2,1	2,1	2,2	327,5
	k	$3,7 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-4}$	
ECL 1	$t_{1/2}$	4,1	7,6	14,5	29,2	40,0	
	n	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	232,5
	k	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-4}$	

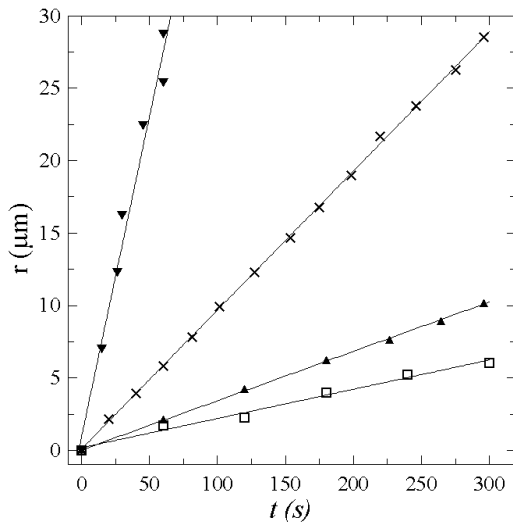


Figura 1- Radio de las esferulitas versus tiempo. Referencias: (x) PCL, $T_c = 42 \text{ }^\circ\text{C}$, (▼) SCL1, $T_c = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, (□) ECL2, $T_c = 47 \text{ }^\circ\text{C}$ y (▲) SCL2, $T_c = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

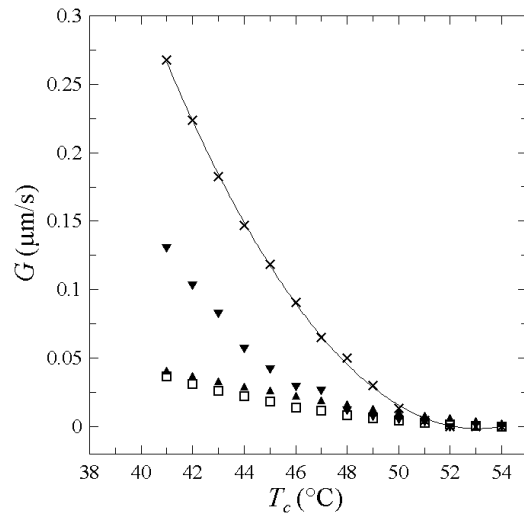


Figura 2- Velocidad de cristalización para PCL y copolímeros. Referencias: (x) PCL, (▼) SCL1, (□) ECL2 y (▲) SCL2

Se observó un crecimiento lineal del radio de las esferulitas con el tiempo (Figura 1). El mismo comportamiento se repitió para todas las temperaturas ensayadas, lo que indica que la velocidad de crecimiento es independiente del radio. La velocidad de crecimiento esferulítico se calculó como la pendiente de la recta de ajuste del radio experimental para cada tiempo. En la figura 2 se muestra la velocidad de crecimiento (G) medido en la dirección radial en función de la temperatura de cristalización T_c para films delgados de PCL y los copolímeros estudiados. El homopolímero de PCL presentó una velocidad de crecimiento mayor a la de los copolímeros de SCL y ECL. En todos los copolímeros se observó una disminución de la velocidad de crecimiento, lo cual puede ser atribuido al carácter diluyente que ejerce el bloque de polímero amorfo. Resultados similares fueron obtenidos por Yun-Fan et al. (2000) al analizar el régimen de crecimiento de esferulitas de PCL en mezclas miscibles con polímeros amorfos. A partir de los datos experimentales obtenidos, se graficó la expresión de Lauritzen-Hoffman (ecuación 2). La figura 3 muestra, a modo de ejemplo, la morfo-logía del copolímero SCL1 donde se observan los regímenes II y III, respectivamente. A temperaturas menores a 45°C las esferulitas obtenidas presentan una textura fibrilar con la característica cruz de malta como se observa en la fotografía a $42 \text{ }^\circ\text{C}$. A la temperatura de transición, donde se produce la intersección de las rectas $\approx 45,5 \text{ }^\circ\text{C}$, las esferulitas obtenidas presentaron una textura no claramente definida como ocurrió con el homopolímero de PCL, mientras que a mayores temperaturas se observan esferulitas de mayor tamaño con una estructura fibrilar y por regiones con una estructura dendrítica

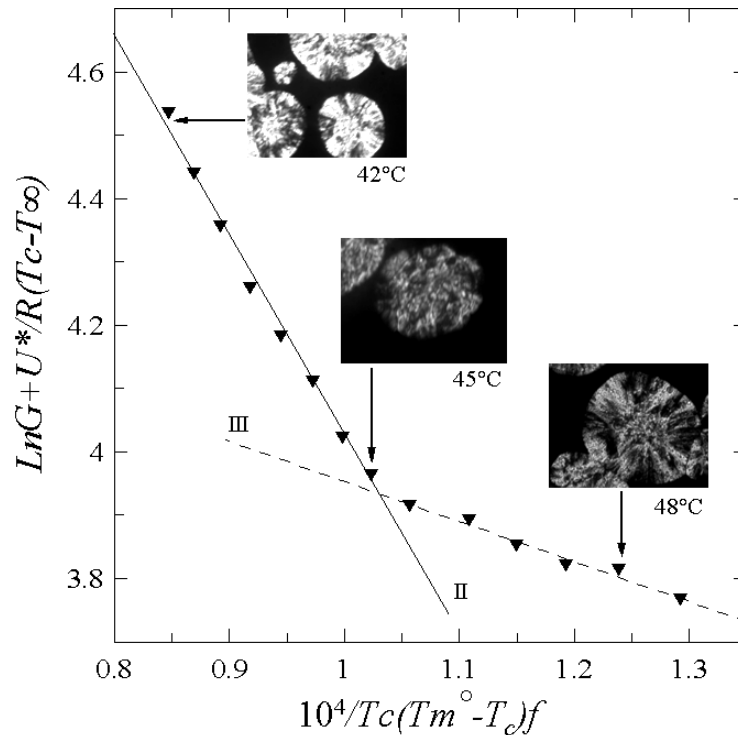


Figura 3. Representación de Lauritzen-Hoffman, régimen II y III, usado para determinar el parámetro de nucleación kg de SCL1

Para los copolímeros SCL2 y ECL2, se observó un crecimiento simultáneo de los núcleos, a lo largo de toda la superficie analizada para el régimen III, y se produjo un crecimiento esporádico a lo largo de la cristalización en el régimen II, mostrándose un mayor número de núcleos en el copolímero con PDMS. A mayores temperaturas presentaron una textura fibrilar con la característica cruz de malta predominante. Yu-Fan et al. (2000) obtuvo resultados equivalentes en mezclas de PS/PCL con una temperatura de transición de régimen III a II de 48°C cercana a la obtenida para los copolímeros analizados en este trabajo para composición similar, $\approx 47,5^\circ\text{C}$.

5. Conclusiones

Copolímeros modelo de PS-*b*-PCL y PDMS-*b*-PCL con bajos índices de polidispersión (PD) fueron sintetizados mediante el uso de adición secuencial de monómeros y polimerización aniónica (técnicas de alto vacío). Mediante calorimetría diferencial de barrido se evaluó la cristalización isotérmica del homopolímero de PCL y dos series de copolímeros, la primera empleando PS y la segunda PDMS como segundo bloque en el copolímero. De los datos obtenidos por DSC se observó que el valor del exponente de Avrami (n) mostró una disminución respecto al valor obtenido para el homopolímero de PCL. Los copolímeros bloque de morfología lamelar SCL1 y ECL1 mostraron menores tiempos de cristalización ($t_{1/2}$) comparados con los del homopolímero de PCL. Asimismo los valores de $t_{1/2}$ de todos los copolímeros fueron similares a los del homopolímero de PCL en el rango de temperatura de cristalización de 40 a 44 °C mostrando una apreciable disminución para el rango de temperatura de cristalización de 46 a 48 °C, lo cual sugiere que la temperatura juega un papel importante al momento de cristalizar el bloque de PCL. De los datos obtenidos por DSC y de acuerdo a los exponentes de Avrami calculados, en el rango 1,6 a 2,7 se observó que todos los materiales cristalizan en dos dimensiones (disco y cilíndrica). El estudio del crecimiento de las esferulitas desarrolladas en films

delgados se realizó para el homopolímero de PCL y sus copolímeros. La velocidad de crecimiento de las esferulitas fue ajustada con el modelo de Lauritzen-Hoffman, donde las constantes de cristalización presentaron una marcada dependencia con la temperatura de cristalización en el rango de 45 a 48 °C, en forma análoga a lo observado en los ensayos de cristalización isotérmica.

6. Bibliografía

- Balsamo, V., Stadler, R., Influence of the crystallization temperature on the microphase morphology of a semicrystalline ABC triblock copolymer, *Macromolecules* 1999, 32, 3994 - 3999.
- Balsamo, V., von Gyldenfeldt, F., Stadler, R., Synthesis of SBC, SC and BC block copolymers based on polystyrene (S), polybutadiene (B) and a crystallizable poly(ϵ -caprolactone) (C) block, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 1996, 197, 1159 - 1169.
- Bellas, V., Iatrou, H., Hadjichristidis, N., Controlled Anionic Polymerization of Hexamethylcyclotrisiloxane. Model Linear and Miktoarm Star Co- and Terpolymers of Dimethylsiloxane with Styrene and Isoprene, *Macromolecules* 2000, 33, 6993 - 6997.
- Contreras, R.J., Carrillo, M., Balsamo, V., Torres, C., Carrasqueño, L., Estudio preliminar de la síntesis secuencial y caracterización de terpolímeros ABC basados en isopreno, estireno y ϵ -caprolactona, *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* 2007, 27 (1) 41 - 51.
- Heuschen J., Vion, M., Jerome R., Teyssii, Ph., Polycaprolactone-Based Block Copolymers, Mechanical Behavior of Diblock Copolymers of Styrene and ϵ -Caprolactone, *Macromolecules* 1989, 22, 2446 - 2451.
- Hoffman, J.D., Polymer, Role of reptation in the rate of crystallization of polyethylene fractions from the melt, *Polymer*, 1982, 23, 656 - 670.
- Kunioka, M., Ninomiya, F., Funabashi, M., Novel evaluation method of biodegradabilities for oil-based polycaprolactone by naturally occurring radiocarbon-14 concentration using accelerator mass spectrometry based on ISO 14855-2 in controlled compost, *Polymer Degradation and Stability* 2007, 92, 1279 - 1288.
- Lötters, J.; Olthuis, W.; Veltink, P.; Bergveld, P., The mechanical properties of the rubber elastic polymer polydimethylsiloxane for sensor applications, *Journal of Micromechanics and Microengineering* 1997, 7, 145- 147.
- Ludueña, L.N., Alvarez, V.A., Vazquez A., Processing and microstructure of PCL/clay nanocomposites, *Materials Science and Engineering A* 2007, 460 - 461, 121 -129.
- Ninago, M.D.; Satti, A.J.; Ressia, J.A.; Ciolino, A.E.; Villar, M.A.; Vallés, E.M., Controlled synthesis of poly(dimethylsiloxane) homopolymers using high-vacuum anionic polymerization techniques, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry* 2009, 47, 4774 - 4783.
- Papageorgiou, G.Z., Achilias, D.S., Bikiaris, D.N., Karayannidis, G.P., Crystallization kinetics and nucleation activity of filler in polypropylene/surface-treated SiO₂ nanocomposite, *Thermochimica Acta* 2005, 427, 117 - 128.
- Xu, J.T., Yuan, J.J., Cheng, S.Y., SAXS/WAXS/DSC studies on crystallization of a polystyrene-*b*-poly(ethylene oxide)-*b*-polystyrene triblock copolymer with lamellar morphology and low glass transition temperature, *European Polymer Journal* 2003, 39, 2091 - 2098.
- Yu-Fan, C., Woo, E.M., Growth regimes and spherulites in thin-film poly(ϵ -caprolactone) with amorphous polymers, *Colloid and Polymer Science* 2008, 286, 917 - 926.

06TCA. UTILIZACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ACIDO SULFURICO

PELLIZARI L., ORIFICI L., PAGANO A.M., GELY M.C.

Área de Procesos, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) –
Av. Del Valle 5737 – (7400) Olavarría – Buenos Aires – Argentina –
cgely@fio.unicen.edu.ar – apagano@fio.unicen.edu.ar

Resumen: Integrando Proyectos de Diseño realizados en tres asignaturas del ciclo superior de la carrera de Ingeniería Química, se concreta un Proyecto Final de Carrera en el que se diseña el proceso de producción de ácido sulfúrico simulando el comportamiento del mismo en los estados estacionario y dinámico. Los resultados obtenidos a partir de la oxidación del dióxido de azufre muestran un sistema óptimo de dos reactores adiabáticos con enfriamiento entre etapas mediante intercambiadores de calor en los que con una temperatura de entrada al reactor de 450°C se obtiene una conversión total del 77.4%. La simulación en Aspen HYSYS® del proceso completo en estado dinámico a partir de la oxidación de SO₂ produce 8.83×10⁴ kg/h de ácido sulfúrico al 99%.

1. Introducción:

Con el objetivo de lograr una mayor integración tanto horizontal como vertical entre asignaturas del ciclo superior de la carrera de Ingeniería Química de la UNCPBA, se realizan proyectos de diseño interrelacionados. El objetivo final de estos proyectos de cátedra es lograr que los mismos contribuyan a conformar un proyecto final de carrera donde se integren los contenidos curriculares adquiridos contribuyendo al desarrollo de competencias tecnológicas en los estudiantes. Esto contribuye al mejoramiento de capacidades para identificar situaciones problemáticas, organizar datos, delimitar el problema, generar alternativas, evaluarlas y utilizar criterios de selección, evaluar el impacto sobre el medio ambiente, modelar y diseñar la alternativa seleccionada así como también realizar el control de la misma, entre otras.

Este trabajo surge como una interrelación entre tres actividades de diseño realizadas en las asignaturas Procesos Químicos I, Procesos Químicos II y Control de Procesos concretadas finalmente en un Proyecto Final de Carrera. En Procesos Químicos I se desarrolló el diseño de los reactores químicos involucrados en el proceso de producción de ácido sulfúrico, en la cátedra de Procesos Químicos II, se desplegó el diseño de equipos complementarios a través de la herramienta de simulación Aspen HYSYS®. Finalmente en la cátedra de Control de Procesos se diseñaron los sistemas de control más importantes mejorando la optimización general del proceso.

La importancia de este software de simulación reviste en su capacidad de resolución en forma iterativa de los diferentes balances de materia y energía que modelan un conjunto de equipos o procesos químicos, y la capacidad de inclusión de sistemas de control en los mismos, obteniendo una simulación dinámica de las variables involucradas.

Este documento que presenta una modalidad de integración de trabajos de diseño desarrollados en diferentes cátedras durante el avance de la carrera sería una opción para el desarrollo de los Trabajos Finales de Carrera.

Con respecto a la temática estudiada, se estima que la producción mundial de ácido sulfúrico alcanza a los 175 millones de toneladas, calculándose que en el período 1990–2004 la producción global de ácido creció a una tasa del 2% anual (Comisión Chilena del Cobre, 2005). En términos generales, el ácido sulfúrico se produce por la oxidación

catalítica del dióxido de azufre y/o trióxido de azufre, que es posteriormente absorbido en agua para formar ácido sulfúrico. El método de producción por contacto, comprende la etapa de generación de dióxido de azufre (SO₂), la etapa de conversión de SO₂ a trióxido de azufre (SO₃) y finalmente la absorción de agua por parte del trióxido de azufre (SO₃) para formar el ácido sulfúrico concentrado.

Evaluar los aspectos relevantes del diseño de una planta industrial para la producción de ácido sulfúrico es la iniciativa primaria que permite desarrollar desde la ingeniería una optimización a través del estudio y la simulación, a fin de generar un proceso económicamente viable.

2. Objetivos:

El proceso se analiza a partir de la etapa de oxidación del SO₂ con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

- 1) Estudiar y modelar diferentes alternativas de diseño que involucran múltiples sistemas operacionales de reacción y distintas fuentes de refrigeración
- 2) Obtener el diseño óptimo utilizando el software de simulación Aspen HYSYS®.

3. Metodología:

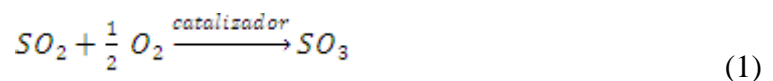
Los trabajos de diseño realizados en las asignaturas PQI y PQII involucraron simulaciones en estado estacionario, analizando las diferentes posibilidades estructurales y la optimización del proceso planteado.

En PQI se desarrolló la síntesis y simulación de la etapa de reacción analizando diferentes alternativas estructurales considerándose el análisis de los reactores catalíticos utilizados en la etapa de oxidación de SO₂. Se examinó la posibilidad de llevar a cabo la reacción de oxidación del SO₂ mediante sistemas de reactores en serie de una, dos y tres etapas para diferentes temperaturas de entrada, empleando un método gráfico y su simulación en Aspen HYSYS®. En este sentido, con estas herramientas se analizaron las ventajas y desventajas comparativas del uso de reactores de lechos rellenos con enfriamiento entre etapas mediante intercambiadores de calor y de lechos rellenos por etapas con refrigeración mediante inyección de alimentación fría.

En la asignatura PQII se simuló el proceso completo en estado estacionario adicionando la etapa de adsorción del trióxido de azufre, y el sistema de bombeo y almacenamiento.

Finalmente en la asignatura Control de Procesos, se pasó al estado dinámico, donde se analizó la evolución de las variables en el tiempo, y a partir de estos resultados se evaluaron las estrategias de control necesarias para obtener un nuevo estado estacionario con resultados similares al planteado inicialmente.

Las principales etapas del proceso estudiado consisten en la reacción donde se logra la conversión de SO₂ a SO₃ en presencia de oxígeno y la torre de absorción donde el SO₃ absorbe el agua de una solución de ácido, resultando en la conversión a Oleum (Calderón, 2007):



La reacción (1) es exotérmica, favoreciéndose a bajas temperaturas con pentóxido de vanadio soportado en sílice como catalizador. En cuanto a la cinética de la reacción, se trata de una catálisis heterogénea con un sistema de dos fases: una fase sólida constituida por el catalizador pentóxido de vanadio (V_2O_5) y una fase gaseosa constituida por los reactivos y los productos (SO_2 y SO_3). Se utilizó la cinética de la síntesis del ácido informada por Book y Challagulla (2000).

La reacción (2) es exotérmica por lo que el ácido producido debe ser enfriado continuamente. Se realiza utilizando ácido diluido. El SO_3 absorbido genera entonces un ácido con su concentración comercial.

Se consideró una corriente de alimentación "1" (**Figura 3**) que ingresó a un reactor de flujo en pistón (PFR-100) con una composición en fracción molar de 7.78% SO_2 – 92.2% aire, un caudal de entrada de 55000 kg/h (1736 kmol/h) y una temperatura de 327°C (600°K) (Book y Challagulla, 2000). La capacidad calorífica específica (31.845 kJ / (kmol K)), el calor de reacción (7324.0 kJ / kmol SO_2) y el coeficiente de transferencia de calor (837.4 (kJ K) / (h m²)) se tomaron constantes en el rango de temperaturas de trabajo (327-627°C). Para el análisis de las dimensiones de los reactores, se fijó como parámetro la profundidad del lecho catalítico. Según datos bibliográficos (Harrer, 1969), este valor debe variar entre 0.508-1.27 m de profundidad (20-50 pulgadas).

Se analizó el efecto del incremento en la temperatura de la corriente de alimentación entre 400 a 500°C (673-773°K) antes de su ingreso al reactor a fin de determinar la temperatura óptima.

El alcance del trabajo comprende el diseño y estudio del número de etapas y de las formas de refrigeración de los reactores catalíticos intervinientes a través de herramientas teóricas como el método gráfico (Levenspiel, 1990) y computacionales como la simulación. Esto se complementa con la simulación completa del proceso en el software Aspen HYSYS®, implementando un sistema de control adecuado sobre las corrientes de proceso.

4. Resultados y Discusión:

Lechos de relleno adiabáticos por etapas, con enfriamiento entre etapas mediante intercambiadores de calor

Se realizó la selección de la temperatura óptima de entrada al reactor utilizando el método analítico y la simulación mediante el software Aspen HYSYS®. Utilizando el método analítico, la temperatura óptima de entrada al reactor que hace mínima la relación V/F_{AO} , se determina directamente a partir de las gráficas de conversión (x_A) frente a la temperatura (T).

Los resultados obtenidos para la temperatura de operación óptima (Harrer, 1969; Levenspiel, 1990) indicaron que un incremento en la temperatura de entrada al reactor (T_a) se tradujo en una disminución en el diámetro requerido del reactor variando entre 4.21 m ($T_a=400^\circ C$) y 2.09 m ($T_a=477^\circ C$). En la **Figura 1** se muestran los resultados obtenidos de conversión en función de la temperatura de entrada (T_a) para sistemas de reactores adiabáticos en serie con refrigeración mediante intercambiadores de calor entre etapas. Los resultados reflejan una disminución en la conversión al incrementar la temperatura de entrada (T_a) para un reactor; sin embargo, a medida que se incrementa el número de reactores en serie, la conversión se mantiene aproximadamente constante. Por otro lado, los sistemas multi-etapas alcanzan conversiones de hasta 10% superiores al comparar sistemas de dos y tres etapas para una misma temperatura.

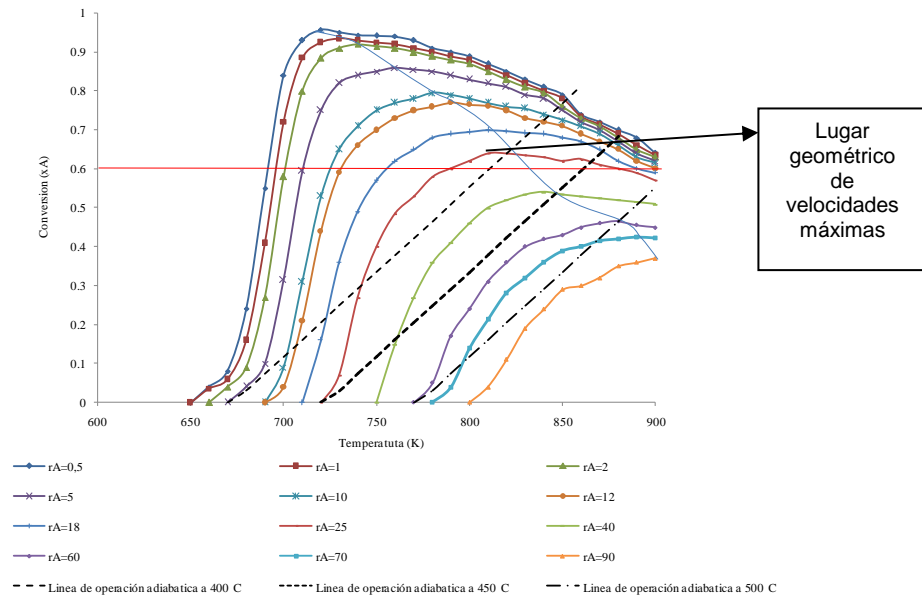


Figura 1 - Localización de la línea óptima de operación adiabática para flujo en pistón.

Los resultados (**Figura 2**) indican una disminución de la masa de catalizador al incrementarse la temperatura de entrada al reactor (T_a). Por otro lado, se requiere de mayor masa de catalizador al incrementar el número de reactores involucrados.

Existe entonces una situación de compromiso entre conversión y masa de catalizador al seleccionar la temperatura óptima de entrada al reactor (T_a) dado que una temperatura excesiva reduce las cantidades de catalizador requeridas (**Figura 2**) y la conversión lograda en el reactor (Smith, 1977). Es en función de estos resultados que se decide trabajar a una temperatura de entrada de 450°C .

Utilizando el software Aspen HYSYS® con el paquete de predicción de propiedades Peng-Robinson se obtuvieron resultados similares a los encontrados por el método analítico, con conversiones totales que oscilaron entre 64.15% para un sistema de una sola etapa y 84.38% para un sistema de tres reactores en serie.

En función de los resultados obtenidos, buscando un equilibrio entre seguridad y eficiencia, se determina que la opción más conveniente para la producción del trióxido de azufre será utilizando dos reactores pistón adiabáticos con enfriamiento entre etapas mediante intercambiadores de calor, con una temperatura óptima de entrada al reactor de 450°C , alcanzando una conversión del 77.4%. La producción de SO_3 de la corriente de salida "5" (**Figura 3**) para el sistema de los dos reactores PFR-100 y PFR-101 es de 1667 kmol/h.

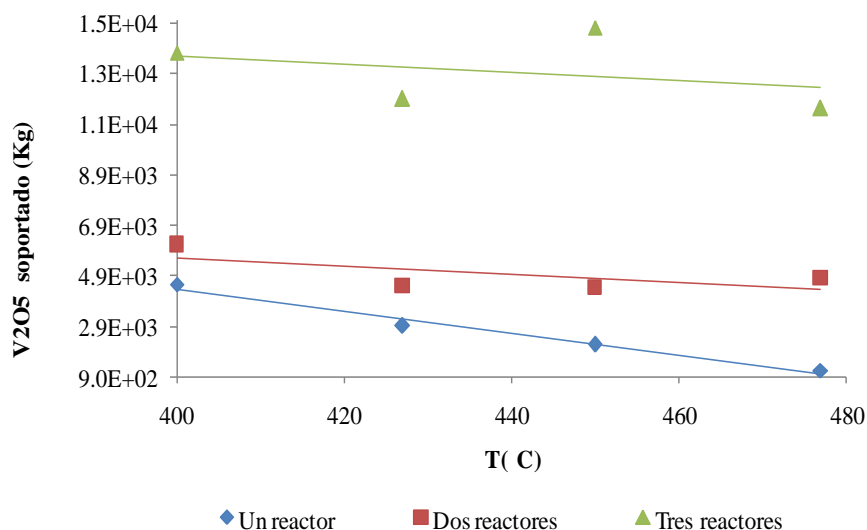


Figura 2 - Variación de la masa de catalizador requerida con la temperatura de entrada al reactor para distintos sistemas de reactores con enfriamiento entre etapas.

Lechos de relleno adiabáticos por etapas con inyección de alimentación fría

Una forma de eliminar los intercambiadores de calor entre las etapas es mediante la adición adecuada de alimentación fría en la entrada de la segunda etapa y en etapas sucesivas del sistema de reactores (Levenspiel, 1990). Siguiendo una metodología similar a la efectuada en el ítem anterior, comparativamente, se encontró que los reactores con refrigeración entre etapas mediante intercambiadores de calor dan conversiones de hasta un 5% superior a los reactores con refrigeración entre etapas mediante inyección de alimentación fresca. Este último modo de refrigeración es recomendado cuando es necesario un gran precalentamiento para alcanzar la temperatura de reacción. Dado que el caso de estudio requiere sólo de un precalentamiento de aproximadamente 123°C, se decidió utilizar intercambiadores de calor entre etapas como sistema de refrigeración.

Diagrama de flujo del proceso completo de producción de ácido sulfúrico

La **Figura 3** muestra el “flowsheet” de la planta de producción de ácido sulfúrico estudiada. La corriente “5” que contiene los productos de reacción se enfría a una temperatura de 77°C para ingresar a la columna de absorción T-100. La corriente “7” que contiene ácido sulfúrico diluido (98.5%) ingresa a la columna de absorción con un caudal de 907.1847 kgmol/h (2000 lbmol/h). El agua contenida en esta corriente (“7”) absorbe el trióxido de azufre generado por los reactores. Posteriormente, el ácido es enfriado para retirar el calor generado por la reacción y dilución del ácido. El ácido sulfúrico en el circuito de contacto tiene el rol de secar el aire previo a inyectarse al reactor. Se trabaja a presión atmosférica. Los resultados indican para la corriente “9” un caudal molar de 898.1 kmol/h con una temperatura de 75.56°C y una composición de 99.5% H₂SO₄ – 0.1316% SO₃.

Se implementó una estrategia de control del proceso a fin de lograr, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida. El control se incorporó a partir de la simulación en estado estacionario en Aspen HYSYS®, especificando las características dinámicas del equipamiento del proceso. Luego se realizó

la simulación en modo dinámico analizando las modificaciones en las variables e incorporando sistemas de control “feedback”.

En el presente proyecto de estudio, al pasar del estado estacionario al dinámico las variables que se modificaron respecto de los valores de consigna fijados fueron las temperaturas en las corrientes “2”, “4”, “6” y “10” que repercutieron sobre las demás corrientes del proceso, por lo cual se hizo indispensable su control.

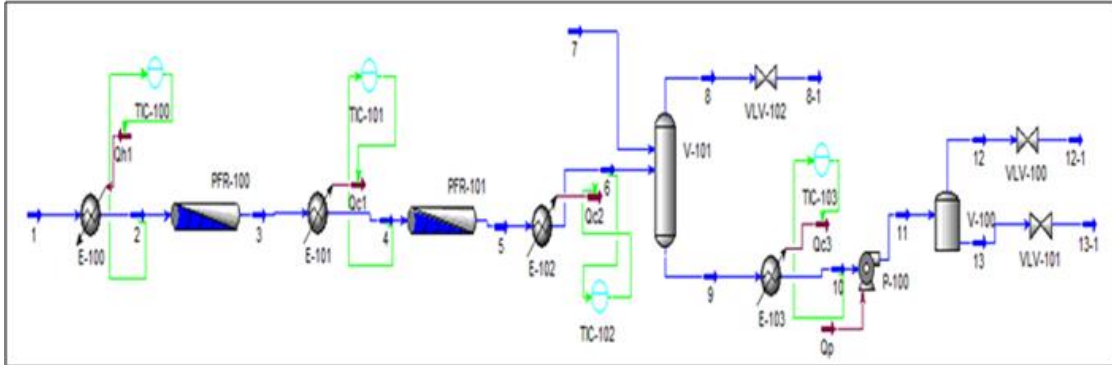


Figura 3 - Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ácido sulfúrico con la estrategia de control incorporada.

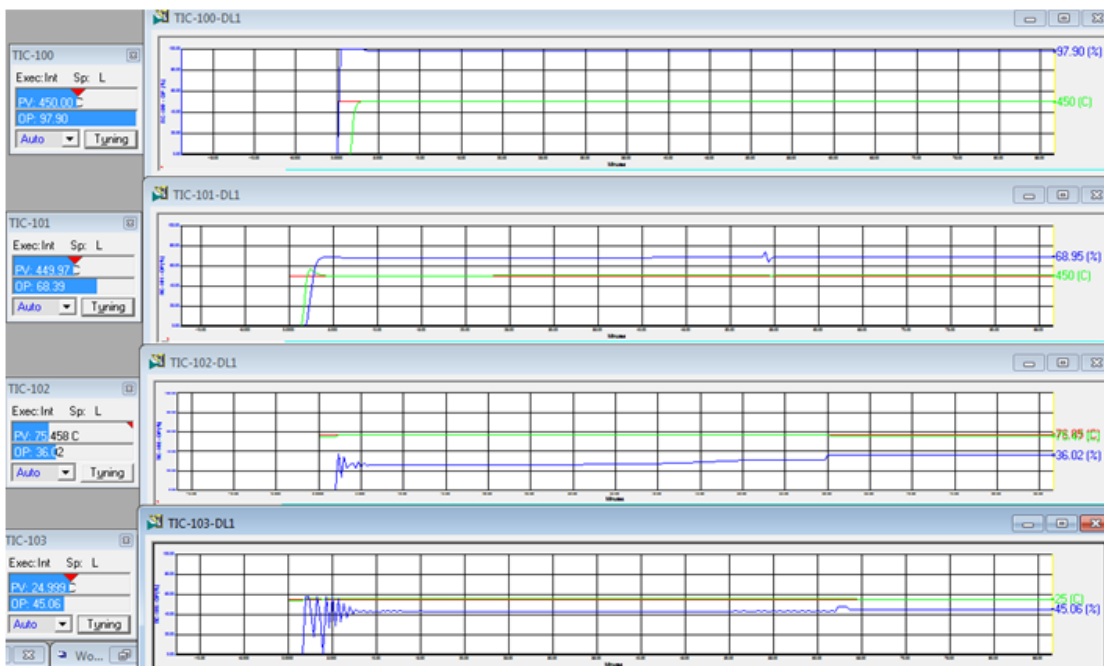


Figura 4 - Control optimizado en forma automática en el tiempo.

La configuración de los lazos de control TIC-100 a TIC-103 se realizó en estado dinámico de modo “automático” a fin de encontrar los rangos máximo y mínimo de la variable manipulada adecuados para el valor de “set point” deseado en cada lazo. Luego, mediante la función “Autotuner” se sintonizaron los parámetros de control K_c , T_i y/o T_d .

En la **Figura 4** se puede observar como a través de la simulación fue posible sintonizar automáticamente el sistema de control a fin de registrar en el tiempo los valores deseados de las variables implicadas. Los cuatro sistemas de control de temperatura fueron suficientes para controlar de manera efectiva en estado dinámico el proceso estudiado.

5. Conclusiones:

El principal logro perseguido en este trabajo fue lograr la combinación de tres trabajos de diseño realizados durante el desarrollo de la carrera en un Proyecto Final.

En lo que se refiere al estudio del proceso de la oxidación de dióxido de azufre para la fabricación de ácido sulfúrico, se determinó un sistema de dos reactores adiabáticos de lecho relleno en serie con enfriamiento entre etapas mediante intercambiadores de calor como alternativa óptima de diseño. Dicho sistema posee una temperatura de entrada al reactor de 450°C y alcanza una conversión del 77.4%. La simulación en Aspen HYSYS® del proceso completo en estado dinámico a partir de la oxidación de SO₂ a través del sistema de estudio seleccionado para dicha etapa produce 8.83×10⁴ kg/h de SO₄H₂ al 99%. La estrategia de control de las temperaturas de cuatro de las corrientes involucradas permite controlar efectivamente el sistema en estado dinámico.

6. Bibliografía:

Book, N.L.; Challagulla, V.U.B. (2000). Inherently safer analysis of the attainable region process for the adiabatic oxidation of sulfur dioxide. *Computers and Chemical Engineering* 24, 1421-1427.

Calderón, J. (2007). Manufactura de ácido sulfúrico. *Industrial Chemicals Corp.*, 6(57), 6 p.

Comisión Chilena del Cobre (2005). El mercado del ácido sulfúrico en Chile proyectado al año 2015. Editor Vicente Pérez Vidal, Chile, 6-7.

Fogler H.S. (1992). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences, 2da Ed., USA.

Harrer, T. S. (1969). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, New York: Wiley-Interscience, 2nd Ed., Vol. 19, pp. 470.

Levenspiel, O. (1990). *Ingeniería de las Reacciones Químicas*, Ed. Reverté S.A., 2da. Ed., España.

Smith, J.M. (1977). *Ingeniería de la cinética química*, Ed. Ceca, Cap. 13, pp. 639.

07TCA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN

RAITH, G. E.⁽¹⁾; VESPASIANO, D. C.⁽¹⁾; ROMANO, S. D.^{(1),(2)}

⁽¹⁾ **Grupo de Energías Renovables (GER) – Dpto. de Ing. Mecánica – Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires – Av. Paseo Colón 850 C1063ACV CABA – ARGENTINA - ger@fi.uba.ar**

⁽²⁾ **Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Rivadavia 1917, C1033AAJ, Buenos Aires, Argentina.**

Resumen: Se diseñó y construyó un equipo de bajo costo con el objeto de determinar la estabilidad de la oxidación, por medio del registro de la variación de la conductividad en función del tiempo. Dicho equipo es apto para la determinación de la estabilidad a la oxidación de aceites vegetales de diversos orígenes y biodiesel. El dispositivo se ajustó a las especificaciones de la norma europea UNE - EN 14112:2003. Se realizaron ensayos de determinaron los períodos de inducción y se analizó la repetitividad de los resultados.

1. Introducción

El biodiesel (Knothe y et al. 2005 y Romano y et al. 2006) es un biocombustible líquido que puede ser utilizado mezclado con gasoil, o en su reemplazo, en motores Diesel y se obtiene a partir de una reacción química de transesterificación entre un aceite vegetal o grasa animal con un alcohol de cadena corta. En nuestro país, desde el año 2010, se utiliza un corte obligatorio de biodiesel en gasoil (actualmente del 7%) de acuerdo a la ley 26093/06 y su decreto reglamentario 109/07.

Es indiscutible que realizar el control de calidad del biodiesel es fundamental para asegurar el buen funcionamiento del motor. Pero desafortunadamente, no siempre los productores agropecuarios que lo elaboran para autoconsumo o las PyMEs (pequeñas y medianas empresas) pueden hacerlo. Esto se debe a que la normativa nacional (IRAM 6515) e internacional (ASTM D 6751 y EN 14214) establece muchas propiedades para medir, y adquirir el equipamiento comercial necesario no está al alcance de pequeños y medianos productores, debido a su alto costo. Una de las propiedades de calidad listada en las normas es la estabilidad a la oxidación.

En el Grupo de Energías Renovables (GER) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA), desde hace varios años se trabaja en el control de calidad de biodiesel, incluyendo el diseño y la construcción de equipamiento para medir propiedades de caracterización del biocombustible exigidas por normas, logrando equipos que cumplen con los requisitos establecidos en los estándares internacionales y son mucho más económicos que los comerciales. En este contexto, se diseñó y construyó un equipo para la medición de la estabilidad de la oxidación que cumple los requisitos de la norma europea UNE-EN 14112:2003 (método Rancimat).

La estabilidad a la oxidación se relaciona con la degradación potencial existente en el combustible durante su almacenamiento. La oxidación produce cambios en las propiedades físicas y químicas de los aceites y biodiesel. Y en los combustibles, suele estar acompañada por procesos de polimerización que producen deposición de lacas y formación de gomas solubles e insolubles. Las lacas producen obstrucción en los ductos de alimentación de combustible, las gomas insolubles desatan la colmatación de los filtros y las gomas solubles fomentan la formación de depósitos y residuos carbonosos en los inyectores, desencadenando problemas en la combustión como consecuencia de la falla de estanquidad en el inyector (entre aguja y la tobera).

2. Objetivos

Los objetivos principales de este trabajo fueron:

- Diseñar y construir un equipo para medir la estabilidad a la oxidación en biodiesel (ensayo de oxidación acelerada), de acuerdo a normas internacionales.
- Lograr un equipo más económico que los comerciales.
- Determinar el período de inducción de acuerdo al método de las tangentes, por medio del trazado de dos rectas de regresión lineal para cada una de las zonas características de las curvas relevadas.

3. Metodología

4.1.- Principio de funcionamiento del equipo

El principio de funcionamiento del equipo de estabilidad a la oxidación se basa en hacer pasar un flujo constante de aire ambiente purificado a través de la muestra en la que se quiere determinar el período de inducción. Para acelerar las reacciones de oxidación, la muestra se calienta a una temperatura de 110°C durante todo el período de medición. El flujo de aire arrastra los vapores liberados producto de las reacciones de oxidación y ambos se canalizan en un matraz con agua destilada, donde se encuentra sumergido el electrodo destinado a medir la conductividad. El esquema del principio de funcionamiento del equipo se muestra en la **FIGURA 1**.

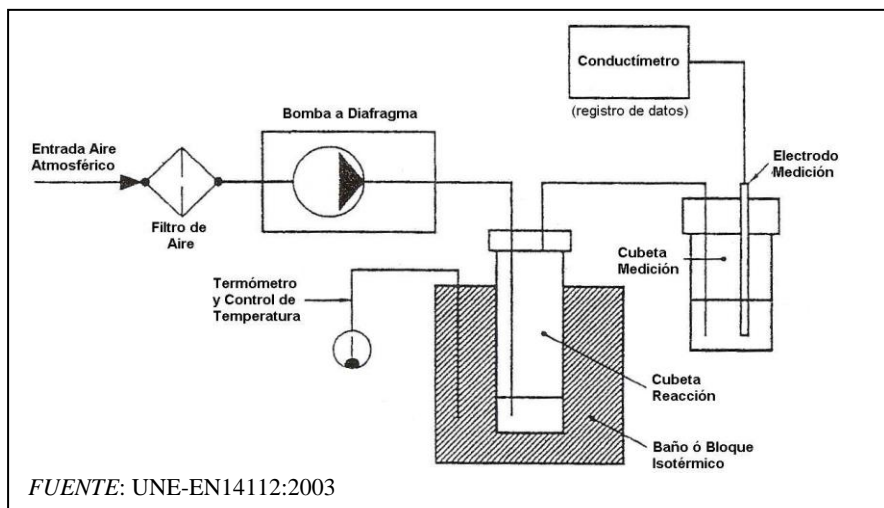
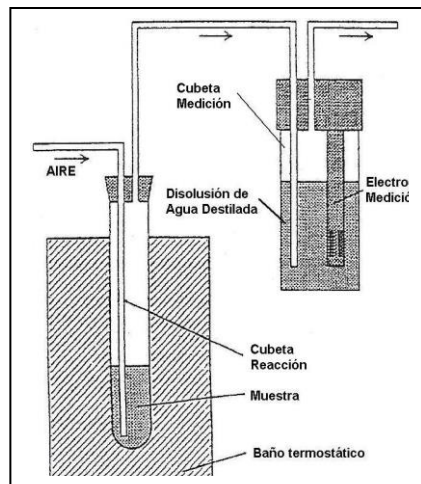


FIGURA 1: Esquema del Equipo de Estabilidad a la Oxidación

El período de inducción es el tiempo que transcurre entre el momento que comienza la medición y el momento en que comienza a aumentar rápidamente la formación de productos de la oxidación. Esto se detecta mediante el registro de la conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$], dado que el aumento veloz de la conductividad se correlaciona directamente con la aparición de los productos de la oxidación. Este aumento acelerado de la conductividad se produce fundamentalmente por la disociación de los ácidos carboxílicos volátiles de la muestra, que se recolectan en la cubeta de medición mediante el burbujeo de los gases en agua destilada. El agua destilada absorbe estos gases arrastrados por el flujo de aire constante, haciendo que la conductividad del agua destilada aumente.

En la **FIGURA 2**, se pueden observar en detalle las cubetas de medición y de reacción. En la de reacción es donde se colocan $3,0 \pm 0,01$ g de la muestra a analizar mientras que el electrodo se encuentra sumergido en un volumen de 50 ml de agua destilada, en la cubeta de medición.



FUENTE: UNE-EN14112:2003

FIGURA 2: Detalle de las cubetas

4.2.- Diseño y construcción del equipo

El equipo es apto para la medición simultánea de estabilidad a la oxidación de dos muestras.

Con los instrumentos seleccionados para el registro de la conductividad, mediante el programa de adquisición de datos, se almacena la información en la computadora por medio de la interfaz de comunicación serie estándar RS232. Las características principales de los conductímetros utilizados son (Lutron, 2011):

- Rango 0,1 a 199,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Resolución: 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Incertidumbre: $\pm 2\% + 1d$ a FS (Full Scale)
- Coeficiente Compensación de Conductividad: $2\%/^{\circ}\text{C}$

El baño termostático se construyó con un recipiente comercial, de acero inoxidable, de una capacidad volumétrica de 2,5 l y diámetro externo $\cong 15$ cm. Dentro del mismo se coloca aceite térmico como fluido de transferencia de calor. A los fines de calefaccionar el sistema, se seleccionaron dos resistencias tipo suncho. Utilizando la ecuación (1) se determinó la potencia de las resistencias, W (Çengel, 2007),

$$W = \rho * V * Cp * (Tf - Ti) \quad (1)$$

donde ρ es la densidad del aceite, Cp es su poder calorífico, V es la capacidad del recipiente y T son las temperaturas (f : final e i : inicial).

Se utilizaron los siguientes datos:

$$\rho(\text{aceite}) = 0.91 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}; Cp(\text{aceite}) = 0.40 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}; V = 2.5 \text{dm}^3; T = 20^{\circ}\text{C} \text{ y } T = 110^{\circ}\text{C}.$$

Se seleccionaron dos resistencias, una con capacidad de 700Wh y otra de 200Wh, totalizando la capacidad energética de calefacción de 900Wh, como se indica en la **FIGURA 3**. Esto permite llegar a la temperatura de régimen en $\cong 25$ min. La estrategia de calefacción consiste en la conexión inicial de los 900W hasta alcanzar una temperatura de $\cong 95^{\circ}\text{C}$. Luego se desconecta la de 700W y se deja la de 200W controlada por un PID, con un sensor PT100. La actuación de las resistencias se realiza mediante un relé de estado sólido (SSR: Solid State Relay) de una capacidad de 15A y una tensión de ruptura de 480VCA. La temperatura de corrección del baño termostático respecto a la del interior de la cubeta de reacción se realiza determinando el ΔT , que en nuestro caso es de $0,9^{\circ}\text{C}$ (UNE-EN 14112:2003). Con ello se tiene que la $T_{\text{programada}}$ es de $110,9^{\circ}\text{C}$, y es lo que se

configura en el PID.

Dado que el calentamiento del aceite no es suficiente para mantener temperaturas homogéneas en todo el recipiente, se seleccionó un moto-reductor de 15 W @ 350RPM con una alimentación de 12 a 24 VDC. Con ello, una paleta y un eje se armó un agitador que permite homogenizar la temperatura del baño termostático.

Se utilizó el criterio de Ziegler – Nichols (Ruíz, 2005) para sintonizar el equipo mediante la aproximación de los valores de las constantes de tiempo t (la cual refleja la velocidad de respuesta del sistema) y L (que representa su retardo natural). Con ellas se armó la función de transferencia correspondiente $G(s)$, como se indica en la ecuación (2),

$$G(s) = \frac{K \cdot e^{-L \cdot s}}{t \cdot s + 1} \quad (2)$$

donde: K : ganancia estática; t : constante de tiempo; L : tiempo muerto aparente.

Para el sistema de barrido de aire, se utilizó una bomba de simple diafragma de Teflón[®], de desplazamiento positivo, con cuerpo de Nylon 6, alimentación de 12-24VDC. Luego se colocó un filtro en serie con un sistema de secado basado en perlas de sílica-gel con indicador de saturación. Para controlar el caudal de aire a la entrada de las cubetas, se colocó un rotámetro de rango 0,1 – 1 SLPM (Standard Liters Per Minute) equivalentes a 6 - 60 l/h, con válvula del tipo de aguja incorporada, para la regulación del caudal. En la **FIGURA 4** se puede apreciar el equipo terminado.

Los resultados se evalúan con el método que consiste en la determinación de la intersección de las dos tangentes óptimas, en forma manual, en el gráfico de conductividad en función del tiempo.



FIGURA 3: Detalle de resistencias **FIGURA 4:** Equipo de Estabilidad a la Oxidación

La primera tangente corresponde al aumento moderado de conductividad mientras que la segunda se corresponda con la parte superior de la curva, donde se produce el incremento veloz de la propiedad medida. El “tiempo de inducción” se determina haciendo la lectura en la gráfica en el eje de abscisas, correspondiente a la intersección de las dos tangentes óptimas.

Un refinamiento del método anterior, realizado en el GER, surgió del trazado de dos sendas rectas de regresión lineal (con factores de correlación $R^2 \cong 0,99$, para ambos sectores de la gráfica) y la determinación analítica de sus intersección.

4. Resultados y discusión

Se realizaron ensayos de estabilidad a la oxidación en biodiesel nuevo y con distintos tiempos de almacenamiento. Para presentar en este trabajo se seleccionaron los resultados de una muestra con bajo tiempo de inducción debido a que los errores en la medición impactan en forma más significativa, por lo que es la situación más desfavorable.

Los ensayos se realizaron por cuadruplicado (Ensayos 1 a 4), con el mismo operador del equipo. Todas las curvas son producto del registro de la conductividad en lapsos de tiempo de 2,5 min. Las determinaciones del período de inducción, fueron realizadas con el método de las dos tangentes. Los resultados se muestran en las **FIGURAS 5 a 8**.

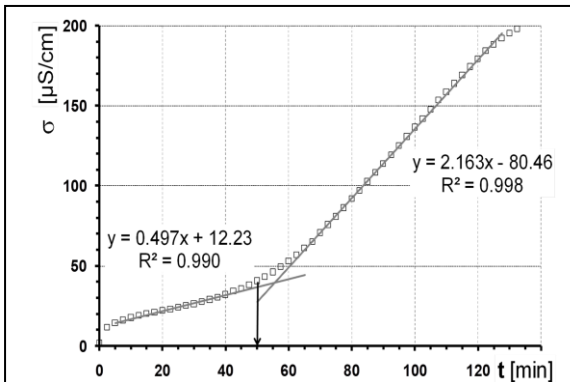


FIGURA 5: Ensayo N°1.

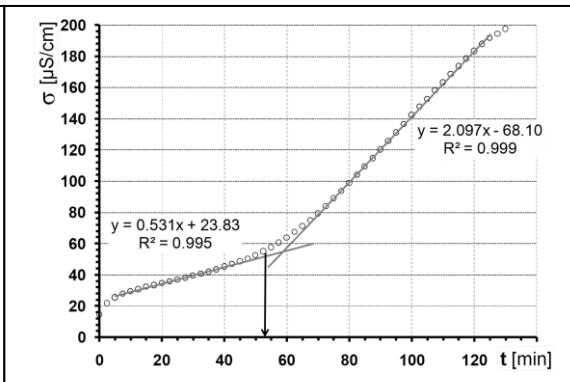


FIGURA 6: Ensayo N°2.

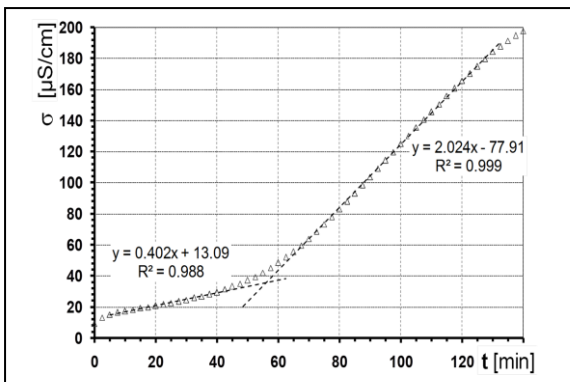


FIGURA 7: Ensayo N°3.

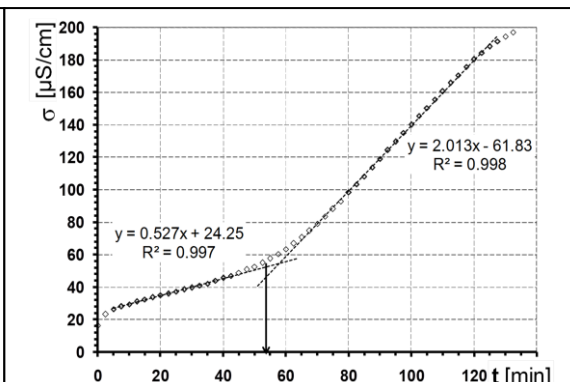


FIGURA 8: Ensayo N°4.

En la **TABLA 1**, se muestran las ecuaciones de las rectas de regresión, denominando tg_1 a la primera tangente (correspondiente al crecimiento lento de la conductividad) y tg_2 a la correspondiente al crecimiento veloz. Son las que luego se igualan con el fin de obtener la intersección, y leer el valor correspondiente a la abscisa, que es el período de inducción de la muestra en cada ensayo.

Ensayo N°	tg_1	tg_2
1	$y=0,497x+12,23$	$y=2,163-80,46$
2	$y=0,531x+23,83$	$y=2,097-68,10$
3	$y=0,402x+13,09$	$y=2,024-77,91$
4	$y=0,527x+24,25$	$y=2,013-61,83$

TABLA 1: Rectas de Regresión

En la **TABLA 2** se muestra el tiempo de inducción, en minutos (como se obtiene del registro de datos del equipo) y en horas, con el redondeo con aproximación de 0,1 h, de acuerdo a norma EN 14112:2003.

Por medio de la ecuación (3) se determina el valor medio \bar{X} , del período de inducción de los ensayos, siendo x_i el resultado de cada ensayo y n el número de ensayos.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \quad (3)$$

Ensayo N°	TI [min]	TI [h]
1	55,2	0,93
2	58,7	0,98
3	56,1	0,94
4	58,0	0,97
\bar{X}	57,1	1,0
Máx.		0,98
Mín.		0,93
Δ		0,05

TABLA 2: Resultados finales

Se realizó un análisis de repetitividad (r) de cada uno de los ensayos mediante la ecuación (4), (UNE-EN 14112:2003):

$$r = 0,09\bar{X} + 0,16 \quad (4)$$

Con los valores de la **TABLA 1**, se calculó $r = 0,25$. Queda entonces de manifiesto que en ningún caso se supera la diferencia “ Δ ” absoluta (= 0.05) entre los cuatro resultados, siendo $\Delta \ll r$.

5. Conclusiones

Se diseñó y construyó el equipo para determinar la estabilidad a la oxidación de biodiesel de acuerdo a los parámetros establecidos en normas internacionales.

La determinación de los períodos de inducción fue realizada con éxito, cumpliendo ampliamente el requisito de repetitividad, aún en los casos más desfavorables (biodiesel almacenado durante mucho tiempo, con bajo tiempo de inducción).

Con el diseño de doble resistencia calefactora se logra una rápida puesta en régimen de todo el equipo. La combinación del controlador PID, con el sensor tipo PT100, el motor-reductor de y la resistencia calefactora N°2 de baja potencia es una buena solución técnico - económica, para lograr controlar el baño termostático dentro de rangos de precisión de $\pm 0,1$ °C.

Con esta distribución anular simétrica, el equipo se puede ampliar para poder realizar la medición de más muestras simultáneamente.

Debido al bajo costo (inferior al 10%) comparado con el equipo comercial (Rancimat, modelo 743), el equipo diseñado y construido es accesible para la utilización en PyMEs que producen biodiesel pudiendo, de esta forma, realizar in situ el control de la estabilidad la oxidación del biocombustible.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto UBACyT, Código: 20020090100263, “Investigación y desarrollo en biocombustibles líquidos”. Los autores agradecen al Ing. Salvador Kuz por su colaboración.

6. Bibliografía

1. Knothe G., Gerpen Jon Van, Krahl Jürgen (2005). The Biodiesel Handbook. AOCS Press, USA.
2. Romano S. D., González Suárez E., Laborde M. A. (2006). Combustibles Alternativos. Ediciones Cooperativas, Cap.1: Biodiesel. 2º Ed., Argentina.
3. Ruíz Alfaro Víctor M. (2005). Actualización del método de sintonización de controladores de Ziegler Nichols. Ingeniería 15 (1,2): 39-52, ISSN: 1409-2441.
4. Çengel Yunus A. (2007). Transferencia de Calor y Masa. 3era Edición Mc Graw Hill.
5. Ley N° 26093/06: Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles.
6. Decreto Reglamentario 109/2007. Actividades alcanzadas por los términos de la Ley 26.093. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Régimen Promocional.
7. Norma IRAM 6515-1/02:2002, “Calidad de Combustibles. Combustibles líquidos para uso automotor. Biodiesel”.
8. Norma ASTM D 6751:2009:”Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels”.
9. Norma EN 14214:2009 (European Standard for Biodiesel): Automotive Fuels, Fatty Acid Methyl Esters (FAME) for Diesel Engines, Requirements and Test Methods.
10. Norma UNE-EN 14112:2003 Derivados de aceites y grasas, Esteres metílicos de ácidos grasos (FAME), Determinación de la estabilidad a la oxidación (ensayo de oxidación acelerada)
11. Lutron Electronic (2011).Instruction Manual Conductivity Meter – Model: CD-4303.

08TCA. DEGRADACIÓN DE BENCENO UTILIZANDO CATALIZADOR DE HIERRO SOPORTADO EN UNA ZEOLITA NATURAL

RUSSO A.V., TORIGGIA L.F., JACOBO S.E.

Universidad de Buenos Aires-INTECIN. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Físicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos. Paseo Colón 850. CABA. Argentina. arusso@fi.uba.ar

Resumen: En este trabajo se presentan los resultados de la degradación de benceno a partir de una solución saturada acuosa, utilizando como catalizador nanopartículas de hierro metálico soportadas en zeolita natural (tipo clinoptilolita). Se llevaron a cabo experiencias en columnas rellenas con dicho catalizador a escala banco. Los resultados obtenidos indican que el sistema propuesto mantiene muy buena capacidad de remoción por largos períodos de tiempo. Adicionalmente, el catalizador no es arrastrado por el flujo circulante, por lo cual se evita la contaminación del medio.

1. Introducción

Los efluentes acuosos provenientes de gran variedad de industrias químicas, petroquímicas y farmacéuticas contienen compuestos orgánicos, tales como alcoholes, fenoles, bencenos, aminas, éteres y aromáticos clorados, en distintas combinaciones y concentraciones. Estos son en general tóxicos y peligrosos tanto para su descarga directa al medio ambiente como para su almacenamiento. Por tal motivo es fundamental contar con algún tratamiento químico que transforme los contaminantes en compuestos inocuos, tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

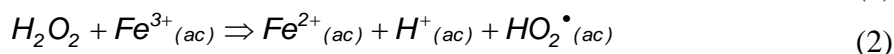
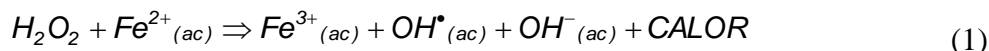
Los procesos de oxidación avanzada, como el de Fenton, representan una alternativa para lograr este objetivo. En la forma habitual de dicho proceso, el efluente contaminado con hidrocarburos es tratado con peróxido de hidrógeno e ión ferroso, a presión atmosférica y temperatura entre 20°C y 40°C. De esta manera, controlando las condiciones de acidez del sistema, puede alcanzarse una significativa degradación del contaminante orgánico. La oxidación parcial lograda contribuye a la disminución de la toxicidad del efluente, y si la oxidación del contaminante orgánico es total, puede realizarse la descarga segura del mismo sin tratamiento posterior, lo cual, en principio, hace del método una alternativa muy conveniente considerando sus costos.

Si bien el reactivo de Fenton oxida una extensa variedad de compuestos orgánicos, es sabido que no reacciona con igual agresividad en todos los casos (Bigda, R. 1995), (Nesheiwat, F. et. al 2000). Dentro de las condiciones de trabajo, tiene gran importancia el nivel de acidez, que debe mantenerse entre los valores de 2 y 4, ya que de lo contrario se produciría la precipitación del catalizador. La temperatura también juega un rol importante en el desarrollo de la reacción química de este proceso, ya que existe un rango óptimo para el cual el tiempo necesario para lograr una degradación determinada es mínimo. Es importante remarcar que la temperatura no debe superar los 50 °C, ya que a valores más elevados está favorecida la descomposición del peróxido de hidrógeno.

El estudio de este proceso de oxidación avanzada es adaptable a la composición de cada lote de residuo a degradar, y en la actualidad los esfuerzos están orientados a encontrar un diseño que pueda aplicarse a las necesidades de diferentes efluentes (*intensificación*) (Phillips, C. y col. 1999).

La reacción de Fenton se define como la generación catalítica de radicales hidroxilos (OH^{\bullet}) a partir de la reacción en cadena del ión ferroso (Fe^{2+}) y el peróxido de hidrógeno

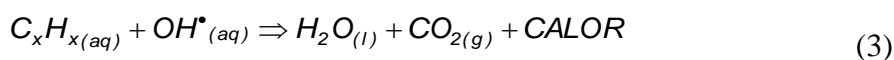
(H_2O_2) en medio ácido, aunque también la reacción puede ser iniciada en presencia de ión férrico, según la Ec.(1):



La ecuación (2) representa la regeneración del catalizador ión ferroso.

De ambos radicales formados (OH^{\bullet} y HO_2^{\bullet}) en las Ec. (1) y (2), el más reactivo es el primero. Estos mismos radicales oxidan gran variedad de compuestos orgánicos y en muchos casos llegan a la máxima oxidación del compuesto, convirtiendo a los mismos en CO_2 y H_2O .

El radical hidroxilo es *no selectivo* y reacciona según el siguiente mecanismo general:



Donde C_xH_x en la Ec.(3) es una molécula genérica de un compuesto orgánico contaminante.

Para la mayoría de las aplicaciones es indistinto si se usa una sal ferrosa o férrica como catalizador de la reacción, aunque en algunos estudios se sugiere el uso de sales ferrosas. De esta manera se promueve una oxidación más rápida que con las férricas, ya que la eficiencia y la velocidad inicial de oxidación son mayores cuando se parte de Fe^{2+} .

Con el objeto de ampliar el campo de aplicación relacionado con esta metodología se comenzaron a utilizar catalizadores en fase sólida, particularmente, nanopartículas de *Fe* metálico (Bergendahl J. y col. 2004). En este trabajo se sintetizan nanopartículas de *Fe* metálico soportadas en un medio poroso inerte y se las emplea en el armado de columnas rellenas, para el diseño de experiencias en procesos continuos a escala banco. Como material poroso, se consideró a las zeolitas naturales, por ser de uso corriente en la industria, como adsorbentes, intercambiadores iónicos, y tamices moleculares, además de su bajo costo. Dentro del gran número de variedades naturales que este mineral presenta, la clinoptilolita merece la mayor atención, por presentar amplia distribución en la naturaleza, y gran abundancia en el territorio nacional.

2. Objetivos

El presente trabajo tiene por objetivo mostrar las etapas de preparación del catalizador de nanopartículas de hierro soportadas en clinoptilolita, y presentar los resultados obtenidos en procesos continuos de degradación, llevados a cabo en columnas rellenas con este catalizador.

Se seleccionó al benceno como contaminante orgánico representativo, por tratarse de un compuesto habitualmente asociado con la actividad petroquímica y por ser de difícil degradación y elevada estabilidad en aguas naturales.

3. Metodología

4.1 Obtención del catalizador.

Nanopartículas de hierro metálico soportadas en zeolita natural.

La zeolita natural (provista por Diatic SRL) fue molida y tamizada con mallas Zonytest N°35 y N°50. Una vez lavada con agua destilada, se armó una columna donde se hizo

recircular una solución de sulfato ferroso 0,14 M en contracorriente con un caudal de 1 ml/min durante 24 hs. Luego de cargar la zeolita con ión ferroso, se descargó el catalizador y se lavó varias veces para eliminar los iones excedentes y otras impurezas. De allí, se colocó el material cargado en un balón de tres vías para realizar la reducción de los iones ferroso con agitación mecánica y bajo atmósfera inerte de nitrógeno (Fig.1). La reducción se llevó a cabo dosificando, una solución basificada de borohidruro de sodio 0,5 M durante 70 min aproximadamente.



FIGURA 1: Fotografía del Rack con el montaje experimental para la reducción.

4.2 Armado de la columna para degradación del contaminante.

Se utilizaron columnas de vidrio de 200 mm de longitud y 20 mm de diámetro interno. El soporte natural cargado con el catalizador es colocado en una columna con agua destilada para evitar canalizaciones (Fig.2). A través de una bomba peristáltica Longer Pump se dosificó 0,5 ml/min. de solución formada por 250 cm³ de solución 22.5 mM de benceno en agua junto con 12,5 cm³ de peróxido de hidrógeno 30% m/m y solución reguladora ácido acético/ acetato de sodio para asegurar condiciones óptimas de acidez. A la salida de la columna se colocó un separador de gases para confirmar la producción de dióxido de carbono como producto de degradación, por burbujeo en una solución de hidróxido de calcio (ver Fig.2). Se tomaron muestras del eluido de la columna a intervalos de tiempo regulares. Estas se contactaron con n-hexano para su posterior medición en un espectrofotómetro UV-Visible. Se hicieron determinaciones cualitativas y colorimétricas en el eluido para determinar la presencia de iones Fe.

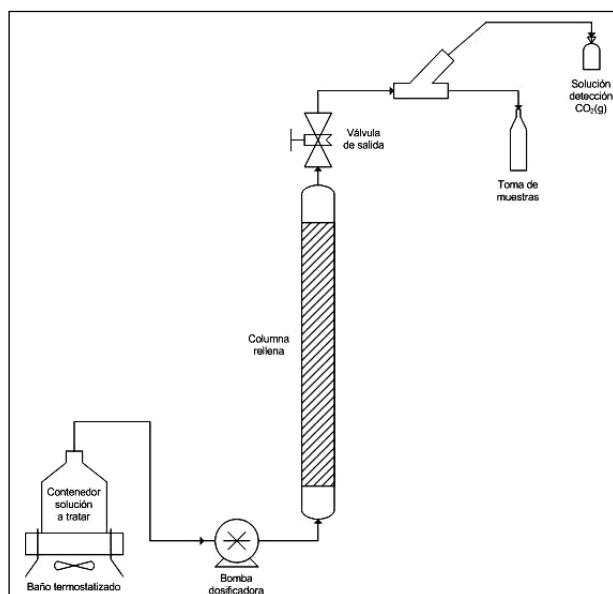


FIGURA 2: Esquema del montaje para el proceso de degradación.

4.3 Caracterización del sistema.

Se analizó estructuralmente la zeolita empleada mediante difracción de rayos X (DRX) en un equipo Siemens con radiación de Cu, un paso de 0,02 grad/min y entre 2theta de 5° y 45°. Se empleó microscopía de barrido SEM para las muestras. Las medidas colorimétricas de benceno se realizaron en un equipo Shimadzu UV-visible 2401 PC previa curva de calibración del sistema. La Tabla 1 muestra la notación de las muestras.

TABLA 1: denominación de las muestras analizadas.

Denominación de la muestra	Descripción de la muestra
NZ	Zeolita natural
NZ-Fe	Zeolita natural embebida en solución de Fe^{2+} reducido con borohidruro

4. Resultados y discusión

Los difractogramas de ambas muestras se presentan en la Fig.3.

El análisis de los mismos permite indexar los picos observados con los correspondientes a la clinoptilolite (N°: 01-080-0464, K.Koyama and Y.Takeuchi, Z.Kristallogr. 145 216-239 (1977)).

Es interesante remarcar que la carga con ión ferroso y posterior reducción no modifica notoriamente la estructura cristalina de la zeolita, lo cual es un dato interesante para analizar la capacidad de remoción del material. La presencia de Fe(0) no se evidencia en los perfiles de difracción probablemente por el tamaño de las nanopartículas y la baja proporción del mismo dentro de la zeolita. Sí es evidente el color negro en el material tratado (NZ-Fe).

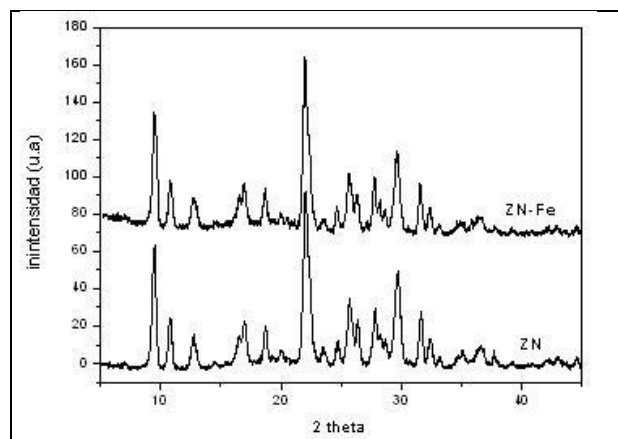


FIGURA 3 DRX de la zeolita original (NZ) y cargada con Fe (NZ-Fe).

La Figura 4 muestra la morfología de las muestras. Se observan los cristales característicos de la clinoptilolita con gran homogeneidad en su estructura.

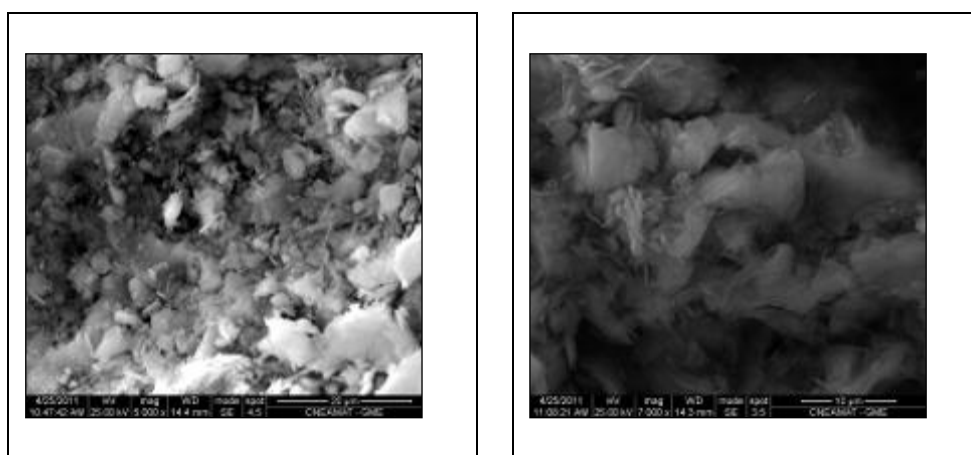


FIGURA 4 a) SEM micrografía de los cristales de NZ.

FIGURA 4 b) SEM micrografía de los cristales de NZ-Fe.

Es ampliamente conocido que las zeolitas en general funcionan como tamices moleculares y algunos trabajos de experiencias en batch reportan que ciertas zeolitas sintéticas del tipo X, han sido empleadas para la remoción de hidrocarburos previa modificación mediante surfactantes (González Ramírez, 2003). Para estos materiales se reporta una remoción de soluciones diluidas de benceno (30mg/L) de un 30% a las 5 horas de contacto. Por tal motivo en el presente trabajo se decidió explorar la capacidad de adsorción de la clinoptilolita considerando que nuestros valores posiblemente estarían incrementados ya sea por el diseño de proceso continuo como por tratarse de soluciones acuosas saturadas de benceno (1,75 g/L).

Se diagramaron dos experiencias: (a) Análisis de adsorción de benceno por NZ durante 480 minutos (b) Análisis de remoción de benceno por NZ-Fe en tiempos similares y en condiciones experimentales equivalentes.

De experiencias anteriores se determinó que para los parámetros de diseño de la columna elegidos y el caudal fijado, el tiempo de residencia del benceno en la columna fue de 60 min. Por tal motivo, en el grafico el tiempo inicial corresponde a la primera toma de muestra.

La Fig. 5 muestra los perfiles correspondientes a ambas experiencias.

- a. Como era de esperar se evidencia una adsorción de benceno en NZ sin formación de gases durante el proceso. Éste tiene lugar dado las características estructurales de la variedad clinoptilolita. Si bien la adsorción es sostenida en 50% durante aproximadamente 5 horas, se observa que a partir de allí disminuye esta capacidad de retención (curva NZ).
- b. El frente de reacción está acompañado por la producción de microburbujas en el interior de la columna, las cuales al ser colectadas enturbian la solución de hidróxido de calcio. Se observa que alrededor de los 120 min. el sistema alcanza el estado estacionario y durante 8 horas de pasaje continuo de la solución con el contaminante, se logra una degradación sostenida superior al 70% (curva NZ-Fe), sin pérdida de ión ferroso en el eluído. Es importante remarcar que la meseta observada en el período de tiempo analizado indica que la capacidad de remoción del sistema se mantuvo constante. No se detectó la presencia de Fe^{2+}/Fe^{3+} en el eluído a lo largo de la experiencia.

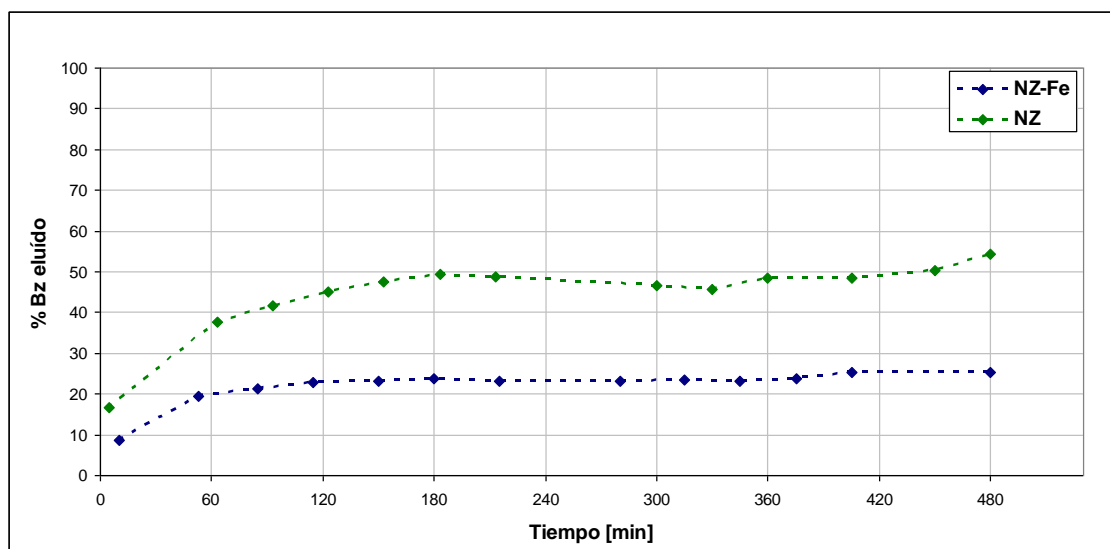


FIGURA 5: Curvas de benceno remanente en el eluído.

5. Conclusiones

Si bien se evidencia durante cierto tiempo una adsorción parcial del benceno por la zeolita natural (NZ) bajo nuestras condiciones experimentales, no se recomienda el empleo de NZ como removedor de benceno en aplicaciones continuas.

El método propuesto ofrece las siguientes ventajas:

El sistema zeolita-catalizador (NZ-Fe) muestra muy buena estabilidad en el tiempo y mantiene muy buena capacidad de remoción por largos períodos.

El catalizador no es arrastrado por el flujo circulante, por lo cual se evita la contaminación del medio.

Requiere bajas cantidades de catalizador para ser efectivo. Este catalizador puede ser parcialmente regenerado al final del proceso por reducción con nueva solución de borohidruro.

6. Bibliografía

Bergendahl J., Thies T. (2004) Fenton's oxidation of MTBE with Zero-valent iron. Water Reserch 38, p.327.

- Bessone, M., Ruiz, M.S., Russo, A., Socolovsky L., Jacobo, S., (2010) Estudio de las vermiculitas para la remoción de benceno en acuíferos. XXVIII Congreso argentino de Química. IV Workshop de Química Medicinal.
- Bigda, R.J., (1998) Consider Fenton's Chemistry of wastewater Treatment, Chemical Engineering Progress, Vol. 91, N°12, 62.
- González Ramírez, V. (2003) Tesis: Acondicionamiento de zeolita X (faujasita) con surfactante bromuro de hexadeciltrimetilamonio (HDTMA) para adsorción de compuestos orgánicos. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Química.
- Kong, S.-H., Watts, R.J., Choi, J.-H., (1998) Treatment of petroleum- contaminated soils using iron mineral catalyzed hydrogen peroxide, Chemosphere 37, 1973-1482.
- Kwan, W.P., Voelker, B.M., (2002) Descomposition of hydrogen peroxide and organic compounds in the presence of dissolved iron and ferrihydrite, Environ. Sci. Technol. 36, 1467-1476.
- Liu, H., Li, X.Z., Leng, Y.J., Wang, C., (2007) Kinetic modeling of electro-Fenton reaction in aqueous solution. Water Res. 41, 1161-1167.
- Nesheiwat, F. J. y A. G. Swanson, (2000) Clean contaminated sites using Fenton's reagent, Chemical Engineering Progress, Vol. 96, N°4, 61.
- Ravikumar J.X., Gurol, M.D., 1994. Chemical oxidation of chlorinated organic by hydrogen peroxide in the presence of sand, Environ.Sci. Technol. 26,944-951.
- Sun, Y., Pignatello, J.J., (1992) Chemical Treatment of pesticide waste. Evolution of Fe (III) chelates for catalytic hydrogen peroxide oxidation of 2,4-D at circumneutral pH, J. Agr.Food Chem. 40,322-327.
- Teel, A.L., Warberg, C.R., Atkinson, D.A., Watts, R.J., (2001) Comparison of mineral and soluble iron Fenton's catalyst for the treatment of trichloroethylene, Water Res. 35,977-984.
- Teel, A.L., Watts, R.J., (2002) Degradation of carbon tetrachloride by modified Fenton's reagent, J. Hazard. Mater. B94 179-189.
- Vance, D.B., (2005) Nanoscale iron colloids: The maturation of the technology for field scale applications. Pollut. Eng), 37, 16-18.
- Walling, C., (1977) "Fenton's reagent revisited", Accounts of Chemical Research, Vol. 8 N°5, 125.

09TCQ. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE COBRE EN LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE FERRITAS DE NÍQUEL-CINC

RUIZ, M. S.; JACOBO S. E.

Laboratorio de Físicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos (LAFMACEL),
Facultad de Ingeniería-INTECIN. Universidad de Buenos Aires. Paseo Colón 850,
(1063) Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

E-mail: mruiz@fi.uba.ar

Resumen: En este trabajo se analiza el efecto de la sustitución de Cu^{2+} en nanopartículas de ferritas de NiZn y la posible distribución de iones Cu entre los sitios tetraédricos (A) y octaédricos (B) de la red espinela. Se ha reportado que la adición de una dada cantidad de cobre provoca mejores propiedades magnéticas de ferritas blandas comparadas con las de NiZn o MnZn. Puede inferirse una completa inclusión del cobre en la red para bajos porcentajes de dopante ($x < 0,4$), obteniéndose una única fase espinela. Del análisis de la caracterización magnética, se concluye que con una sustitución de cobre de $x = 0,3$ en la ferrita $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, se obtiene el máximo valor de magnetización.

1. Introducción

En los últimos desarrollos de tecnología cerámica, electrónica e informática, la tecnología de montaje superficial (SMT) está siendo ampliamente adoptada (Chul y Jae, 2003). Debido a que esta tecnología demanda dispositivos y componentes electrónicos para ser montados sobre la superficie de una placa de circuito impreso, los materiales y la estructura de los componentes convencionales con plomo, como condensadores, resistencias e inductores, tienen que ser rediseñados para satisfacer requisitos de dispositivos electrónicos delgados, livianos y pequeños. Dentro de los más importantes dispositivos de montaje superficial (SMD), los inductores chip multicapas (MLCI) realizados a partir de ferritas suaves, están siendo cada vez más miniaturizados e integrados. Las ferritas de NiZn son ampliamente usadas como ferritas para aplicaciones de alta frecuencia, debido a su alta permeabilidad magnética inicial, alta resistividad eléctrica y bajas pérdidas magnéticas y dieléctricas, en la región de frecuencias RF. La adición de cobre en ferritas NiZn muestra mejores y excelentes propiedades magnéticas (por ejemplo, alta permeabilidad magnética inicial y coercitividad muy baja). Esto reduce las capas de MLCI por lo que se espera que sean un medio eficaz para hacer frente a la competencia en el mercado de SMD o MLCI. Las propiedades magnéticas y estructurales de estas ferritas están fuertemente afectadas por la composición química (tipo y cantidad de sustituyentes), condiciones de sinterizado, tamaño de grano, impurezas y procedimiento de preparación (Ahmed y et al., 2004; Caltun y et al., 2002).

2. Objetivos

En el presente trabajo se busca encontrar la respuesta estructural y magnética de ferritas NiZn con la inclusión variable de cobre. Finalmente, y en base a los resultados obtenidos de ciclos de histéresis, se pretende proponer un posible modelo de distribución iónica en la red cristalina de $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$.

3. Metodología

3.1 Preparación de las muestras: Las ferritas de NiZn dopadas con Cu se prepararon por vía sólida, a partir de óxidos de níquel, cinc, cobre y hierro de grado de pureza analítico (Aldrich Sigma). Dichos materiales de partida, se pesan estequiométricamente de manera de obtener ferrita de composición $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$. Las muestras se denominan según Tabla 1.

TABLA 1: Nomenclatura de las muestras $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$.

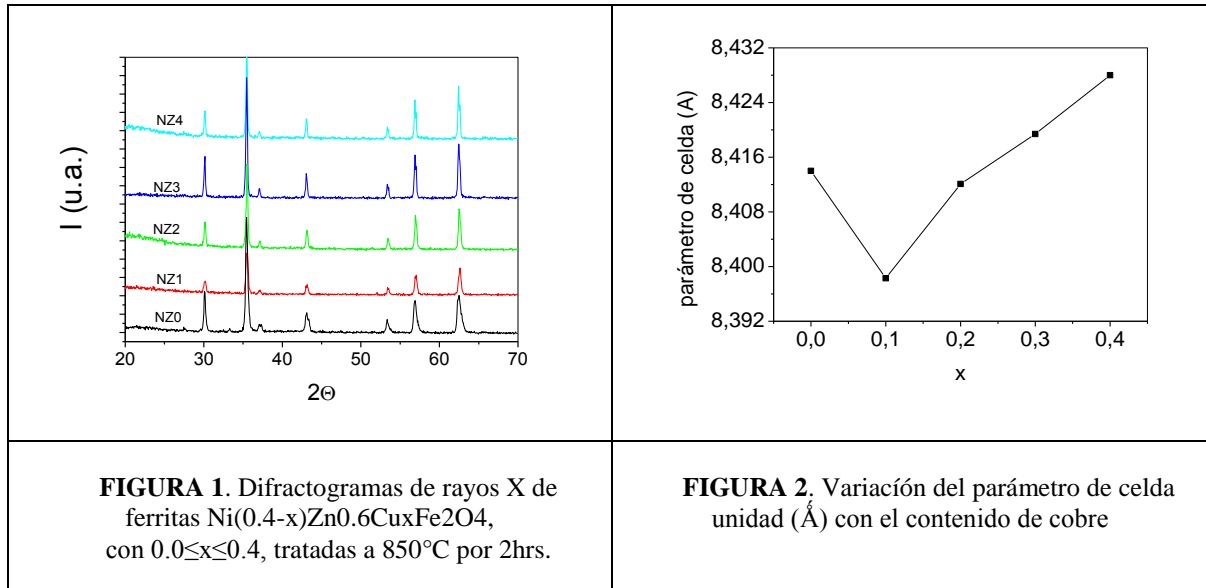
<i>x</i>	<i>Nomenclatura</i>
0,0	NZ0
0,1	NZ1
0,2	NZ2
0,3	NZ3
0,4	NZ4

La mezcla resultante se humedece con acetona hasta homogeneizar y se realiza un tratamiento térmico a 850°C durante 2 hs. Se añade a los polvos obtenidos, 1% en peso de Bi_2O_3 , con el objetivo de aumentar la densificación de las piezas a conformar y reducir la temperatura de sinterizado. Los polvos resultantes se muelen en mortero y se tamizan de manera de obtener una granulometría aceptable del material. Para las determinaciones magnéticas los polvos se conformaron en forma de pastillas aplicando una presión de 2 ton/cm².

3.2 Caracterización de las muestras: La caracterización estructural de las muestras se lleva a cabo con la técnica de difracción de rayos X (DRX) (Rigaku) con radiación Cu K_α , en el rango 2 θ de 10– 70° usando un paso de 0,5 y una velocidad de 1°/min. La confirmación de la fase formada, los parámetros de red y tamaños de cristal se obtienen utilizando los programas de software Xpert®, Find It® y Powder Cell®, y refinando con patrones que ajustan a los difractogramas obtenidos experimentalmente. Las mediciones magnéticas se llevan a cabo a temperatura ambiente en un magnetómetro de muestra vibrante LakeShore (VSM), llevando la muestra hasta un campo magnético de 12 kOe para saturación.

4. Resultados

Los difractogramas de rayos X de las muestras $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ tratadas a 850°C por 2 hs. se muestran en la Figura 1. Se trata de una única fase espinela cúbica ya que no se observan picos adicionales, por lo que se descarta, en principio, la posibilidad de segregación de otras fases. Se determina el tratamiento térmico a temperaturas que no superen los 1000°C para evitar que el óxido de Cu pueda reducirse o volatilizarse (Smit y Wijn, 1959). En nuestro caso los resultados indican que la fase espinela se forma a la temperatura seleccionada. Se determina que los picos de difracción obtenidos corresponden a patrones estándar de ferritas Ni-Zn (PDF #9663), grupo espacial Fd3m.



A medida que aumenta el contenido de Cu, se observa una modificación en la intensidad de algunos picos respecto a la ferrita de NiZn. Esto puede que sea debido a que el cobre está en determinados planos cristalográficos, lo cual, combinado con su factor de estructura, conduce a que la intensidad de los picos correspondientes a dichos planos cambie. Para corroborar esta hipótesis se ha comenzado a realizar refinamiento por Rietveld.

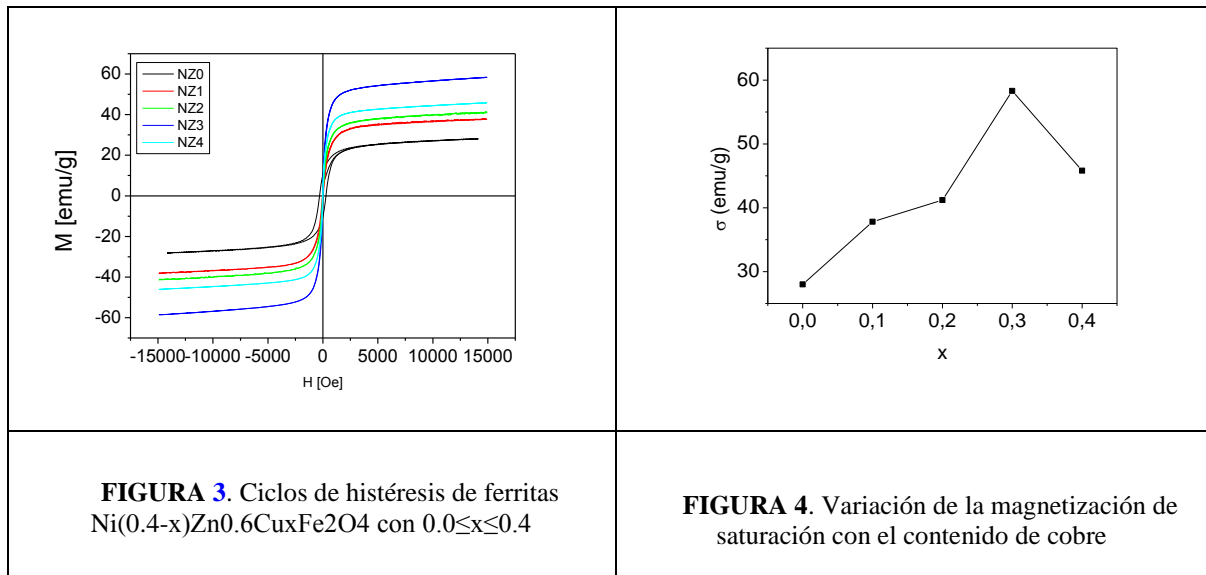
El valor de parámetro de celda unidad calculado mediante software (Figura 2) para cada una de las muestras, está en el rango esperado de ferritas espinela cúbica (Sattar y et al., 2005). Los valores de este parámetro están relacionados, no sólo con el tipo y número de átomos incluidos en la celda unidad, sino también con el método de preparación y el tratamiento térmico seleccionado.

La variación del parámetro de la celda unidad con la sustitución, en este caso, puede ser explicada en base a que dicho parámetro depende tanto del tamaño del sustituyente como de su distribución en la red cristalina. Primeramente se pueden explicar sobre la base de los radios iónicos de los sustituyentes. De acuerdo a los tamaños de radios iónicos de Cu^{2+} (0.69 Å) y Ni^{2+} (0.78 Å), se espera una disminución del parámetro de red con la inclusión de cobre si este catión sólo ocupara los sitios octaédricos. Este comportamiento se observa para el primer dopaje de cobre, es decir desde una ferrita Ni-Zn ($x=0.0$) a una ferrita de Ni-Zn dopada con Cu con $x=0.1$. Por lo tanto, al estar reemplazando los iones Ni^{2+} por Cu^{2+} , el parámetro de celda disminuye. Sin embargo, se observa que al dopar con mayores cantidades de cobre ($0.2 \leq x \leq 0.4$), el parámetro de celda aumenta. Por lo tanto, el valor de parámetro de red podría variar, aumentando o disminuyendo, si consideramos la posibilidad del cobre de migrar de los huecos octaédricos a tetraédricos, en función de la cantidad de dopaje. También se calcularon los tamaños de cristalitos a partir de los datos de difracción y se obtienen valores promedios alrededor de 40 nm con una periodicidad similar al parámetro de celda (Tabla 1).

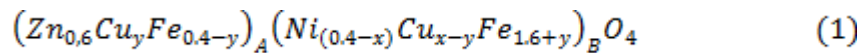
TABLA 1. Propiedades estructurales y magnéticas de muestras $Ni_{(0,4-x)}Zn_{0,6}Cu_xFe_2O_4$

x	Parámetro de celda unidad (Å)	Tamaño de cristal (nm)	σ (emu/g) 12kOe	n_B 12kOe	H_c (Oe)	y
0,0	8,414	45,23	28	1.2	290	0
0,1	8,3983	25,67	37,8	1.6	41,7	0.06
0,2	8,4121	37,27	41,2	1.8	36,1	0.10
0,3	8,4194	42,18	58,3	2.5	18,3	0.20
0,4	8,428	43,27	45,8	2	20,5	0.15

Los ciclos de magnetización de la serie de ferritas se muestran en la Figura 3. Se observa que a medida que entra el catión Cu^{2+} hasta un valor de $x=0,3$, aumenta la magnetización de saturación y disminuye el campo coercitivo. Sin embargo, para $x=0.4$ disminuye M_s y se observa un incremento en H_c (Fig.4 y Tabla 1).



Estos resultados nos llevan a sostener la posibilidad que, a pesar de que el cobre tiene tendencia a ocupar los sitios octaédricos, puede que ocupe ambos sitios y que para mayores valores de sustitución, el Cu ocupe también sitios tetraédricos. Se propone una distribución del Cu^{2+} en ambos sitios según



donde y denota la fracción de Cu^{2+} que migra a sitios tetraédricos y, a su vez, el contenido de Fe^{3+} que se intercambia entre ambos sitios A y B.

Los valores medidos de magnetización de saturación (σ) y de campo coercitivo (H_c) de cada una de las muestras, se presentan en la Tabla 1, en unidades de emu/g y Oe, respectivamente. La Fig.4 muestra la variación de magnetización máxima σ con el contenido total de cobre. La relación entre la magnetización por gramo σ (emu/g) a $0^\circ K$ y el número de magnetones de Bohr (n_B) por molécula de sustancia es (Smit y Wijn, 1959):

$$n_B = \frac{M \sigma}{N \mu_B} \quad (2)$$

Siendo M el peso molecular (kg/mol), N es el número de Avogadro ($6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) y μ_B el número de magnetones de Bohr ($9.27 \times 10^{-24} \text{ A/m}^2$). Así, por medio de la ecuación (2) se obtienen los valores de magnetización en unidades de magnetón de Bohr (Tabla 1).

La magnetización de saturación (M_s) de las ferritas espinelas se explica mediante el modelo de Néel (Smit y Wijn, 1959) de las dos subredes A (tetraédrica) y B (octaédrica), considerando cada una como una contribución a la magnetización:

$$M_s = |M_B - M_A| \quad (3)$$

Considerando los momentos de los átomos magnéticos que conforman la red del material, se desarrolla la ecuación 3 a partir del modelo de distribución iónica propuesto (ecuación 1), obteniéndose el siguiente modelo:

$$M_s = 6.8 * 0176 + 8y - x \quad (4)$$

De donde, a partir de los valores de M_s en unidades de magnetones de Bohr, se obtienen los valores de y (contenido de cobre que migra a sitios tetraédricos) para cada valor de dopaje x , con la condición de que $y \ll x$. Los valores obtenidos se detallan en la Tabla 1. Este modelo está siendo corroborado por análisis Rietveld.

5. Conclusiones

Se prepararon ferritas de níquel-cinc dopadas con cobre por método sólido, tratadas a 850°C durante 2 horas.

Puede inferirse una completa inclusión del cobre en la red espinela para bajos porcentajes de dopante ($x < 0,4$), obteniéndose una única fase ferrita espinela.

Se observa un aumento en el parámetro de celda y en la magnetización de saturación con el aumento del sustituyente Cu^{2+} en la ferrita cúbica Ni-Zn dopada. Esto hace pensar que es posible una distribución de los iones de cobre tanto en sitios octaédricos como tetraédricos. La distribución del Cu adicionado es importante ya que influye en la compensación de spin entre las estructuras de las subredes de la ferrita y por lo tanto, afecta tanto al momento magnético de spin como a la magnetización de saturación del material.

Del análisis de caracterización magnética, se concluye que con una sustitución de cobre de $x = 0,3$ en la ferrita $\text{Ni}_{(0,4-x)}\text{Zn}_{0,6}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, se obtiene el máximo valor de magnetización. Estos resultados son altamente prometedores para el uso de estos materiales en aplicaciones de alta frecuencia.

6. Referencias

- Ahmed, T.T.; Rahman, I. Z.; Rahman, M.A. (2004). Study on the properties of the copper substituted NiZn ferrites. *Journal of Materials Processing Technology* 153–154: 797–803
- Caltun O.F., Spinu L., Stancu Al., Thung, L.D.; Zhou, W. (2002). Study of the microstructure and of the permeability spectra of Ni–Zn–Cu ferrites. *J. Magn. Magn. Mater.* 242–245: 160–162.
- Chul W. K.; Jae G. K. (2003). A study of synthesis of NiCuZn-ferrite sintering in low temperature by metal nitrates and its electromagnetic property. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 257: 355–368.
- Cullity B.D., (1972) *Introduction to Magnetic Materials*. Massachusetts, Addison-Wesley.
- Sattar A.A., El-Sayed H.M, El-Shokrofy K.M, El-Tabey M. M. (2005). Improvement of the Magnetic Properties of Mn-Ni-Zn Ferrite by the Non-Magnetic Al^{3+} ion Substitution. *Journal of Applied Sciences* 5 (1): 162-168.

Smit J., Wijn H. P., (1959) Ferrites. John Wiley S. Sons.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. Paula Bercoff por las mediciones magnéticas. Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto UBACyT 2011-2014.

10TCQ. ESPECIES POLIATÓMICAS CON INTERACCIONES LATERALES SOBRE SUSTRATOS HETEROGÉNEOS.

GARCÍA G. D.^{1,2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1,2}; RAMIREZ-PASTOR A. J.²;
ROMÁ F.²

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.
2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.
E-mail: fsanchez@frsr.utn.edu.ar

Resumen: La descripción teórica de la adsorción es un problema complejo en la ciencia de superficies que no tiene una solución general. La isoterma de la BET es la más útil, cubriendo la gama completa de presiones. Por otro lado hay pocos estudios que explican el hecho de la ocupación múltiple de sitios en el régimen de múltiples capas. Las determinaciones de las superficies y de las energías de adsorción pueden ser subestimadas si el carácter poliatómico no se incorpora correctamente en las funciones termodinámicas de las cuales se interpretan los experimentos. Para un sustrato heterogéneo la energía de adsorción varía de sitio a sitio y es caracterizada por una función de densidad de energía. En este contexto, los trabajos recientes amplían el tratamiento al incluir interacciones laterales entre los adsorbatos con vecinos próximos en la primera capa. En base a estos antecedentes es que nos proponemos utilizar estos modelos en forma conjunta para analizar el posible efecto de compensación entre la múltiple ocupación de sitios y la heterogeneidad superficial e interacciones laterales.

1. Introducción

El estudio de los materiales es una rama de la ciencia que ha tenido un desarrollo exponencial en este último siglo. Debido en parte a estas investigaciones, es que se han desarrollado innumerables materiales aplicables a todas las áreas de la sociedad y que ya han sido incorporados, en mayor o menor medida, en la vida cotidiana del ciudadano común [Johnston, 2006]. Para el desarrollo de este tópico es de particular relevancia la caracterización de los nuevos materiales. A su vez, para este fin, es vital contar con herramientas, tanto experimentales como teóricas, dotadas de la mayor precisión.

En el seno de las diversas ramas de la ciencia de los materiales se han desarrollado variadas técnicas experimentales para el estudio de las múltiples características de los diversos materiales, enumerarlas sería casi interminable [<http://www.packagingtoday.com/introplasticexplosion.htm>]. En el caso particular del presente trabajo, estamos interesados en el problema de la caracterización de la superficie de materiales sólidos (y la topología de éstas). Podemos nombrar como técnica experimental, muy utilizada, a las técnicas porosimétricas [Thommes, 2000; Romanos, 2003]. Estas nos dan información de la estructura y superficie específica del material a partir de (1) la medida experimental de una isoterma de adsorción y (2) la utilización de un modelo teórico para interpretar los datos.

En relación al punto (1), la adsorción se lleva a cabo agregando una cantidad de gas conocida, a una muestra de material sólido o adsorbente en un contenedor mantenido a bajas temperaturas. A estas temperaturas las fuerzas atractivas moleculares hacen que las moléculas de gas se adsorban sobre el material formando la capa adsorbida o adsorbato.

Con respecto al punto (2), y para obtener una buena caracterización de la superficie de un material, se hace imprescindible el desarrollo de modelos teóricos cada vez más refinados, capaces de dar cuenta de las principales propiedades tanto del adsorbato como del adsorbente. En este marco general se inscribe el presente trabajo donde se tendrá en cuenta el tamaño del adsorbato, la heterogeneidad energética superficial y las interacciones atractivas de las partículas adsorbidas con el objetivo de analizar un posible efecto de compensación del modelo BET. El cual permite obtener buenas estimaciones del área superficial a pesar de su simpleza.

2. Modelos y Teorías Previas

2.1 Adsorción de k-meros sobre superficies sólidas

Comenzaremos nuestro análisis en un sistema que constará de partículas de adsorbato idénticas, que podrán adsorberse en M sitios de adsorción idénticos. De esta manera tendremos únicamente dos posibilidades de adsorción para cada k -mero: sobre la superficie del sólido y ocupando k sitios vacíos consecutivos o sobre un k -mero que ya estuviera depositado. Este proceso adsorptivo formará columnas de k -meros sobre el sólido. En este modelo podemos llegar a escribir el cubrimiento total (θ) en términos del cubrimiento de la monocapa (θ_{mon}) como:

$$\theta = \theta_{\text{mon}} / (1 - p/p_0). \quad (1)$$

De esta manera podemos obtener el cubrimiento total si se tiene conocimiento analítico del cubrimiento de la monocapa con el siguiente procedimiento:

- Con $p=p_0$ como parámetro puede obtenerse θ_{mon} (siempre y cuando se disponga de una expresión analítica para la isoterma de monocapa).
- Con $p=p_0$ y θ_{mon} puede obtenerse θ utilizando la ecuación (1).

Siguiendo el esquema de [Hill, 1960] se puede obtener la solución exacta para la adsorción en multicapa de especies poliatómicas en una dimensión. Comenzando con la ecuación:

$$\lambda_{\text{mon}} = \frac{\theta_{\text{mon}} \left[1 - \frac{(k-1)}{k} \theta_{\text{mon}} \right]^{k-1}}{k (1 - \theta_{\text{mon}})^k}, \quad (2)$$

que representa la isoterma exacta en una dimensión de k -meros adsorbidos en la monocapa. Sustituyendo la ecuación (2) en la ecuación:

$$\lambda_{\text{mon}} = \frac{cp/p_0}{1 - p/p_0}, \quad (3)$$

podemos obtener la expresión para la presión reducida:

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\theta_{\text{mon}} \left[1 - \frac{(k-1)}{k} \theta_{\text{mon}} \right]^{k-1}}{kc(1 - \theta_{\text{mon}})^k + \theta_{\text{mon}} \left[1 - \frac{(k-1)}{k} \theta_{\text{mon}} \right]^{k-1}}. \quad (4)$$

Esta ecuación representa la solución exacta para la adsorción de k -meros en el régimen de multicapa sobre superficies homogéneas en 1-D. Para el caso de adsorción de monómeros ($k=1$), la ecuación anterior se reduce a la bien conocida ecuación de BET [Brunauer y et al., 1938]. El modelo propuesto es simple y fácil de aplicar en la práctica, y lleva a nuevos valores de área superficial.

Hasta el momento solamente hemos mostrado las ecuaciones básicas de la adsorción superficial (BET) y una reciente propuesta que tiene en cuenta el carácter poliatómico del adsorbato. A continuación se tendrán en cuenta las interacciones laterales.

2.2 Adsorción de k -meros interactuantes en el régimen de multicapas

El adsorbato es representado por cadenas lineales de k unidades, cada una de las cuales ocupa un sitio de adsorción, Figura 1.

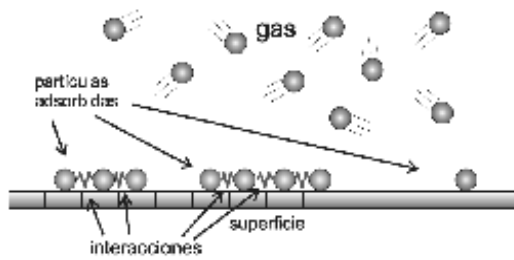


Figura1. Modelo con interacciones atractivas/repulsivas a primeros vecinos.

Analicemos ahora el caso de la aproximación quasi-química, que es una aproximación significativamente mejor que la aproximación de Bragg-Williams. La importante suposición en este método es que los pares de sitios de próximos vecinos ocupados son tratados como si fueran independientes los unos de los otros. Para aplicar el mismo esquema que el de Ref. [Romá y et al. 2005], comenzamos con la isoterma de adsorción de monocapa para k -meros interactuantes adsorbidos sobre una red de conectividad z obtenido en el formalismo de la aproximación quasi-química [Dávila y et al. 2006],

$$\lambda_1 = \left[\frac{\theta_1 \exp(w\zeta/2k_B T)}{k K(z, k) \left(\frac{z}{2}\right)^{2(k-1)}} \right] \cdot \frac{\left[(1-\theta_1)^{k(z-1)} [k - (k-1)\theta_1]^{k-1} \left[\frac{\zeta\theta_1}{2k} - \alpha \right]^{\frac{z}{2}} \right]}{\left[\frac{z}{2} - (k-1)\theta_1 \right]^{k-1} \left[\frac{z}{2}(1-\theta_1) - \alpha \right]^{\frac{z}{2}} \left(\frac{\zeta\theta_1}{2k} \right)^{\zeta}}, \quad (5)$$

donde α es,

$$\alpha = \frac{z\zeta}{2k} \frac{\theta_1(1-\theta_1)}{\left[\frac{z}{2} - \left(\frac{k-1}{k}\right)\theta_1 + \beta \right]},$$

$$\beta = \left\{ \left[\frac{z}{2} - \left(\frac{k-1}{k}\right)\theta_1 \right]^2 - \frac{z\zeta}{k} A\theta_1(1-\theta_1) \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (6)$$

y

$$A = 1 - \exp(-w/k_B T). \quad (7)$$

Reemplazando ecuación (5) en la ecuación,

$$\lambda_{\text{mon}} = \frac{1}{1 + c\lambda_{\text{mon}}^{-1}}, \quad (8)$$

obtenemos:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{-1} = 1 + \frac{ck K(z, k) \left(\frac{z}{2}\right)^{2(k-1)} \left[\frac{zk}{2} - (k-1)\theta_1\right]^{k-1}}{\theta_1 \exp(w\zeta/2k_B T) (1-\theta_1)^{k(z-1)}} \cdot \frac{\left[\frac{z}{2}(1-\theta_1) - \alpha\right]^{kz/2} \left(\frac{\zeta\theta_1}{2k}\right)^\zeta}{\left[k - (k-1)\theta_1\right]^{k-1} \left[\frac{\zeta\theta_1}{2k} - \alpha\right]^{z/2}}. \quad (9)$$

Las ecuaciones (8) y (9) representan la solución que describe la adsorción en multicapas de k-meros interactuantes sobre una superficie homogénea en el marco de la aproximación cuasi-química.

Si analizamos las isothermas ajustando su forma linealizada de acuerdo al formalismo standard propuesto por la teoría de BET, podemos concluir que para k-meros no interactuantes, se encontró que el uso de la ecuación de BET conduce a una subestimación del verdadero valor del volumen de monocapa: este volumen disminuye a medida que k se hace mayor. Esta situación es distinta para el caso de moléculas interactuantes. Así, las interacciones laterales atractivas favorecen la formación de la monocapa y, consecuentemente, compensan el efecto de la múltiple ocupación de sitios. En este caso, el volumen de monocapa predicho por la ecuación de BET coincide en buena medida con el valor real. Finalmente, queremos hacer notar que los resultados descritos en la presente sección son de alto interés experimental, pues nos permiten entender las predicciones del modelo de BET, cuando este es usado para estudiar sistemas de adsorción de moléculas poliatómicas interactuantes.

En la sección siguiente analizaremos el efecto de la heterogeneidad energética superficial a partir de los resultados obtenidos al analizar las isothermas de adsorción que tienen en cuenta este efecto.

2.3 Adsorción en multicapa sobre superficies heterogéneas

La heterogeneidad superficial se modela mediante el concepto de superficie bivariada. Esto es, un sistema constituido por dos tipos de sitios: fuertes y débiles, con energías de adsorción ε_1 y ε_2 , respectivamente, y $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$. Dichos sitios se encuentran agrupados en dominios homogéneos o “parches”, los cuales representan regiones de energía de adsorción que están muy correlacionados y que tienen una longitud característica L.

La forma en que están distribuidos los sitios de adsorción con energía ε_i sobre la superficie del sólido es usualmente llamada topografía superficial. En el presente trabajo, serán estudiadas superficies ordenadas. Aquí, partiremos desde de la representación integral de la isoterma de adsorción en multicapas [Rudzinski y Everett 1992].

$$\theta = \int \theta_{\text{loc}}(\varepsilon) \chi(\varepsilon) d\varepsilon, \tag{10}$$

El número de posibles configuraciones para un único k-mero sobre una red vacía es M. De todos modos, la ecuación (10) tiene solo 2L términos (muchos de ellos con la misma energía de adsorción), por lo que la isoterma de adsorción en multicapas resulta:

$$\theta = \frac{1}{2l} \sum_{i=1}^{2l} \theta_{\text{loc}}(c_i). \tag{11}$$

3. Resultados

Se realizaron una serie de experimentos de simulación numérica en distintas situaciones de adsorción, estudiando en cada caso la diferencia entre el valor del volumen de monocapa real y aquel obtenido siguiendo el análisis clásico de BET. Con este propósito, isotermas analíticas son usadas como “datos experimentales”, permitiéndonos determinar el efecto del tamaño del adsorbato, la diferencia de energía entre los sitios de adsorción, la topografía superficial y las interacciones laterales sobre la determinación del volumen de monocapa

A continuación se estudió el efecto combinado de la heterogeneidad superficial, la múltiple ocupación de sitios y las interacciones laterales.

En la Figura 2, se puede apreciar la influencia del tamaño del adsorbato en la determinación del volumen de la monocapa. En la Figura 3, hemos representado el cociente v^*m / v_m (v_m BET) versus el tamaño del k-mero.

Como es posible observar, para $k = 1$ y más allá del valor de c , el volumen de la monocapa es igual a la unidad. Ahora, para valores del k-mero mayores que 1 el volumen decrece como predicen los resultados teóricos siendo prácticamente constantes para k mayores que 6. Debemos notar que este efecto de la reducción del volumen de la monocapa es menos intenso a medida que se incrementa el valor de c .

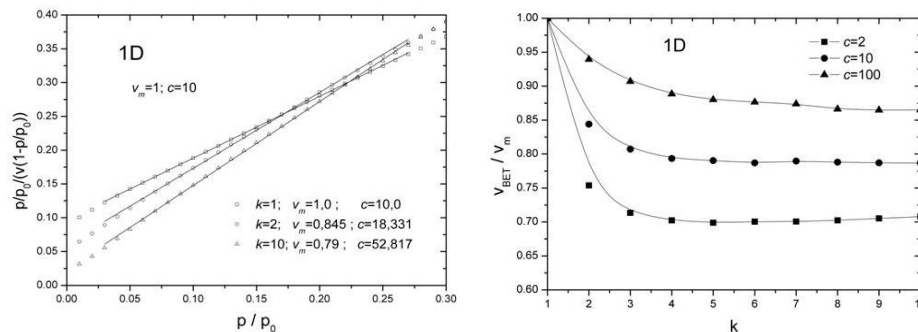


Figura 2 (izquierda). Gráfico de BET para las isotermas de simulación de k-meros en 1D con $v_m=1$, $c=10$ y $k= 1, 2$ y 10 . Las líneas llenas representan los ajustes lineales en el rango 0.05 a 0.25. **Figura 3 (derecha).** Resultados de las gráficas BET para la adsorción en 1D sobre superficies homogéneas. Dependencia de la fracción v^*m / v_m sobre k para tres valores de c .

En trabajos previos, ha sido demostrado que en el caso de adsorción de monómeros sobre superficies heterogéneas, el volumen de monocapa obtenido siguiendo un análisis de BET es más pequeño que su valor real. Obviamente, el efecto de la topografía superficial no pudo ser estudiado en este caso, pues los monómeros no “sienten” las diferentes distribuciones de los sitios de adsorción. En adelante, la generalización del problema a moléculas poliatómicas, nos permitirá estudiar la dependencia del volumen de monocapa

tanto con el tamaño del adsorbato como con la topografía superficial. En particular, se analizaron isothermas analíticas y simuladas sobre superficies bivariadas con topografías variando entre $L=1$ y BP.

Como es posible observar en la Figura 4, las curvas muestran una diferencia significativa con la topografía. Únicamente cuando el cociente entre c_1 y c_2 es incrementado, la distribución de sitios sobre la superficie comienza a ser importante; $c_1/c_2 = 10^3$. Los resultados de BET son muy diferentes para $L = BP$ y $L = 1$.

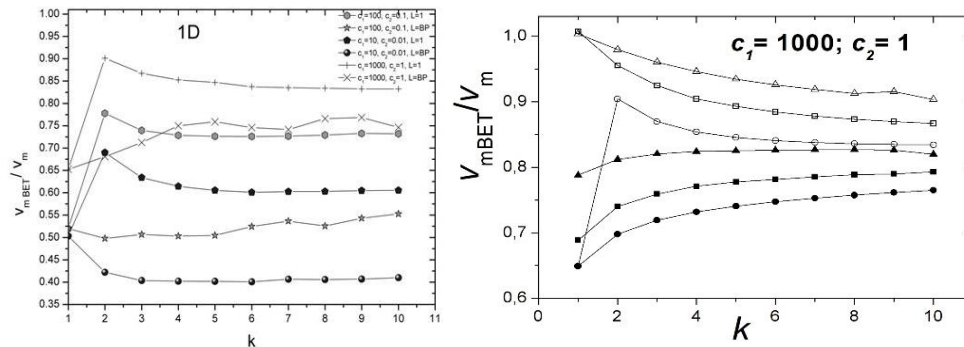


Figura 4. Resultados de las gráficas BET para la adsorción en 1D sobre superficies heterogéneas con $L=1$ y BP. Dependencia de la fracción v_m^*/v_m con k para tres diferentes valores de c_1 y c_2 (siendo $c_1/c_2=1000$) como se indica. **Figura 5.** Resultados de las gráficas BET para la adsorción en 1D sobre superficies heterogéneas con $L=1$ y BP e interacciones atractivas.

En el caso de $c_1 = 10$ y $c_2 = 0.01$, las desviaciones debidas al tamaño del adsorbato crecen para BP, es decir, el volumen de monocapa y el parámetro c obtenidos siguiendo el análisis de BET son, respectivamente, más pequeños y más grandes que sus valores reales de referencia. Sin embargo, importantes efectos de compensación son observados en el caso de $c_1 = 1000$ y $c_2 = 1$.

Cuando la adsorción ocurre sobre superficies bivariadas, un efecto de compensación es observado. Sin embargo, en todos los casos considerados, este efecto de compensación no es suficiente para eliminar el decrecimiento producido en el v_m por el tamaño del adsorbato. Veamos a continuación que ocurre cuando se evalúa el volumen teniendo en cuenta el tamaño del adsorbato, la heterogeneidad energética superficial y las interacciones laterales Figura 5. Estas isothermas han sido construidas como suma de isothermas parciales ponderadas, esas isothermas parciales poseen interacciones laterales según el modelo visto en la sección anterior.

4. Conclusiones

Se realizaron experimentos numéricos para determinar, en diferentes situaciones de adsorción, cuál es el valor del volumen de la monocapa predicho por la ecuación BET y su diferencia con su valor real. Para este propósito se analizó información de isothermas analíticas, como se hubiera hecho con datos experimentales. En otras palabras, isothermas analíticas fueron ajustadas de acuerdo al formalismo standard propuesto por la teoría de BET. Para superficies homogéneas en 1-D el volumen de monocapa calculado a través del análisis de BET es aproximadamente un 10-30 % más pequeño que el valor real. Cuando la adsorción en multicapas ocurre sobre una superficie bivariada heterogénea con interacciones atractivas, un efecto compensador ha sido encontrado, para valores de c muy diferentes. No obstante, en cualquiera de los casos considerados, esta compensación depende fuertemente del valor del parámetro w , siendo suficiente para eliminar la disminución provocada por el efecto del tamaño del adsorbato, por lo que se observa un efecto de compensación según se suponía en la hipótesis.

5. Referencias

- Brunauer S.; Emmett, P. H.; Teller, E.; (1938). J. Am. Chem. Soc. 60, 309-319.
- Dávila, M.; Romá F.; Riccardo J.L.; Ramirez-Pastor, A. J.; (2006). Surf. Sci. 600 2011-2025.
- <http://www.packagingtoday.com/introplasticexplosion.htm>
- Hill, T. L.; (1960). An Introduction to Statistical Thermodynamics, Ed. Addison-Wesley - ISBN 0-201-02840-9 6.
- Johnston J. F.; (2006). The Chemistry of Common Life, Ed. University of Michigan Library - ISBN: 978-1425530778.
- Romá, F.; Ramirez Pastor, A. J; Riccardo, J. L.; (2005). Surf. Sci. 583 213-228.
- Romanos, G. E; Kasselouri V.; Beltsios K; Kanellopoulos N. K; (2003). J. of Therm. Anal. and Calorim, 73.
- Rudzinski, W.; Everett, D.H.; (1992). Adsorption of Gases on Heterogeneous Surfaces, Academic Press, New York.
- Thommes, M.; (2000). Chem. Ing. Tech. 72, 9, 1080-1081.

11TCQ. ANÁLISIS DE NÚCLEOS “HONEYCOMB” ELABORADOS MEDIANTE UN NUEVO PROCEDIMIENTO

CANO, F.¹; ROMÍA, N.¹; GARCÍA G. D.^{1,2}; SANCHEZ-VARRETTI F. O.^{1,2}.

1 Grupo de Físico-Química de Sistemas Complejos, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314 (5600), San Rafael, Mendoza.
2 Intituto de Física Aplicada (INFAP) – Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ejercito de Los Andes 950 - D5700HHW - San Luis - Argentina.
E-mail: fsanchez@frsr.utn.edu.ar

Resumen: En el ámbito comercial existe una necesidad creciente de incrementar la calidad de los productos ofrecidos incrementando la eficiencia y reduciendo los costos. A pesar de la gran cantidad de investigaciones y desarrollos por más de cuatro décadas y a la gran cantidad de procesos que existen para la producción de materiales reforzados, más allá de los materiales compuestos de fibra, el aprovechamiento integro de esta clase de materiales no ha sido llevado a cabo todavía.

Los materiales compuestos “composites” difieren de los materiales tradicionales en que los primeros están compuestos por dos tipos de materiales, fibras y una matriz por lo general polimérica, que cuando se combinan a pesar de estar separadas (sistema heterogéneo) funcionan interactuando para hacer un nuevo material cuyas propiedades no pueden ser predichas por la simple suma de las propiedades de las sustancias que lo componen.

En este trabajo proponemos profundizar en el conocimiento de las propiedades mecánicas y estructurales de un tipo particular de material compuestos (paneles “sándwich”). A su vez deseamos mejorar los procesos productivos tendientes a la obtención de un panel de mejores características al reducir los costos de fabricación mediante la modificación/optimización del proceso de fabricación.

Los resultados obtenidos permiten vislumbrar un proceso alternativo de elaboración que cumpliría con los objetivos propuestos.

1. Introducción

La necesidad de economizar combustibles debido a los incrementos del precio del barril de petróleo, por ejemplo, hacen que la disminución del peso sea una prioridad dentro de la mecánica del transporte tanto desde una bicicleta como de un avión, pasando por el transporte marino también. Los materiales compuestos “composites” difieren de los materiales tradicionales en que los primeros están compuestos por dos tipos de materiales, refuerzos y una matriz, que cuando se combinan a pesar de ser un sistema heterogéneo funcionan interactuando para hacer un nuevo material cuyas propiedades difieren de las propiedades de las sustancias que lo componen [Meter y Beaumont, 1995]. De hecho una de las mayores ventajas de los composites es la naturaleza complementaria de sus propiedades, por ejemplo las fibras poseen una muy alta resistencia a la tracción, pero son susceptibles al daño. En cambio las resinas epoxídicas como las utilizadas en la fabricación de núcleos de panal de abeja son, en general, frágiles pero extremadamente maleables y resistentes al daño [http://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi]. Las resinas epoxídicas son un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería; el grupo incluye el poliuretano, acrílico y cianoacrilato. Estos adhesivos se utilizan en la construcción de aviones, automóviles, bicicletas, esquís. Sirven para pegar gran cantidad de materiales, incluidos algunos plásticos, y se puede conseguir que sean rígidos o flexibles.

Los materiales compuestos avanzados, inicialmente desarrollados para aplicaciones militares, ofrecen características superiores a los materiales convencionales en las mismas aplicaciones, encontrando aplicación en la actualidad en satélites de comunicaciones, aviones, elementos deportivos, transporte, industria pesada y en el sector de energía tanto en el gas como el petróleo y en la fabricación de turbinas de viento [Sourcebook 2008]. Como se menciona la matriz puede ser polimérica pero también cerámica o metálica siendo la primera la de mayor uso y aplicación hasta el momento. Las fibras más comúnmente utilizadas son las de vidrio, aunque su densidad es mayor que la densidad de las fibras de carbón, es mayor al impacto que el de estas últimas por lo que se utilizan con mayor frecuencia que las fibras de carbón. Por supuesto las propiedades varían en función del diámetro, la composición química, el largo, etc.

Un tipo muy común de estructura compuesta es la que comúnmente se llama construcción en sándwich que combina un núcleo liviano con caras laminadas de material compuesto [D'Arsié, 1980]. Estos paneles tienen una excelente relación rigidez-peso y resistencia-peso además de ser extremadamente resistentes a la flexión y al pandeo. El material del núcleo puede ser tan diverso como: espuma polimérica, madera balsa, o celdas en forma de panal de abeja de diversos materiales como papel, plástico o aluminio. Las caras exteriores de estos paneles suelen ser láminas reforzadas con fibra de vidrio aunque es común que sean metálicas, poliméricas o de madera.

La construcción en sándwich tiene infinidad de aplicaciones como es la utilización de estos materiales para ahorrar peso en los pisos y paneles separadores en cualquier tipo de vehículo aéreo, marítimo y también terrestre [The Doorway, 2007]. Pretendemos en este proyecto modificar la fabricación del núcleo mediante una técnica novedosa; por otro lado, para conocer las propiedades de estos nuevos materiales debemos realizar ensayos sobre los mismos.

2. Objetivos

Nuestro propósito es incursionar en la tecnología de fabricación de paneles sándwich con núcleo de panal de abeja introduciendo nuevas técnicas operativas que reducirían los tiempos de fabricación. Esto facilitaría el diseño de las piezas terminadas sin sacrificar ninguna propiedad mecánica o estática de las mismas.

Por otro lado se reducen los costos tanto operativos como el de los materiales utilizados para la fabricación del núcleo.

De todo esto se desprende una reducción en la contaminación de nuestro medio ambiente al reducir los materiales, energía y desperdicios involucrados en el nuevo proceso sumados a la economía debido a la utilización propiamente dicha de este tipo de material.

3. Metodología

Los paneles sándwich se fabrican por medio de un proceso de pegado y apilado de papel o del material a utilizar como núcleo [The Doorway, 1991]. Una vez obtenido el panal con núcleo "honeycomb", se procede a un baño de resina para lograr así una mayor resistencia del material; luego se cortan secciones del mismo hasta lograr el núcleo del panel, Figura 1 y 2.

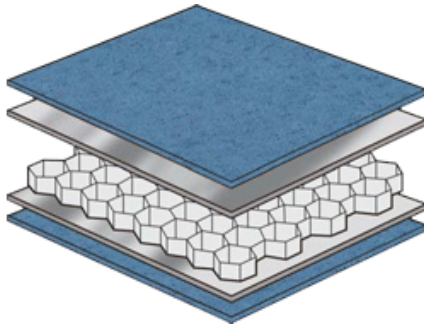


FIGURA 1. Detalle de panel honeycomb.



FIGURA 2. Detalle de núcleo honeycomb.

Nuestro proceso modifica el procedimiento de elaboración del núcleo mediante la unión de columnas individuales cilíndricas, hexagonales o en general, de cualquier otra geometría. Las mismas son depositadas y acomodadas individualmente una al lado de otra y unidas mediante un adhesivo. El material con el que están hechas las columnas es polipropileno por lo que el corte de las capas se realiza de forma sencilla y rápida.

Esto forma un bloque el cual es cortado en forma perpendicular al eje mayor de las columnas según el espesor deseado. Estas “rodajas” son nuestros núcleos listos para ser utilizados, Figura 3.



FIGURA 3. Núcleo fabricado con el nuevo procedimiento.

Para analizar sus propiedades se ensayan las probetas de paneles con núcleo honeycomb y caras reforzadas mediante un análisis mecánico a la compresión para determinar los valores de los parámetros de resistencia mecánica y poder compararlos con paneles comerciales. Se debe aclarar que las caras del panel son planchas de polietileno, esto es así ya que en los ensayos pretendemos comparar la influencia de los distintos núcleos sin que tenga una influencia significativa la resistencia aportada por las caras.

4. Resultados

4.1 Ensayo a la compresión

Se realizaron ensayos a la compresión para determinar la tensión a la compresión de las probetas. Para ello se analizaron 11 probetas de núcleo de papel de 80 gramos/m², las cuales presentaban las siguientes dimensiones: 12 cm de ancho, 15 cm de largo y 5 cm de alto. El ensayo se realizó en un equipo de ensayo donde la carga se aplica de forma puntual, y mediante un suplemento es distribuida uniformemente sobre el área de la probeta.

El valor promedio obtenido de la tensión a la compresión de las probetas fue: 1,68 Kg_f/cm², Figura 4. Si comparamos el valor obtenido con la tensión a la compresión de un núcleo comercial de características geométricas similares como puede ser el Hexcel Honeycomb HRH-78 - 3/8 -1.5 [HRH-78 Nomex, 1998] el cual posee un valor de 5 Kg_f/cm² podemos concluir que el proceso de elaboración ha permitido la obtención de un material con propiedades mecánicas que están en el orden de magnitud del núcleo comercial.

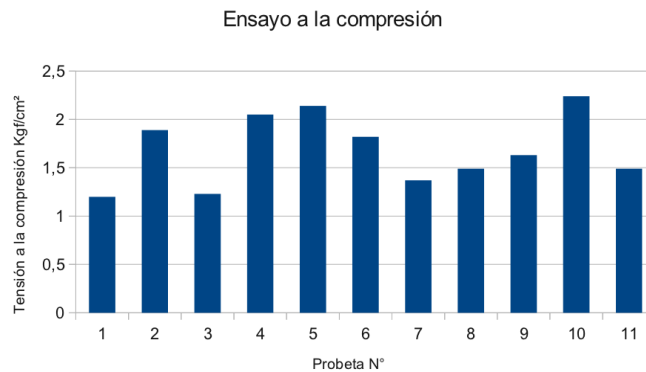


FIGURA 4. Ensayo a la compresión.

Hay que destacar que la elaboración de las probetas fue llevada a cabo de forma manual, por lo tanto se debe tener en cuenta el error introducido a no ser un proceso estandarizado y mecanizado en comparación con la fabricación automática y tradicional de las mismas. A pesar de la producción manual de estas probetas, se considera que la realización del ensayo y sus resultados fueron positivos para la recolección y análisis de datos.

5. Conclusiones

El estado de avance del proyecto nos permite extraer algunas conclusiones a pesar de no estar concluido el trabajo de investigación. El proceso de armado del núcleo propuesto en este trabajo permite la construcción de núcleos de características similares a los núcleos comerciales. La sencillez y simplicidad de los pasos involucrados permite un ahorro en tiempos de ejecución y materiales que es sustancialmente mayor que en el proceso tradicional.

El ensayo a la compresión arroja resultados prometedores ya que el valor del esfuerzo a la compresión obtenido a pesar de no ser un valor alto es significativo para un panel de las características del ensayado. Los ensayos a la flexión están en etapa de preparación y serán presentados una vez que sean obtenidos, procesados y analizados, se seguirá el estándar de ASTM específico para este tipo de materiales [ASTM]. En este ensayo una barra de sección transversal rectangular, apoyada como una viga, se flexiona a una tasa constante de la siguiente manera:

La barra se apoya en dos soportes y se carga en dos puntos (por medio de dos puntos de carga), cada uno a la misma distancia desde los puntos de apoyo adyacentes. La distancia entre los puntos de carga (es decir, la separación de carga) es la mitad del espacio de apoyo. La fuerza aplicada a la muestra y la deflexión resultante de la muestra en el centro de la separación entre apoyos se miden y registran hasta que se produzca el fallo de cualquiera de las superficies exteriores, o la que la deformación alcance un valor predeterminado.

6. Referencias

ASTM, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials, Designation: D 7264/D 7264M – 07, ASTM International.

D´Arsié, D. (1980). Los Plásticos Reforzados con Fibras de Vidrio, América Lee, pág. 83–120.

HRH-78 Nomex® Commercial Grade Honeycomb Product Data (1998).

http://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi.

Meter, E. D.; Beaumont, W. R. (1995). Applied Composite Materials, Vol. 2 N°4, Kluwer Acad. Press.

Sourcebook 2008, (Dec. 2007), pag. 6-45, Vol. 16, A Gardner Publication Supplement, 2007.

The Doorway, M.C. Gill Corporation Group of Companies, (1991), Vol. 28, N° 2, Spring.

The Doorway, M.C. Gill Corporation Group of Companies, (2007), Vol. 44, N° 3, Summer.

12TCQ. PREDICCIÓN DE LA MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR GEOMÉTRICAS DE DISTRIBUCIONES DE TAMAÑOS EN UN CIRCUITO DE GRANULACIÓN

BERTIN, D. E.; COTABARREN, I. M.; BUCALÁ, V.; PIÑA, J.

Dto. Ing. Qca. - Universidad Nacional del Sur (UNS); PLAPIQUI (UNS-CONICET) -
Bahía Blanca - Argentina - dbertin@plapiqui.edu.ar

Resumen: A diferencia de los procesos que manejan fluidos, los que manipulan sólidos no se pueden caracterizar sólo mediante la resolución de balances de masa, energía y cantidad de movimiento. Esto se debe a que, además de caudales, temperaturas, concentraciones y caídas de presión, las corrientes sólidas poseen partículas con diferentes tamaños. El balance de población es la ecuación constitutiva que permite cuantificar la evolución de una distribución de tamaño en un sistema particulado. En el proceso de granulación de urea, el balance de población juega un rol central debido a que la distribución de tamaño define la calidad de la urea granulada. Considerando que la resolución de este balance no es trivial y requiere cierta especialización para generar soluciones satisfactorias, en este trabajo se desarrolla un modelo matemático simplificado de bajo costo computacional que facilita el cálculo de las distribuciones de tamaño en el circuito de granulación. Dicho modelo está conformado por ecuaciones (derivadas del balance de población) que permiten calcular la media y la desviación estándar geométricas de las corrientes particuladas, a partir de las cuales es posible reconstruir la distribución de tamaño de partículas. Este enfoque puede sustituir el uso formal del balance de población sin introducir errores significativos y con menor tiempo de cómputo. La validez del modelo aproximado propuesto se verifica mediante comparación de sus resultados con aquellos predichos a partir de un modelo riguroso del circuito de granulación previamente reportado.

1. Introducción:

La urea granulada se produce en equipos denominados granuladores. El proceso consiste en atomizar una solución muy concentrada de urea (conocida como urea melt) sobre partículas sólidas de urea relativamente pequeñas (llamadas semillas). Las gotas que se adhieren exitosamente a los núcleos iniciales de urea y logran solidificar, permiten el aumento de tamaño dando los gránulos deseados (Litster et al., 2004). Los granuladores de lecho fluidizado son los de mayor aplicación porque acoplan en simultáneo el enfriamiento y la agitación de las partículas, fenómenos vitales para conseguir un aumento de tamaño controlado (Nijsten y Starmans, 1998).

Los granuladores industriales operan en forma continua, requiriendo una alimentación permanente de semillas. Para que el proceso sea autosuficiente, el granulador se encuentra conectado con otros equipos constituyendo el circuito de granulación. La Figura 1 muestra el esquema de un circuito de granulación típico, donde el granulador es la unidad central y los equipos periféricos son una zaranda y un molino. El granulador suele estar formado por tres cámaras de crecimiento y tres de enfriamiento. Las cámaras de crecimiento tienen por función aumentar el tamaño de los gránulos mediante el mecanismo de recubrimiento. En las cámaras de enfriamiento no se alimenta solución de urea, por lo cual las partículas no aumentan de tamaño. La función principal de las cámaras de enfriamiento es reducir la temperatura de los gránulos, que llega a ser mayor a 100°C en las cámaras de crecimiento (Bertin et al., 2007). La corriente de sólidos que abandona el granulador ingresa a una etapa de clasificación por tamaño en una zaranda de doble malla. La zaranda separa la

corriente alimentada en tres corrientes: las partículas que quedan retenidas sobre la malla superior constituyen los gruesos, las partículas que pasan a través de la primera malla pero quedan retenidas sobre la malla inferior conforman el producto en especificación y las partículas que pasan a través de ambas mallas representan la corriente de finos (Cotabarren et al., 2009). El producto en especificación se envía, mediante cintas transportadoras, al área de almacenamiento a granel para su posterior despacho. Los gruesos se derivan a un molino formado por dos pares de rodillos que trituran las partículas (Cotabarren et al., 2008). La salida de este equipo se mezcla con los finos provenientes de la zaranda, conformando el reciclo que retorna al granulador como semillas (Cotabarren et al., 2010). Visto como una caja negra, si se desprecia el polvo generado en las unidades de granulación y enfriamiento, el circuito tiene una única entrada (la corriente de solución líquida de urea) y una única salida (el producto en especificación). Entonces, si el circuito opera en estado estacionario, el caudal de gránulos en especificación debe ser igual al caudal de urea alimentada en solución. Por lo tanto, para una capacidad de producción deseada, el caudal de solución de urea queda determinado (Cotabarren et al., 2010). Si bien el circuito de granulación suele contar con un enfriador de lecho fluidizado ubicado entre el granulador y la zaranda, el mismo no se considera en el presente trabajo debido a que, en condiciones normales de operación, no modifica la distribución de tamaño de la corriente particulada.

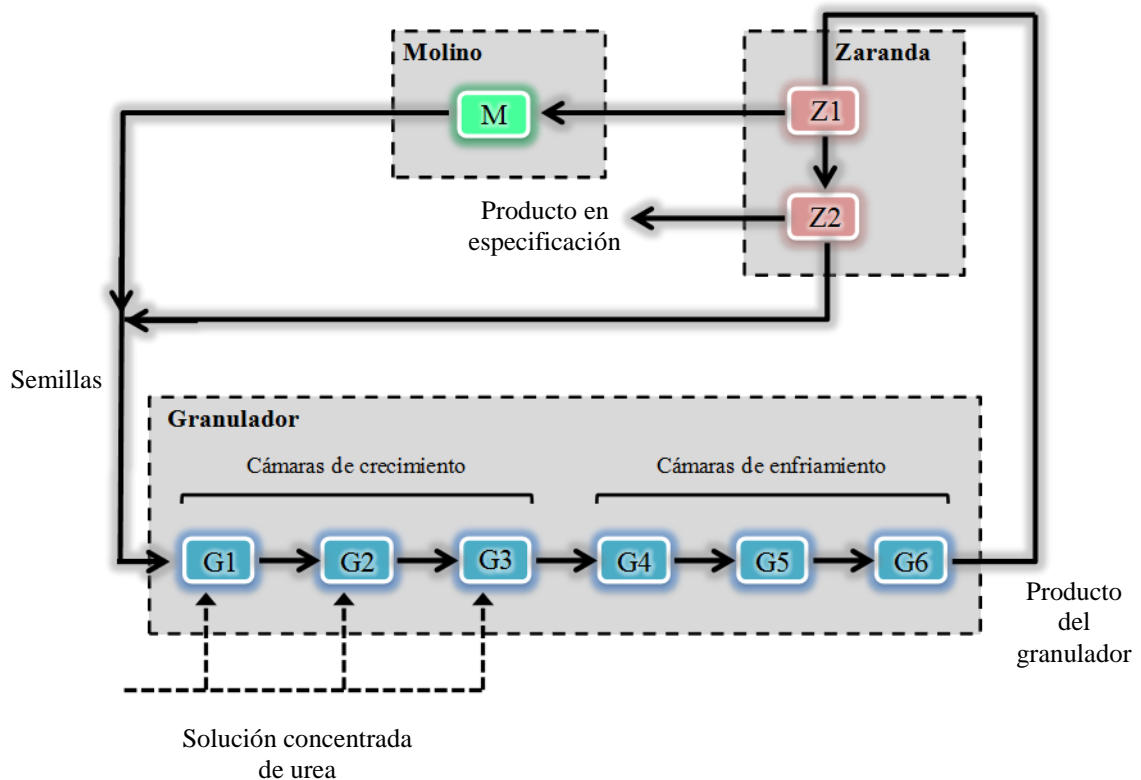


Figura 1. Esquema del circuito de granulación de urea que muestra las unidades donde se producen cambios en la distribución de tamaño de partículas.

La urea granulada debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para su comercialización. Estos requisitos implican que el producto tenga un diámetro medio adecuado y que la dispersión de la distribución de tamaño no sea muy grande para evitar la segregación y facilitar su aplicación en suelos (Bertin et al., 2011). Por lo general, una fracción relativamente pequeña de las partículas que abandonan el granulador se encuentra

en especificación. En consecuencia, la distribución de tamaño a la salida del granulador afecta fuertemente la relación de reciclaje y, por consiguiente, la estabilidad del circuito de granulación.

Las diferentes corrientes de urea granulada que participan en el circuito poseen una distribución de tamaño de partículas (Particle Size Distribution, PSD) que las caracteriza. La predicción de la granulometría del producto (que define si el mismo es apto para la venta) requiere incorporar al modelo matemático del granulador herramientas adecuadas para cuantificar la PSD (Bertin et al., 2011). El balance de población (Population Balance Equation, PBE) es la ecuación constitutiva necesaria para representar los cambios de tamaño que experimentan los gránulos conforme avanzan en el proceso (Briesen, 2006; Ramkrishna, 2000; Ronsse et al., 2009).

2. Método

Balance de Población:

En la derivación del PBE, resulta conveniente considerar al conjunto de partículas como un medio continuo, sin reconocer el carácter discreto de los sólidos e ignorando las discontinuidades partícula-fluido (Ramkrishna, 2000). Mediante esta hipótesis se define una función continua denominada densidad de frecuencia o simplemente función densidad, la cual se denota como n y representa la densidad en número de partículas para cada diámetro de partículas D_p .

Aplicado a un sistema perfectamente mezclado, la expresión completa del PBE que describe la distribución de tamaño de partículas es:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial D_p}(Gn) - \frac{\partial}{\partial D_p}(An) - \dot{N}_{in}\bar{n}_{in} + \dot{N}_{out}\bar{n}_{out} = h_{agg}^+ - h_{agg}^- + h_{br}^+ - h_{br}^- \quad (1)$$

El primer término de la Ecuación 1 representa la acumulación en el tiempo de la función densidad. Los términos segundo y tercero cuantifican los cambios graduales de la función densidad con el diámetro de partículas. Específicamente, el segundo término refiere al cambio en la función densidad debido al aumento de tamaño de las partículas por recubrimiento, mientras que el tercer término responde al cambio en la función densidad por reducción del tamaño de partículas por atrición (erosión superficial). Los términos cuarto y quinto comprenden la función densidad asociada a las corrientes de entrada y salida de partículas, respectivamente. Los términos en el miembro derecho de la Ecuación 1 cuantifican los cambios en función densidad por mecanismos discretos de variación de tamaño (i.e., cambios no graduales). Así, h_{agg}^+ y h_{agg}^- constituyen los términos de nacimiento y muerte de partículas por aglomeración, mientras que h_{br}^+ y h_{br}^- son los términos asociados al nacimiento y muerte de partículas por rotura.

Modelado del circuito de granulación:

En este trabajo se pretende formular un modelo sencillo del circuito de granulación para producción de urea. Dicho modelo consiste en aplicar el PBE (Ecuación 1) a las 6 cámaras del granulador, a las dos mallas de la zaranda y al molino. El PBE para cada cámara de crecimiento del granulador contiene únicamente los términos de acumulación, aumento de tamaño por recubrimiento, entrada y salida. El PBE para el molino y la zaranda no contiene el término de acumulación debido a que la dinámica de dichos equipos es despreciable frente a la del granulador. Además de los términos de entrada y salida, el PBE para el molino contiene los términos de rotura. En el PBE para cada malla de la zaranda, solo se tienen en cuenta los términos de entrada y salida.

Para la resolución del PBE en cada unidad, se consideran además las siguientes hipótesis:

Granulador:

- La masa de partículas en cada cámara es constante.
- El único mecanismo de cambio de tamaño es el aumento de tamaño por recubrimiento, siendo la velocidad de crecimiento en cada cámara $G = 2\dot{m}_{urea} / \rho_{urea} A p_G$. En las cámaras de enfriamiento no se alimenta solución de urea, por lo cual $G = 0$ (Bertin et al., 2011).
- La PSD en masa en cada cámara de crecimiento del granulador se puede representar mediante una función log-normal (Bertin et al., 2011).

Zaranda:

- Estado estacionario.
- El coeficiente de partición para cada malla (cociente entre la función densidad de las corrientes de gruesos y alimentación) está dado por:

$$T(Dp) = \begin{cases} 0 & \text{si } Dp < t_1 \\ \frac{Dp - t_1}{t_2 - t_1} & \text{si } t_1 \leq Dp < t_2 \\ 1 & \text{si } Dp \geq t_2 \end{cases} \quad (2)$$

donde t_1 y t_2 son parámetros de ajuste que caracterizan la eficiencia de la malla.

- La PSD en masa alimentada a cada malla se puede representar mediante una función log-normal.

Molino:

- Estado estacionario.
- El mecanismo de rotura es binario. Cuando una partícula se rompe, se generan dos partículas de igual tamaño.
- La velocidad de rotura (número de partículas de tamaño Dp que se rompen por unidad de tiempo, dividido por el número total) es:

$$S(Dp) = \frac{k}{\tau} Dp^2 \quad (3)$$

donde k es un parámetro de ajuste y τ el tiempo de residencia en el molino.

- La PSD en masa de la corriente de salida se puede representar mediante una función log-normal.

En general, el PBE no tiene solución analítica y se necesita cierta especialización para generar soluciones que respeten la velocidad de cambio de los momentos (i.e., propiedades globales) de la población de partículas (Hounslow et al., 1988). Reconocido el esfuerzo requerido para obtener una solución confiable y con el objeto de obviar la tediosa

resolución del balance de población, en este trabajo se propone emplear una sencilla aproximación que consiste en calcular la media y la desviación estándar para cada corriente particulada.

Multiplicando la Ecuación 1 por $\ln D_p$ e integrando sobre todo el dominio del tamaño de partículas, se obtiene una ecuación que permite estimar la velocidad de cambio de la media geométrica de la población. Por otro lado, multiplicando la Ecuación 1 por $(\ln D_p - \ln \mu)^2$ e integrando sobre todo el dominio del tamaño de partículas, se obtiene una ecuación para estimar la velocidad de cambio de la varianza geométrica. Así, es posible contar con ecuaciones simples para calcular la media y la desviación estándar de las PSDs en las cámaras del granulador, las mallas de la zaranda y en el molino.

Ajuste de los parámetros del modelo:

El modelo matemático presentado posee 5 parámetros de ajuste que se obtuvieron a partir de resultados del modelo riguroso del circuito de granulación de urea reportado por Cotabarren et al. (2010), el cual fue validado con datos experimentales de planta. Considerando las PSDs de entrada y salida predichas por el modelo riguroso para cada malla de la zaranda, se determinaron los valores de t_1 y t_2 correspondientes a cada malla para diferentes aperturas de malla mediante regresión por cuadrados mínimos. Similarmente, los valores del parámetro k se estimaron para distintas separaciones entre los pares de rodillos, a partir de las PSDs de entrada y salida calculadas por el modelo riguroso del molino.

Para ilustrar la capacidad predictiva del modelo de bajo costo computacional propuesto con respecto al modelo riguroso, se especifica un conjunto de condiciones operativas típicas como caso base. Mediante simulación en estado estacionario de los modelos riguroso y aproximado y partiendo del caso base, se realiza un análisis de sensibilidad paramétrica imponiendo cambios de -10, -5, +5 y +10% en las aperturas de las mallas de la zarandas y en las separaciones de los pares de rodillos del molino. Las Figuras 2a y 2b muestran respectivamente las diferencias porcentuales para la media y desviación estándar geométricas del producto del circuito de granulación, determinadas mediante el modelo simplificado sugerido en este trabajo con respecto al modelo riguroso (Cotabarren et al., 2010). En todos los casos, los errores cometidos por el modelo aquí planteado resultan menores a 6%.

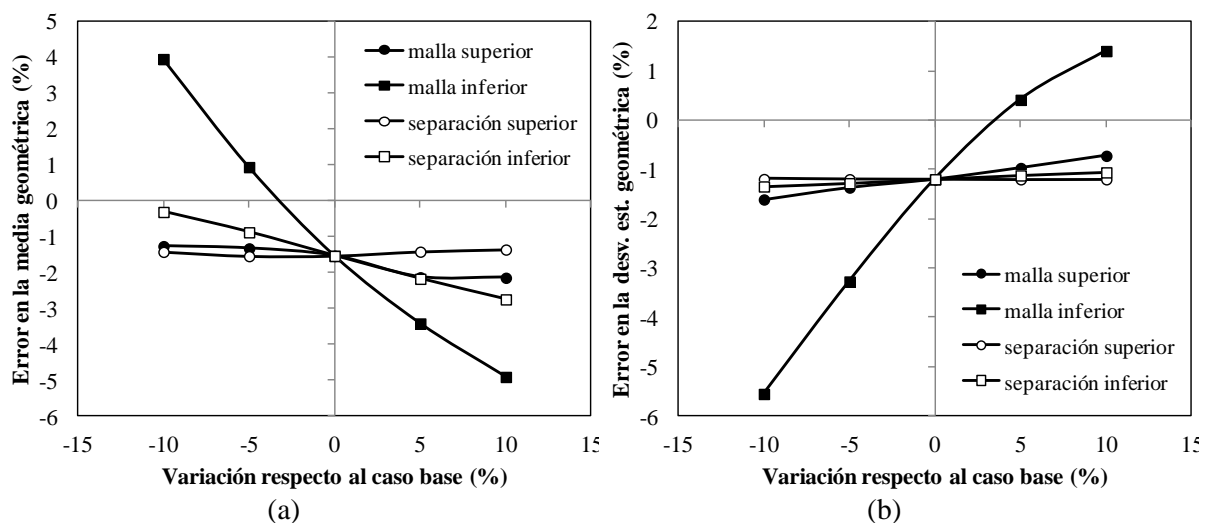


Figura 2. Errores en el cálculo de (a) la media y (b) desviación estándar geométricas mediante el modelo de bajo costo computacional propuesto con respecto al modelo riguroso reportado por Cotabarren et al. (2010).

Según la Figura 2, la mayor coincidencia entre los dos modelos matemáticos se produce para el caso en que la separación entre el par de rodillos superiores del molino se modifica en un +10% con relación al caso base. Por otro lado, el peor resultado se obtiene cuando la apertura de la malla inferior de la zaranda se varía en un -10% respecto al caso base. Las Figuras 3a y 3b presentan las PSDs (expresadas en función densidad en masa normalizada) para el mejor y el peor caso analizado, respectivamente. Como se muestra en la Figura 3a, la simulación realizada con una variación del +10% en el par de rodillos superiores permite predecir considerablemente bien la PSD del producto del circuito. En general, las predicciones de la PSD resultan similares a aquellas obtenidas mediante el modelo riguroso. Solamente en aquellos casos en que la apertura de la malla inferior se aleja en $\pm 10\%$ respecto al valor del caso base, las PSD predichas por los modelos demuestran diferencias importantes (ver Figura 2) como consecuencia de la función a tramos elegida para describir el coeficiente de partición. En efecto, en la Figura 3b (cambio del -10% en la apertura de la malla inferior de la zaranda) se observa que la PSD estimada por el modelo aproximado es más angosta que aquella calculada por el modelo riguroso. Esto se debe a que la desviación estándar que predice el modelo aproximado es un 5.8% menor al valor dado por el modelo riguroso. Por otro lado, el error cometido en la predicción de la media geométrica (4%) no es apreciable en la PSD.

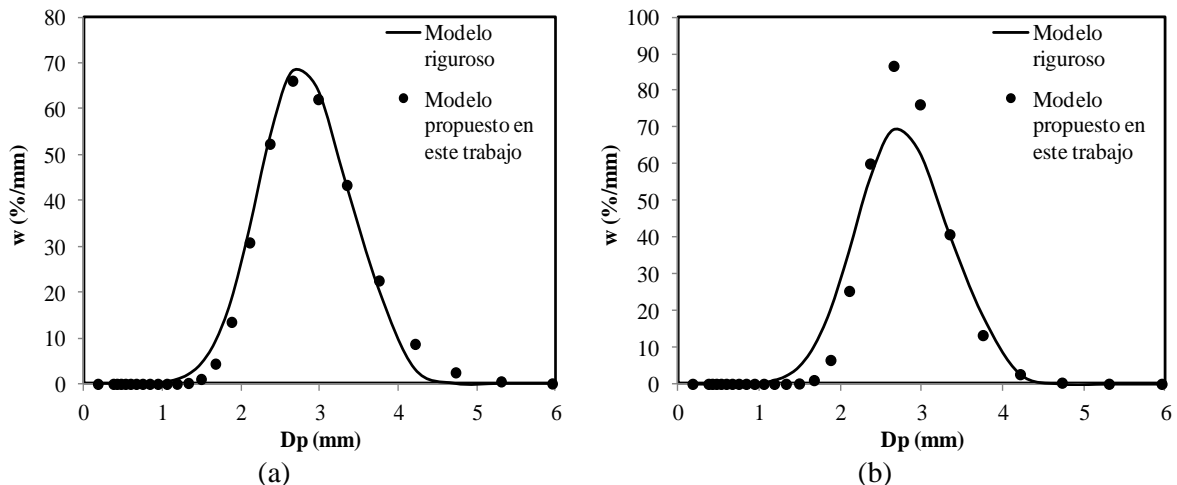


Figura 3. PSDs del producto del circuito obtenidas mediante el modelo de bajo costo computacional propuesto en este trabajo y el modelo riguroso presentado por Cotabarrén et al. (2010) para (a) el mejor caso de ajuste (+10% en par de rodillos superiores del molino) y (b) el peor caso de ajuste (-10% en malla inferior de la zaranda).

3. Conclusión:

El modelo matemático simplificado propuesto en este trabajo constituye el primer paso en la construcción de una herramienta que permita predecir el comportamiento de las PSDs de las corrientes de urea granulada en el circuito de granulación con bajo costo computacional. Si bien solo se presentan simulaciones del proceso de granulación en estado estacionario, el modelo desarrollado también permite realizar simulaciones dinámicas.

En la mayoría de los casos analizados, el modelo propuesto predice satisfactoriamente las PSDs del circuito de granulación, con errores menores al 6% en la media y desviación estándar geométricas de la PSD del producto final con respecto a los valores estimados mediante el modelo riguroso. Aún así es evidente la necesidad de mejorar el modelo aproximado de la zaranda, al menos para la malla inferior, debido a que los errores de predicción en la desviación estándar geométrica se reflejan notoriamente en la diferencia

de la PSD de salida de esta unidad con relación a la obtenida a partir del modelo riguroso. Los modelos simplificados propuestos para el granulador y el molino conducen a resultados similares a aquellos calculados por los respectivos modelos rigurosos.

Cabe destacar que el procedimiento utilizado para generar las ecuaciones que permiten calcular la media y la desviación estándar geométricas se desarrolló con la formalidad matemática requerida para que su aplicación pueda ser extendida a otros procesos particulados.

Nomenclatura:

A	Velocidad de atrición (m/s)
Ap_G	Área total de partículas en la cámara i del granulador (m ²)
Dp	Diámetro de partículas (m)
G	Velocidad de crecimiento por recubrimiento (m/s)
h_{agg}^+	Velocidad de nacimiento de partículas por aglomeración (#/s)
h_{agg}^-	Velocidad de muerte de partículas por aglomeración (#/s)
h_{br}^+	Velocidad de nacimiento de partículas por rotura (#/s)
h_{br}^-	Velocidad de muerte de partículas por rotura (#/s)
k	Parámetro de rotura (1/m ²)
\dot{m}_{urea}	Caudal de urea en solución que ingresa a cada cámara de crecimiento (kg/s)
n	Función densidad en número (#/m)
\bar{n}_{in}	Función densidad en número normalizada respecto al número total de partículas en la corriente de entrada (1/m)
\bar{n}_{out}	Función densidad en número normalizada respecto al número total de partículas en la corriente de salida (1/m)
\dot{N}_{in}	Caudal en número de partículas en la corriente de entrada (#/s)
\dot{N}_{out}	Caudal en número de partículas en la corriente de salida (#/s)
S	Frecuencia de rotura (1/s)
t_1	Parámetro de cada malla de la zaranda (m)
t_2	Parámetro de cada malla de la zaranda (m)
T	Coefficiente de partición asociado a cada malla de la zaranda (-)
w	Función densidad en masa normalizada respecto a la masa total de partículas (1/m)

Letras griegas:

ρ_{urea}	Densidad de la urea (kg/m ³)
τ	Tiempo de residencia del molino (s)

4. Referencias:

- Bertin, D., Mazza, G., Piña, J., Bucalá, V., Ind. & Eng. Chem. Res., 46(23), 7667-7676, 2007.
- Bertin, D., Cotabarren, I., Bucalá, V., Piña, J., Powder Technology, 206, 122-131. 2011.
- Briesen, H, Chemical Engineering Science, 61(1), 104-112, 2006.
- Cotabarren, I., Schulz, P., Bucalá, V., Piña, J., Powder Technology, 183(2), 224-230, 2008.
- Cotabarren, I., Rossit, J., Bucalá, V., Piña, J., Ind. & Eng. Chem. Res., 48(6), 3187-3196, 2009.

- Cotabarren, I., Bertin, D., Romagnoli, J., Piña, J., Bucalá, V., *Ind. & Eng. Chem. Res.*, 49(14), 6630-6640, 2010.
- Hounslow, M.J., Ryall, R.L., Marshall, V.R., *AIChE Journal* 34(11), 1821-1832, 1988.
- Litster, J., Ennis, B., Liu, L, *Particle Technology Series*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004.
- Nijsten, P.J.B., Starmans, P.J.M., U.S. Patent 5779945, 1998.
- Ramkrishna, D., Academic Press, London, England, 2000.
- Ronsse, F., Pieters, J.G., Dewettinck, K., *Journal of Food Engineering* 78(1), 296-307, 2007.

13TCQ. OPTIMIZACIÓN DINÁMICA DE LA TRANSICIÓN ENTRE ESTADOS ESTACIONARIOS EN UN CIRCUITO DE GRANULACIÓN DE UREA

COTABARREN I., BERTIN D., BUCALÁ V., PIÑA J.

Dto. Ing. Qca. - Universidad Nacional del Sur (UNS); PLAPIQUI (UNS-CONICET) - Bahía Blanca - Argentina - vbucala@plapiqui.edu.ar

Resumen: En este trabajo se utiliza un simulador dinámico de un circuito de granulación de urea, desarrollado en contribuciones anteriores e implementado en el ambiente de modelado gPROMS Model Builder Environment, para llevar a cabo optimizaciones dinámicas que permiten alcanzar nuevos estados estacionarios en mínimo tiempo. El flowsheet de la planta de granulación en estudio incluye un granulador de lecho fluidizado, una unidad de enfriamiento, zarandas vibratorias de doble paño y molinos de rodillos. Se plantean diferentes optimizaciones que, partiendo de un caso nominal, permiten determinar las trayectorias óptimas de distintas variables manipuladas para alcanzar una nueva especificación en el tamaño de producto final y una nueva capacidad de planta, en mínimo tiempo. Todas las optimizaciones incluyen en su formulación restricciones físicas del proceso a cumplir durante todo el horizonte de tiempo.

1. Introducción:

La granulación es un proceso de aumento de tamaño que reviste gran importancia en las industrias que manejan sólidos particulados. El término granulación refiere al crecimiento de pequeñas partículas por aglomeración de las mismas o por recubrimiento mediante un agente ligante en forma de polvo fino, líquido o fundido (granulación seca, húmeda o fundida, respectivamente). En la industria de los fertilizantes el proceso de granulación es considerado uno de los avances más significativos debido a que permite obtener productos sólidos con claras ventajas en cuanto al almacenamiento, transporte y manejo (Balliu and Cameron, 2007). Entre los fertilizantes nitrogenados de mayor aplicación a nivel nacional y mundial se encuentra la urea, en particular bajo su forma granulada, cuyo mercado está en constante expansión especialmente en los países con gran crecimiento demográfico. De hecho, la Asociación Internacional de Fertilizantes (IFA) ha pronosticado un aumento en la capacidad mundial de urea de 224.5 Mt para el año 2015 (Heffer and Prud'homme, 2011). La granulación de urea es una operación compleja y difícilmente puede ser llevada a cabo en una única etapa; en general está compuesta por una serie de equipos que realizan operaciones específicas del proceso constituyendo los llamados circuitos de granulación. La unidad principal es el granulador donde pequeñas partículas denominadas semillas (generalmente material fuera de especificación) son continuamente introducidas y rociadas con una solución de urea líquida concentrada. Las semillas crecen por deposición de gotas de la solución sobre la superficie de las partículas seguida por la evaporación del agua y la solidificación de la urea que constituyen la solución (Bertin et al., 2007). El granulador cuenta con cámaras de crecimiento, donde se atomiza la solución de urea concentrada, y otras de enfriamiento donde se reduce parcialmente la temperatura de los gránulos. El material particulado que abandona el granulador es enfriado en un lecho fluido y posteriormente clasificado por zarandas de doble paño en material en especificación (producto), material de tamaño mayor al deseado (gruesos) y material de tamaño menor al requerido (finos). El producto se envía al sector de almacenamiento mientras que los gruesos son reducidos en los molinos para reciclarse, junto con los finos separados en la zaranda, como semillas al granulador. Los molinos cuentan con dos pares de rodillos

colocados en serie, los cuales permiten disminuir el tamaño de los gruesos sin generar excesivo polvo (Cotabarren et al., 2008).

En las plantas de granulación es habitual que sólo una relativamente baja fracción del producto que abandona el granulador esté dentro del rango de comercialización; por lo tanto, comúnmente se opera con altas relaciones de reciclo. El reciclo retroalimenta al granulador masa, energía y una dada distribución de tamaño de partículas (PSD), por lo cual el circuito suele operar con oscilaciones. Dependiendo de las condiciones operativas, estas oscilaciones se amortiguan o bien conducen a inestabilidades crecientes con paradas de planta indeseadas (Adetayo et al., 1995; Heinrich et al., 2003). Hoy en día, el efecto de las variables operativas sobre la performance del circuito no está entendido en su totalidad, siendo esta la causa por la que numerosas plantas alrededor del mundo operan aún por prueba y error.

El simulador dinámico del circuito de granulación que se utiliza en el presente trabajo ha sido desarrollado y estudiado en contribuciones anteriores mediante el modelado de cada uno de sus componentes y diversos análisis de sensibilidad paramétrica para el sistema operando en estado estacionario y no estacionario (Cotabarren et al., 2010). También se han abordado diferentes problemas de control óptimo tendientes a determinar los posibles cuellos de botella durante la operación cuando se busca aumentar la capacidad de la planta y sus posibles soluciones (Cotabarren et al., 2011). El objetivo de este trabajo es encontrar trayectorias óptimas que permitan llevar la operación nominal de la planta a otra con diferentes especificaciones en mínimo tiempo y respetando las restricciones del proceso. En particular, es frecuente que los estándares internacionales de tamaño de urea granulada cambian con el tiempo. Por lo tanto, se realizan optimizaciones que conduzcan a un estado estacionario con un tamaño de producto específico distinto del nominal. Por otro lado, es común que se requiera aumentar la capacidad de la planta, por lo cual también se desarrolla una optimización dinámica hacia un estado estacionario de mayor capacidad.

2. Modelos matemáticos y métodos de resolución:

Como se menciona en la introducción, los distintos modelos de los equipos que constituyen el circuito de granulación han sido desarrollados en contribuciones anteriores (Cotabarren et al., 2008; Cotabarren et al., 2009; Cotabarren et al., 2010; Bertín et al., 2010). Todos los modelos han sido implementados en el ambiente de modelado gPROMS, contando así con una herramienta poderosa para la simulación y optimización (Cotabarren et al., 2010).

Durante la operación normal del circuito de granulación, la calidad del producto se evalúa en función de diferentes parámetros, por ejemplo: la fracción en masa de partículas dentro de un determinado rango de tamaño (e.g., $W_{2-4\text{mm}}$) y la mediana en masa o SGN (Size Guide Number) de la distribución. El SGN representa el tamaño en milímetros para el cual el 50% en peso de los sólidos es más grande y el 50% restante es más chico, multiplicado por 100. En general, y como consecuencia de los estándares internacionales, se busca un producto con partículas de tamaño entre 2 y 4 mm y valores de SGN entre 270 y 310 (CF Industries, Karnaphuli Fertilizer Co. Ltd.).

Existen además ciertas restricciones físicas que no deben ser violadas durante la operación del circuito para garantizar la buena performance del proceso. En el caso del granulador, las alturas de los lechos fluidizados en las cámaras no deben ser mayores a la del tabique divisorio (H_{weir}) entre ellas para evitar el pasaje de material por rebalse, ni menores que cierta altura mínima que asegura la atomización de las gotas de urea fundida dentro del lecho. Por ello, se establece que las alturas de las cámaras deben permanecer entre un 50% y 90% de H_{weir} . En cuanto a las temperaturas de las cámaras de crecimiento, éstas deben ser menores que la temperatura de fusión de la urea (e.g., 132°C) para evitar la formación excesiva de aglomerados y mayores a 100°C para permitir la total evaporación del agua y

solidificación de la urea sobre las partículas del lecho. Por ende, se establece como rango factible para la temperatura de las primeras tres cámaras aquel entre 100°C y 120°C.

3. Resultados y discusión:

En primera instancia se propone llevar la planta desde un estado estacionario inicial donde el SGN del producto es de 280 a otro estado estacionario con un SGN de producto igual a 300, en mínimo tiempo y respetando las restricciones del proceso. Para ello, la función objetivo se define en función de dos términos:

$$FO(u(t)) = \min_{u(t), t \in [t_0, t_f]} \left\{ w_1 t + w_2 \int_0^{t_f} (SGN(x(t), u(t)) - 300)^2 dt \right\} \quad (1)$$

El primer término minimiza el tiempo de optimización mientras que el segundo minimiza la diferencia en todo tiempo del SGN del producto con respecto al SGN que se desea alcanzar. $FO(u(t))$ es el valor de la función objetivo, $u(t)$ son las variables manipuladas, $x(t)$ son las variables de estado de los modelos y t_0 y t_f los tiempos iniciales y finales de optimización. w_1 y w_2 son factores que ponderan a cada término de la función objetivo; en este caso particular se le asignan valores de 0.9 y 0.1, respectivamente.

La optimización se encuentra además sujeta no sólo a las siguientes restricciones:

$$270 \leq SGN(t) \leq 310 \quad (2)$$

$$0.5H_{weir} \leq H_k(t) \leq 0.9H_{weir} \quad k = 1 \text{ a } 6 \quad (3)$$

$$100^\circ C \leq T_k(t) \leq 120^\circ C \quad k = 1 \text{ a } 3 \quad (4)$$

sino también a las restricciones de los modelos formulados y al cumplimiento de estado estacionario a tiempo final (es decir, todas las derivadas con respecto al tiempo iguales a cero en t_f).

Por otro lado, para completar la formulación de la optimización es necesario definir el número y duración de los intervalos de control. Para todas las optimizaciones planteadas la duración mínima de los intervalos de control se establece en una hora, para que resulte aplicable industrialmente. Con respecto a la cantidad de intervalos, se incrementa desde uno hasta el número que permite obtener la menor función objetivo.

En cuanto a las variables a manipular, cómo el objetivo es cambiar la PSD del producto (específicamente, su SGN) se selecciona el espaciado o GAP entre el par de rodillos inferior del molino. Como se ha demostrado en trabajos anteriores, esta variable es la que está directamente relacionada con la calidad de las semillas que entra al granulador y, por ende, con la del producto final (Cotabarren et al., 2010).

Las Figuras 1.a y 1.b muestran la evolución de la variable manipulada y el SGN del producto correspondientes a optimizaciones con distinto número de intervalos de control. Es necesario aclarar que los perfiles mostrados para 1 y 2 intervalos de control no constituyen una solución al problema de optimización planteado, por no alcanzar en objetivo de SGN igual a 300 y/o exceder el límite superior establecido para esta variable.

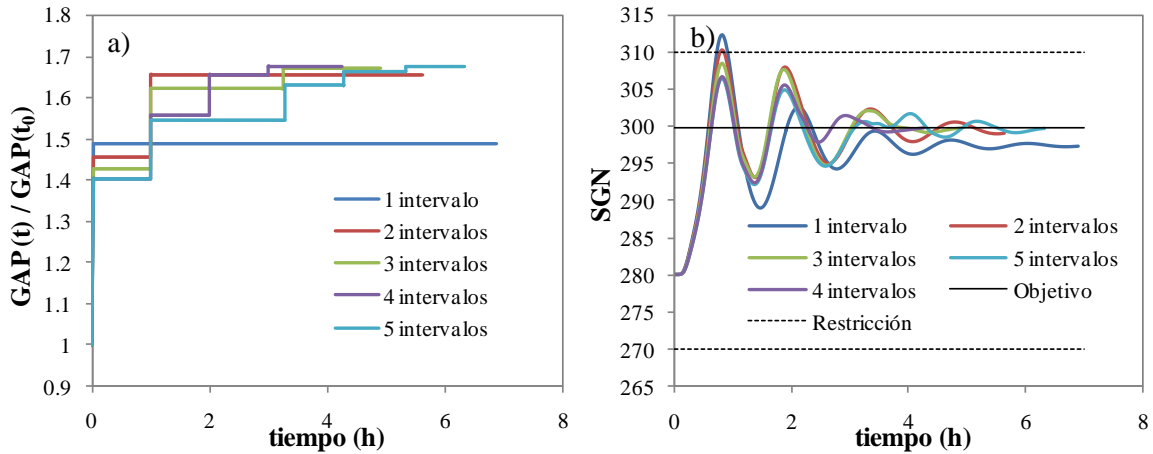


Figura 1. Trayectoria en el tiempo de la variable manipulada y el SGN de producto para optimizaciones con distinto número de intervalos de control.

Para 3, 4 y 5 intervalos de control se satisface el objetivo en SGN (Fig. 1.b), pero tal como puede verse en la Fig. 1.a es con 4 movimientos en la variable manipulada que se llega al nuevo estado estacionario en mínimo tiempo (4.25hs). Respecto a las restricciones del proceso, para la mejor optimización (4 intervalos de control) todas se encuentran durante el transiente dentro de los límites establecidos (datos no mostrados).

En segunda instancia se plantea un aumento en la capacidad de la planta, de por ejemplo un 15%. Para esto, la función objetivo se define como:

$$FO(u(t)) = \min_{u(t), t \in [t_0, t_f]} \left\{ w_1 t + w_2 \int_0^{t_f} (F_P(x(t), u(t)) - 1.15 F_P^{ee})^2 dt \right\} \quad (5)$$

donde F_P es la producción de urea a ser maximizada y F_P^{ee} es el valor de capacidad de planta en la condición nominal de operación. Las restricciones dadas por las Eqs. (2), (3) y (4) al igual que las impuestas por los modelos y la condición de estado estacionario a tiempo final mantienen su validez para esta optimización. Debido a que la capacidad de la planta está directamente relacionada con el caudal de urea fundida (M_{melt}) que se atomiza en el granulador (Cotabarren et al., 2010; Cotabarren et al., 2011), ésta se escoge como la variable a manipular.

Las Figuras 2.a y 2.b muestran la evolución del caudal de urea fundida y la capacidad de la planta para optimizaciones con 1, 2, 3 y 4 intervalos de control. Tal como se observa en las curvas de caudal de producto (Fig. 2.b), ninguna de las optimizaciones logra el objetivo planteado. Si bien el valor final de F_P se acerca al deseado a medida que se incrementa el número de intervalos de control, la principal restricción que impide cumplimentar el objetivo es el aumento en el nivel de la segunda cámara del granulador que excede el límite impuesto (ver Figura 3).

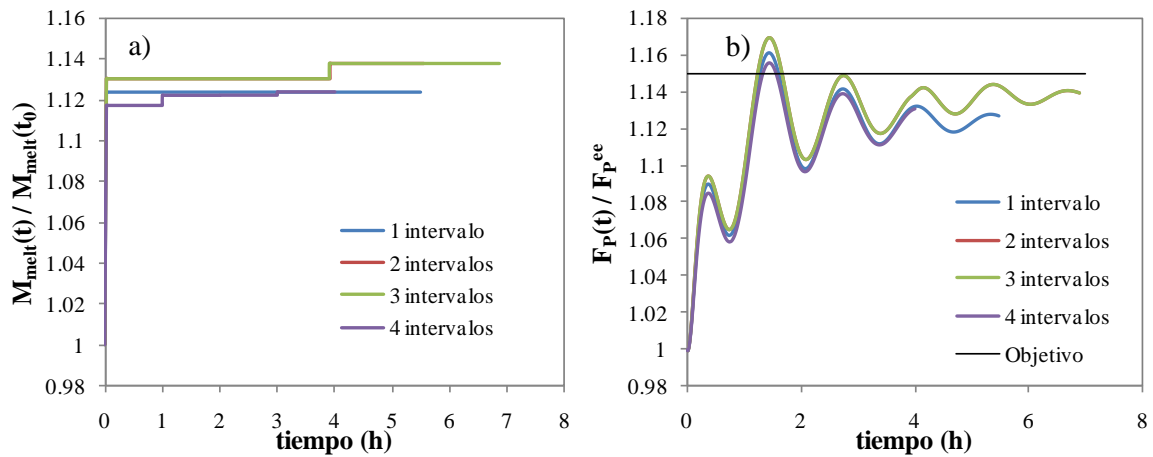


Figura 2. Trayectoria en el tiempo de la variable manipulada y el caudal de producto para optimizaciones con distinto número de intervalos de control.

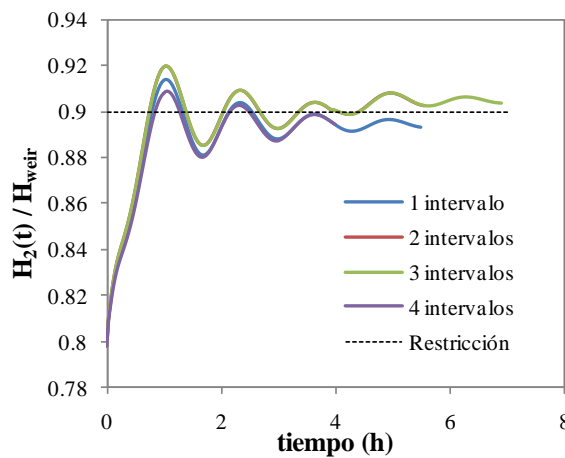


Figura 3. Trayectoria en el tiempo de la altura de la segunda cámara del granulador.

Este resultado sugiere la necesidad de incorporar una segunda variable manipulada, como la descarga del granulador, para alcanzar el objetivo propuesto. El granulador posee, en la parte inferior de la última cámara, dos válvulas cuya regulación permite aumentar el área para descarga del producto y, consecuentemente, disminuir la altura de los lechos. En su posición nominal estas válvulas se encuentran 85% abiertas, por lo cual si se denomina α al área de descarga en el estado estacionario inicial, 1.15α resulta la máxima apertura posible. Las Figuras 4.a y 4.b muestran, para distinto número de intervalos de control, la trayectoria en el tiempo del caudal de urea fundida y de la descarga del granulador, respectivamente. La combinación de ambas variables permite incrementar la capacidad de la planta al valor especificado (Fig. 5.a), respetando la restricción de altura en las cámaras (Fig. 5.b).

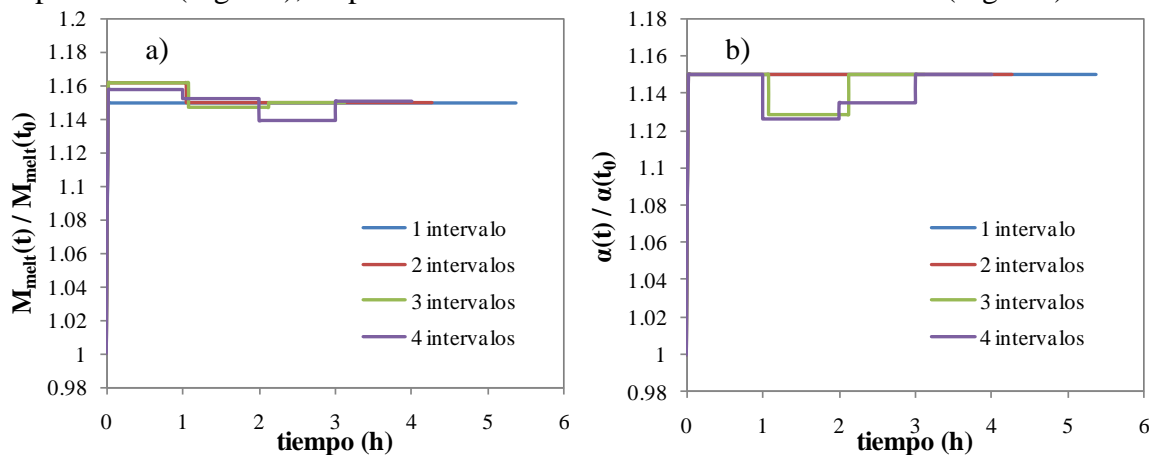


Figura 4. Trayectoria en el tiempo de caudal de urea fundida y de la descarga del granulador para optimizaciones con distinto número de intervalos de control.

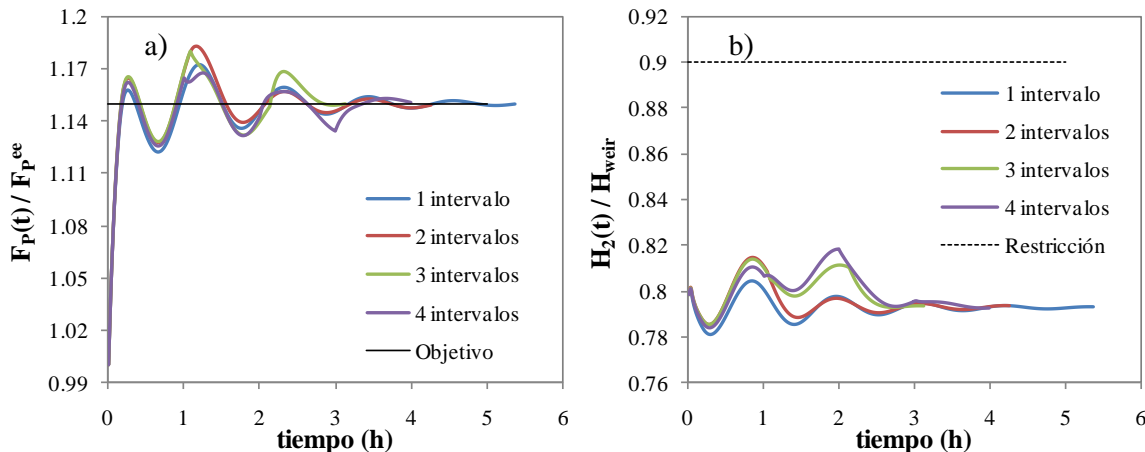


Figura 5. Trayectoria en el tiempo del caudal de producto y de la altura de la segunda cámara del granulador para optimizaciones con distinto número de intervalos de control.

La posibilidad de aumentar la descarga del granulador al máximo admisible, en la mayoría de los intervalos de control (Fig. 4.b), produce un descenso inmediato en la altura de las cámaras (ver altura cámara 2, Fig. 5.b). Por otro lado, y según se muestra en las figuras, la optimización con tres intervalos de control es la que alcanza el objetivo en tiempo mínimo (3.10 horas). La optimización con cuatro intervalos de control conduce a perfiles de las variables manipuladas con la duración mínima admitida para cada uno de ellos (1 hora), por lo cual el tiempo global de optimización (4 horas) resulta mayor que el correspondiente a tres intervalos. Por lo tanto, carece de sentido incorporar mayor número de intervalos de control.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que es posible llevar la planta de un estado estacionario a otro con distintas especificaciones, ya sea en calidad de producto o en capacidad de producción, seleccionando adecuadamente las variables a manipular, en mínimo tiempo y respetando las restricciones del proceso. Un análisis secuencial del número de intervalos de control a aplicar permitió determinar el número mínimo requerido para obtener la evolución más rápida al nuevo estado estacionario.

Resultó imposible alcanzar el nuevo objetivo de capacidad de producción propuesto con sólo una variable manipulada debido a las restricciones del proceso, por lo cual se consideró la incorporación de otras variables a manipular.

Este análisis constituye un valioso aporte para la predicción de la performance del circuito de granulación de urea, donde en la actualidad, la mayoría de las acciones correctivas se realiza por prueba y error en base a la experiencia previa. Una herramienta de este tipo facilitaría la operación de las plantas otorgando trayectorias específicas para las variables claves del circuito ante las necesidades cambiantes del mercado.

5. Referencias:

- Adetayo, A.; Litster, J.; Cameron, I. T. *Comput. Chem. Eng.* **1995**, *19*, 383-393.
- Balliu, N.E.; Cameron, I.T. *Powder Technol.* **2007**, *179*, 12-24.
- Bertin, D.; Mazza, G.; Piña, J.; Bucalá, V. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, *46*, 7667-7676.
- Bertin D.; Cotabarrén I.; Bucalá V.; Piña J. *Powder Technol.* **2010**, *206*, 122-131.
- CF Industries. Deerfield, Illinois, USA; <http://www.cfindustries.com/ProductUrea.htm>.

- Cotabarren, I. M.; Schulz, P. G.; Bucalá, V.; Piña, J. *Powder Technol.* **2008**, *183*(2), 224-230.
- Cotabarren, I.; Rossit, J.; Bucalá, V.; Piña, J. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2009**, *48*, 3187-3196.
- Cotabarren, I.; Bertin, D.; Romagnoli, J.; Bucalá, V.; Piña, J. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2010**, *49*, 6630-6640.
- Cotabarren, I.; Bertin, D.; Piña, J.; Bucalá, V. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2011**, *50*, 11996-12010.
- Heffer, P.; Prud'homme, *79th IFA Annual Conference*, Montreal, Canada, May 2011.
- Heinrich, S.; Peglow, M.; Ihlow, M.; Morl, L. *Powder Technol.* **2003**, *130*, 154-161.
- Karnaphuli Fertilizer Company Limited. Rangadia, Anowara Chittagong, Bangladesh;
<http://www.kafcobd.com/html/products.html>.

14TCQ. GRANULACIÓN FUNDIDA DE UREA EN LECHO FLUIDO: INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE FLUIDIZACIÓN Y EL CAUDAL DE FUNDIDO

**VELIZ MORAGA S., BERTIN D., COTABARREN I., PIÑA J. ,
PEDERNERA M., BUCALÁ V.**

**Dto. Ing. Qca. - Universidad Nacional del Sur (UNS); PLAPIQUI (UNS-CONICET) -
Bahía Blanca - Argentina - vbucala@plapiqui.edu.ar**

Resumen: La granulación es una operación unitaria muy utilizada en diversas industrias para aumentar el tamaño de partículas. Uno de los equipos comúnmente usado para llevar a cabo dicho proceso es el lecho fluido, en el cual se atomiza un ligante que hace posible el crecimiento de núcleos sólidos que se cargan inicialmente. Los mecanismos por los cuales pueden crecer las partículas son básicamente dos: el recubrimiento de las partículas originales o bien la aglomeración de las mismas. Según el uso del producto, en general se prefiere un camino de crecimiento u otro. En particular, para la urea se desea un crecimiento dado por recubrimiento. Con tal propósito, las variables operativas del proceso se deben elegir cuidadosamente. En este trabajo se presenta la influencia de los caudales de aire de fluidización y de ligante (solución de urea prácticamente fundida) sobre el mecanismo de crecimiento de las partículas. Se demuestra que el aire de fluidización es una variable crítica para evitar la formación de aglomerados y que el caudal de ligante debe conservar cierta relación con respecto al aire de fluidización para asegurar el crecimiento por recubrimiento.

1. Introducción:

La granulación es una operación unitaria muy utilizada en una amplia gama de industrias, en la cual existen tres elementos fundamentales: partículas pequeñas iniciales (también llamadas núcleos o semillas), un ligante y un intenso mezclado que puede ser mecánico o neumático. Uno de los equipos más usados es el granulador de lecho fluido, en el cual la agitación está provista por el aire que fluidiza el lecho.

El proceso de granulación se suele clasificar de acuerdo a la naturaleza del ligante (o aglutinante) en húmedo, seco o fundido. La granulación húmeda refiere a la utilización de un ligante que se disuelve o suspende en un solvente fácilmente evaporable (normalmente agua). En la granulación en seco, partículas sólidas finas se añaden al lecho de semillas iniciales. La adherencia del polvo sobre los núcleos se debe a fuerzas del tipo van der Waals o electrostáticas. Por último, la granulación fundida puede llevarse a cabo a través de dos procedimientos diferentes. El primer método consiste en atomizar un fundido sobre un lecho de partículas que luego son enfriadas, mientras que el segundo se basa en la adición de un aglutinante en polvo que se calienta en el granulador hasta una temperatura cercana a su punto de fusión. Por lo tanto, el aglutinante en polvo se ablanda y extiende sobre las semillas iniciales, finalmente el aglutinante depositado solidifica por enfriamiento (Saleh y Guigon, 2007). La granulación de urea implica el uso de una solución acuosa de alta concentración (96% en peso), por lo cual la naturaleza del aglutinante es similar a la de los ligantes fundidos.

Existe un gran número de artículos relacionados con los procesos de granulación húmeda. Entre otros, Smith y Nienow (1983), Pont et al. (2001) y Hemati et al. (2003), estudiaron la influencia de las variables del proceso y de las propiedades físico-químicas del ligante o las semillas sobre la cinética de crecimiento de las partículas cuando se

atomizan soluciones acuosas en lechos de sólidos fluidizados por medio de aire caliente. Los estudios experimentales relacionados con la granulación húmeda, indicaron que muchas variables pueden afectar el mecanismo de crecimiento de las partículas: el ligante (composición, viscosidad, tensión superficial, caudal, tamaño de la gota), las propiedades de las semillas (tamaño, forma, porosidad), los caudales de aire atomización y de fluidización, la ubicación de la boquilla, la temperatura del lecho, etc. Por ejemplo, dichos autores determinaron experimentalmente la dependencia del mecanismo de crecimiento (aglomeración o recubrimiento) y de la velocidad de crecimiento con la velocidad del gas en exceso (es decir la diferencia entre la velocidad superficial real y la de mínima fluidización). Para granulación húmeda y bajas velocidades de gas en exceso, el crecimiento de partículas preferencial es la aglomeración. Para mayores velocidades de gas, la velocidad de circulación de las partículas aumenta por lo cual se mejora la distribución del líquido sobre la superficie de las semillas y se reduce el riesgo de formación de grandes aglomerados que puedan defluidizar el lecho. Por otra parte, altas velocidades de gas incrementan la frecuencia y la energía de los impactos partícula-partícula y partícula-pared que contribuyen a la ruptura de puentes sólidos que el aglutinante puede haber formado entre semillas primarias (Smith y Nienow, 1983; Hemati et al, 2003). Este mismo comportamiento se observó en diferentes sistemas de granulación (es decir, para distintas variables operativas y propiedades de los materiales). Sin embargo, las regiones de crecimiento resultaron ser muy sensibles a los productos y la unidad de granulación. Con el fin de generalizar las conclusiones de muchos autores, y para granulación húmeda, Ennis et al. (1991) propusieron un modelo que permite predecir el comportamiento del crecimiento de los gránulos. A pesar de que el modelo es simple y se basa en varias suposiciones, el artículo mencionado se considera un hito por ser una herramienta útil para predecir los regímenes de crecimiento usando variables que son medibles.

Lamentablemente las teorías desarrolladas para granulación húmeda no son totalmente adecuadas para describir la granulación fundida en lechos fluidos (Walker et al, 2005; Tan et al, 2006). Dado que la utilización de aglutinantes fundidos elimina el uso de solventes, la granulación fundida ha recibido considerable atención en los últimos años. No obstante, los trabajos reportados no pueden aplicarse a la granulación de urea. Por esta razón, nuestro grupo llevó a cabo varios experimentos de granulación de urea en un equipo escala piloto, teniendo en cuenta las principales características de su proceso industrial. El objetivo principal del trabajo es relacionar las condiciones operativas de la unidad con el mecanismo de crecimiento que ocurre y con la calidad del producto granular final.

Tan et al. (2006) y Chua et al. (2011) reportaron posibles mecanismos de crecimiento que pueden tener lugar cuando se lleva a cabo granulación fundida en un lecho fluido. La Figura 1 muestra los eventos microscópicos que pueden ocurrir durante la granulación de urea. Algunas de las pequeñas gotas atomizadas pueden no ser capturadas por las semillas y rápidamente convertirse en polvo fino (caso 1), que puede ser elutriado o recapturado por el lecho de sólidos. El caso 2 muestra la colisión de las gotas sobre una partícula inicial, luego de la cual el ligante puede solidificar sin contactar con otra semilla (caso 3) o colisionar con otra partícula (caso 4). La agregación o aglomeración puede tener éxito (caso 5), o en función de la velocidad de solidificación del puente líquido éste se puede romper (caso 6). Por último, según la turbulencia del lecho fluidizado, el puente sólido se puede llegar a romper (caso 7). Para la producción de urea granulada, la ruta 3 es el mecanismo de crecimiento deseado. A fin de evitar un crecimiento exponencial de los gránulos (aglomeración, es decir el escenario 5 de la Figura 1) y la defluidización eventual del lecho, las variables operativas deben seleccionarse con cuidado. En tal sentido, el

objetivo de este trabajo es evaluar la influencia de algunas condiciones operativas sobre los mecanismos de crecimiento de los gránulos de urea.

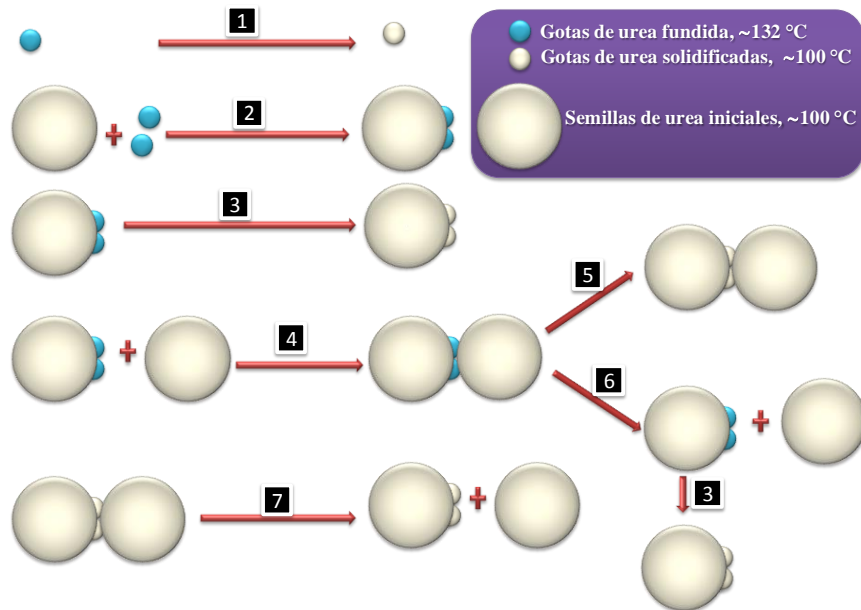
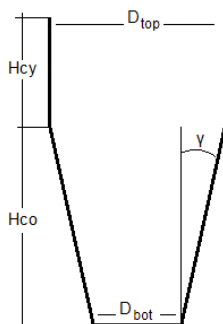


Figura 1. Esquema de los eventos microscópicos que pueden ocurrir en la granulación de urea.

2. Equipo experimental y procedimientos:

Los experimentos se llevaron a cabo en un granulador de lecho fluido discontinuo, el cual consta de un recipiente de acero inoxidable cónico, seguido por una columna cilíndrica (ver Tabla 1). Por encima de esta columna se encuentran 3 filtros de bolsas que tienen por objeto retener el polvo que elutria durante la operación. La solución de alimentación (llamada urea fundida) se prepara en un tanque de almacenamiento calefaccionado. Habitualmente se utilizan 1000 g de urea y un volumen de agua determinado para alcanzar la concentración de urea deseada. El tanque de urea fundida se mantiene a temperatura constante ($\approx 130\text{ }^{\circ}\text{C}$) y se encuentra sobre una balanza que registra continuamente el peso del mismo. La solución de urea se atomiza utilizando un dado caudal de aire comprimido, el cual impulsa la urea fundida desde el tanque hacia una boquilla binaria de atomización situada en el fondo del equipo justo encima del distribuidor de aire. El aire de atomización se precalienta hasta $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su caudal se controla mediante una válvula y se mide con un rotámetro. La temperatura de piel de tubo de la línea de urea fundida (desde el tanque de almacenamiento a la boquilla) se controla utilizando una cinta calefactora. El distribuidor de aire es una placa de acero inoxidable perforado (156 agujeros de 3 mm de diámetro). El aire de fluidización se suministra por medio de un ventilador centrífugo. Antes de entrar al lecho, el aire se precalienta utilizando resistencias calefactoras con el fin de mantener la temperatura del lecho en el nivel deseado. Un sistema PLC registra y controla varias variables de proceso.

Aproximadamente 2000 g de partículas de urea de un tamaño dado (semillas) se cargan inicialmente en la cámara del granulador. Las semillas se fluidizan con aire caliente hasta que la temperatura del lecho alcanza el nivel deseado. Luego, se inicia la atomización de la solución de urea a caudal constante. Una vez que finaliza la atomización, los gránulos se enfrían inmediatamente con aire a temperatura ambiente. El producto granular recogido, se reserva para su caracterización. El polvo depositado sobre las paredes del granulador y en las bolsas de filtro, y el material residual dentro del tanque de fusión, se pesan para efectuar cálculos de cierre de balance de masa.



Parámetro	Valor
Altura de la sección cónica, H_{CO} (m)	0.7
Altura de la sección cilíndrica, H_{Cy} (m)	0.45
Diámetro de la base, D_{bot} (m)	0.15
Diámetro superior, D_{top} (m)	0.3
Angulo de inclinación, γ (°)	6

Tabla 1. Datos geométricos del granulador experimental.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos variando los caudales de aire de fluidización y de urea fundida. La Tabla 2 muestra las condiciones experimentales seleccionadas para la realización de estos estudios paramétricos.

Tabla 2. Resumen de las condiciones operativas.

Variable	Caso 1	Caso 2
Diámetro de semillas (entre tamices ASTM #8 y #10), mm	2.38-2.80	2.38-2.80
Diámetro medio aritmético de semillas, mm	2.59	2.59
Velocidad mínima de fluidización de las semillas *, m/min	49.20	49.20
Velocidad del aire de fluidización *, m/min	132-270	180 y 240
Caudal de aire de atomización, l/min	30	30
Caudal de urea fundida, g/min	276	240-1045
Concentración de urea en la solución, % en peso	97.5	97.5
Temperatura de lecho, °C	100	100

(*) medida a la entrada del granulador, a presión atmosférica y 20 °C.

La distribución de tamaño de partículas se determinó mediante tamizado. Para ello se utilizó una serie de 9 tamices estándar ASTM (# 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 y 16). Los aglomerados son partículas constituidas por dos o más semillas primarias. Según el tamaño inicial de las semillas y la serie seleccionada de tamices para el análisis granulométrico, la fracción de masa superior a 4 mm se definió como material aglomerado.

3. Resultados y discusión:

Veliz et al. (2010) encontraron que para un caudal de urea fundida de aproximadamente 280 g/min, una velocidad de aire de fluidización de 180 m/min corresponde a la transición de un régimen de aglomeración/recubrimiento a recubrimiento puro. En efecto para mayores velocidades de aire de fluidización, el porcentaje en peso de aglomerados es inferior a 2%, tal como se puede observarse en la Figura 2.

Para bajas velocidades de aire de fluidización los lechos tienden a defluidizarse o bien a la formación de grandes aglomerados (ver fotografía presente en la parte superior de la Fig. 2). A medida que aumenta el caudal de aire, el producto resulta de mejor calidad presentando partículas que sólo aumentaron su tamaño por recubrimiento (ver fotografía en la parte inferior de la Fig. 2). Estos resultados coinciden con los obtenidos tanto para granulación húmeda (Smith y Nienow, 1983) como para fundida (Tan et al., 2006). Cuanto mayor es la velocidad con que las partículas circulan por la zona de atomización del fundido (es decir, cuanto mayor es el caudal de aire de fluidización), mejor es la distribución de la urea fundida sobre las semillas y menor la probabilidad de formación de grandes aglomerados. Este comportamiento se debe básicamente a que las fuerzas disruptivas fomentadas por la fluidización superan a las fuerzas cohesivas asociadas a la formación de puentes líquidos o sólidos por parte del fundido. Consecuentemente, las partículas tienden a permanecer separadas predominando el crecimiento por recubrimiento (evento 3 de la Fig. 1).

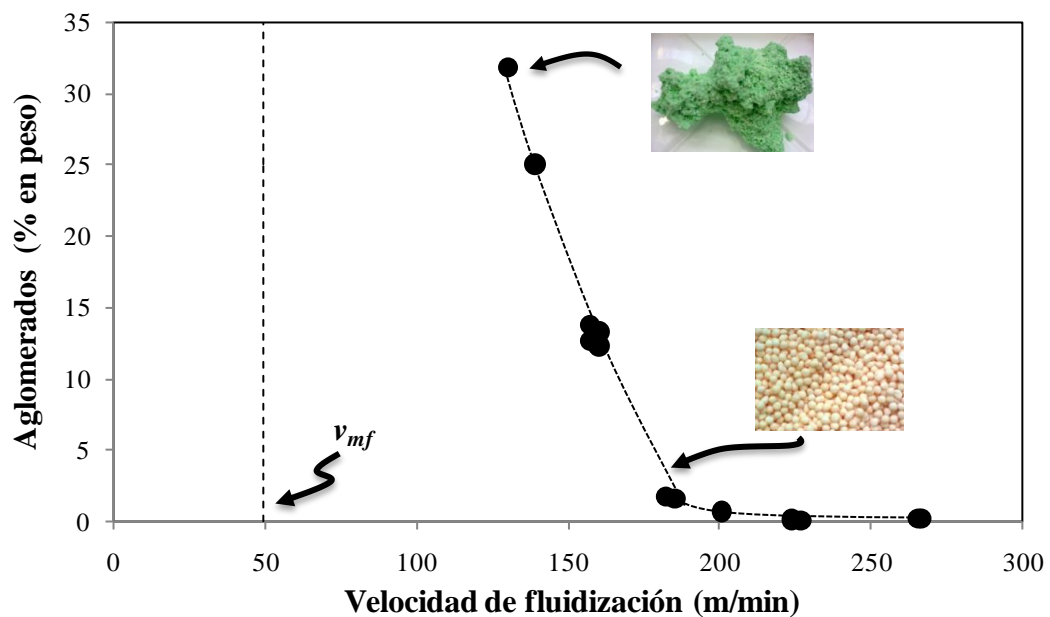


Figura 2. Efecto del aire de fluidización sobre la formación de aglomerados. $M_{melt} = 280$ g/min.

Para dos velocidades fijas de aire de fluidización (180 m/min y 240 m/min), en la Figura 3 se muestra el efecto de variar el caudal de urea fundida sobre la formación de aglomerados. A medida que aumenta el caudal de urea fundida, aún para altas velocidades de aire fluidización, se incrementa notablemente la formación de aglomerados. Por lo tanto, todo aumento en el caudal de fundido debe acompañarse de un incremento en el aire de fluidización para garantizar el régimen deseado de crecimiento por recubrimiento. Si por ejemplo se admite como máximo 2% en peso de aglomerados en el producto, la Figura 3 indica que para 180 m/min el factor de relación caudal de fundido a caudal de aire es de $310/180$ g/m = 1.7 mientras que para 240 m/mim este mismo factor es de $500/240$ g/m = 2.1. En ambos casos los resultados señalan que el caudal de fundido no puede ser mayor al doble de la velocidad del aire de fluidización si se requiere crecimiento por recubrimiento.

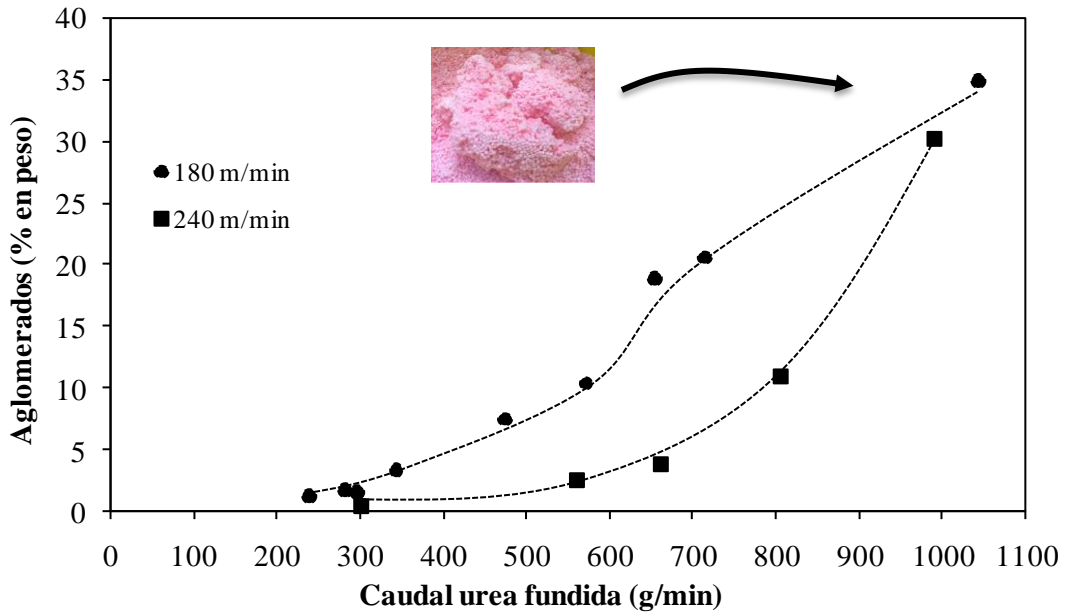


Figura 3. Efecto del caudal de fundido sobre la formación de aglomerados. $V_{fluid} = 180$ y 240 m/min.

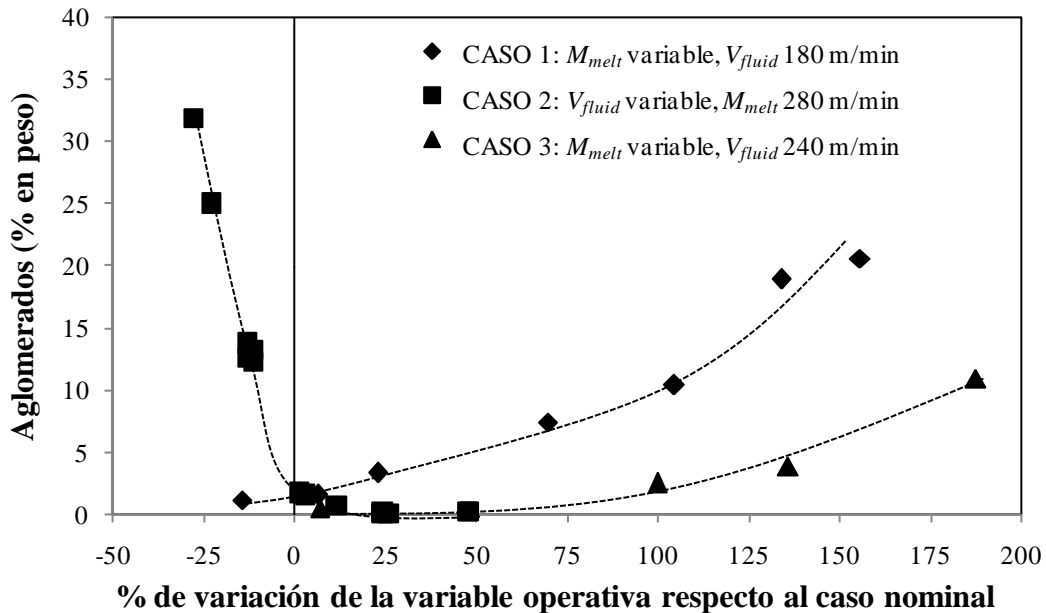


Figura 4. Caso nominal $V_{fluid} = 180$ m/min y $M_{melt} = 280$ g/min.

Con el propósito de analizar el efecto de variar las condiciones operativas a partir de un caso base con recubrimiento puro (ej., 180 m/min para el aire de fluidización y 280 g/min para el caudal de urea fundida) sobre la formación de aglomerados, en la Figura 4 se presentan tres casos de estudio: variación en el caudal de urea fundida manteniendo el aire de fluidización constante en 180 m/min y 240 m/min (CASOS 1 y 3) y variación en el aire de fluidización para un caudal de fundido constante e igual a 280 g/min (CASO 2).

En general se observa que la formación de aglomerados aumenta con el caudal de fundido y disminuye con la velocidad de fluidización. Sin embargo, para una misma perturbación en la condición operativa, disminuciones en el aire de fluidización conducen a un mayor porcentaje de aglomerados que aumentos en el caudal de fundido (i.e., una variación de un -12% en V_{fluid} produce igual porcentaje en peso de aglomerados que un variación de +100% en M_{melt}).

4. Conclusiones:

En la actualidad, los conocimientos disponibles respecto a la granulación de urea son principalmente de nivel macroscópico. La posibilidad de extender los estudios a una meso o micro escala, mediante experimentación en un equipo escala piloto, resulta fundamental para la determinación de los efectos de las variables operativas sobre los mecanismos de crecimiento. En este contexto, los resultados presentados en este trabajo demuestran que el caudal de aire de fluidización resulta crítico para garantizar el régimen de crecimiento por recubrimiento. El caudal de fundido también debe mantenerse controlado, ya que incrementos en el mismo favorecen el aumento de las fuerzas cohesivas que tienden a unir las partículas. Los distintos ensayos realizados indican además que el caudal de fundido no puede ser mayor al doble de la velocidad del aire de fluidización para asegurar el régimen de crecimiento por recubrimiento.

Como trabajo futuro, se busca generar teorías generales que permitan determinar qué condiciones operativas deben ser ajustadas para alcanzar el resultado deseado, incorporando otras variables claves como el tamaño inicial de las semillas y la concentración del ligante fundido.

5. Referencias:

- Chua K.W., Makkawi Y.T., Hounslow M.J., *Chem. Eng.Sci.*, 66, 318-326, 2011.
Ennis B.J., Tardos G., Pfeffer R., *Powder Technology*, 65, 257-272, 1991.
Hemati M., Cherif R., Saleh K., Pont V., *Powder Technology*, 130, 18-34, 2003.
Pont V., Saleh K., Steinmetz D., Hemati M., *Powder Technology*, 120, 97-104, 2001.
Saleh, K., Guigon, P., *Coating and encapsulation processes in powder technology*. In *Handbook of Powder Technology*; Salman, A. D., Hounslow, M. J., Seville, J. P. K. (eds.); Elsevier: Amsterdam, 2007.
Smith P.G., Nienow A.W., *Chem. Eng. Sci.*, 38(8), 1223-1231, 1983.
Tan H.S., Salman A.D., Hounslow M.J., *Chem. Eng. Sci.*, 61, 1585-1601, 2006.
Veliz S., Mirazú L., Piña J., Pedernera M., Bucalá V.. VI Congreso Argentino de Ingeniería Química, 26-29 Septiembre 2010, Mar del Plata, Argentina. Libro de Resúmenes 313-314, ISSN 1850-3500, Trabajo 10i-1248 completo en CD con ISSN 1850-3519, 2010.
Walker G.M., Andrews G., Jones D., *Powder Technology* 165, 161-166, 2006.

15TCQ. CORRELACION Y PREDICCIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE LÍQUIDOS IÓNICOS MEDIANTE UNA ECUACIÓN DE ESTADO

FORERO, L.A.^{1,3}, VALDERRAMA, J.O.^{2,3}

¹ Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana A.A. 56006, Medellín, Colombia (forerogaviria@gmail.com')

² Universidad de la Serena, Departamento de Ingeniería Mecánica, Casilla 554, La Serena-Chile (jvalderr@userena.cl)

³ Centro de Información Tecnológica (CIT), Casilla 724, La Serena-Chile

Resumen: A partir del concepto de fugacidad a presión cero y la ecuación de estado de Peng-Robinson se desarrolla un modelo generalizado que permite estimar la presión de vapor de líquidos iónicos. La expresión propuesta ha sido empleada para estimar 134 presiones de vapor correspondientes a 10 líquidos iónicos reportados en la literatura. La desviación absoluta promedio calculada para el conjunto de datos analizados es del 8%. El modelo propuesto tiene varias ventajas entre las que se destacan: su fundamento teórico sólido, su forma generalizada y su aceptable precisión para realizar cálculos en ingeniería.

1. Introducción:

Los líquidos iónicos son un tipo de sustancias con propiedades muy interesantes entre las que se destaca su presión de vapor, la cual se caracteriza por ser muy baja ($P < 0.1$ bar). Los líquidos iónicos han atraído el interés de la industria e investigadores debido a su potencial uso en síntesis, separación, catálisis, electroquímica entre otras aplicaciones (Davis, 2004; Brennecke y Maginn, 2001). Este tipo de sustancias puede existir en fase líquida en amplios intervalos de temperatura, lo cual añadido a sus bajos puntos de fusión y la posibilidad de fijar sus propiedades físicas y químicas ofrece grandes oportunidades para controlar su reactividad a diferencia de lo que ocurre con los solventes moleculares (Holbrey y Rogers, 2003). El término “presión de vapor muy baja” parece ser ambiguo de acuerdo con algunos autores. Earle et al. (2005) afirmó: “*La opinión generalizada es que una característica propia de los líquidos iónicos (o sales fundidas de baja temperatura) es que estos no ejercen una presión de vapor medible y por lo tanto no se pueden destilar*”. Los autores han demostrado que esta creencia general carece de fundamento y por lo tanto es posible medir la presión de vapor de los líquidos iónicos y desde luego estas sustancias se pueden destilar sin sufrir alguna descomposición. A pesar de este hecho, los datos de presión de vapor son escasos en la literatura, sin embargo, el desarrollo de técnicas más precisas permitirá que una mayor cantidad de datos sea medida y reportada.

La presión de vapor es una propiedad fundamental para el desarrollo de modelos que permitan estimar otras propiedades termodinámicas necesarias en algunas aplicaciones de los líquidos iónicos como solventes alternativos (Rebelo et al., 2005). Hasta el 2010 solo existían sesenta datos reportados de presión de vapor para cinco líquidos iónicos. Por esta razón, el desarrollo de modelos para la correlación y la predicción de la presión de vapor de este tipo de sustancias ha sido lento. Para compuestos orgánicos se encuentran disponibles miles de datos y existe una gran cantidad de estudios sobre la medición, la correlación y la predicción de presión de vapor desde el punto triple hasta el punto crítico. Sin embargo, en los líquidos iónicos, el rango de temperatura es más limitado y va desde temperaturas por encima del punto triple hasta temperaturas por debajo del punto normal de ebullición; descomponiéndose a mayores temperaturas.

Paulechka et al. (2005) determinaron la presión de vapor de 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, $[C_4mim][NTf_2]$, en el intervalo de temperatura entre

458 y 517 K. Zaitsau et al. (2006) determinaron la presión de vapor para la serie [C_nmim][NTf₂] (con n = 2, 4, 6 y 8), en el intervalo de 437 a 517 K. Emelyanenko et al. (2007) reportaron datos de presión de vapor de [C₂mim][NTf₂] en el intervalo de 499 a 538 K y de [bmim][dca] entre 448 y 489 K. Recientemente Rocha et al. (2011) reportaron datos de presión de vapor de alta precisión para la serie 1-alkyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, [C_nmim][Ntf₂] (con n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12). Estos autores compararon sus datos con aquellos reportados previamente por Paulechka et al., Zaitsau et al. y Emelyanenko et al., mencionados anteriormente. En total los 129 datos experimentales reportados por Rocha et al. y los 5 datos reportados por Emelyanenko et al. para el [bmim][dca] se utilizan como base para encontrar una ecuación con fundamento teórico que permita correlacionar y predecir la presión de vapor de los líquidos iónicos en el intervalo de baja presión.

Presión de vapor a partir de ecuaciones de estado

De acuerdo con Wisniak et al. (1998), la presión de vapor es igual a la fugacidad del líquido saturado cuando la presión tiende a cero. La expresión de la fugacidad en términos de P, T y V es:

$$\ln f = \frac{PV}{RT} - 1 - \ln \frac{V}{RT} + \int_V^{\infty} \left(\frac{P}{RT} - \frac{1}{V} \right) dV \quad (1)$$

En principio, cualquier ecuación de estado se puede utilizar para relacionar las variables presión, temperatura y volumen (P,T,V) que aparecen en la ecuación 1. En este trabajo, se ha elegido la ecuación de Peng-Robinson (1976) para resolver la integral en la ecuación 1. La expresión resultante es:

$$f = \frac{RT}{V-b} \exp \left[\frac{a}{2\sqrt{2}RTb} \ln \left(\frac{V+(1-\sqrt{2})b}{V+(1+\sqrt{2})b} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

Si $P \rightarrow 0$, el volumen del líquido se simboliza como V_0 , y $f^0 = P^{sat}$ convirtiéndose en:

$$f^0 = P^{sat} = \frac{RT}{V_0-b} \exp \left[\frac{a}{2\sqrt{2}RTb} \ln \left(\frac{V_0+(1-\sqrt{2})b}{V_0+(1+\sqrt{2})b} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

El volumen del líquido V_0 (V cuando $P \rightarrow 0$) es:

$$\frac{V_0}{b} = \frac{\left(\frac{a}{bRT} \right) - 2 - \sqrt{\left(\frac{a}{bRT} - 1 \right)^2 + 6 \left(1 - \frac{a}{bRT} \right) + 1}}{2} \quad (4)$$

Los parámetros a y b de acuerdo con Peng y Robinson son:

$$b = 0.0778 \frac{RT_c}{P_c} \quad a = 0.45724 \frac{(RT_c)^2}{P_c} \alpha(T) \quad (5)$$

Para $\alpha(T)$ en la expresión del parámetro a (ecuación 5) se puede utilizar cualquiera de las expresiones disponibles en la literatura. Peng y Robinson en su trabajo original eligieron

la función de la temperatura propuesta por Soave (1972) con nuevas constantes (A,B,C) para el parámetro $k(\omega)$:

$$\alpha(T) = \left[1 - k \left(1 - \sqrt{T/T_c} \right) \right]^2 \quad (6)$$

$$k = A + B\omega + C\omega^2$$

La función de Soave ha sido elegida para múltiples aplicaciones, sin embargo, esta función ha sido ampliamente analizada y sus deficiencias han conducido al desarrollo de diversas expresiones alternativas para $\alpha(T)$. Las modificaciones de $\alpha(T)$ se han desarrollado principalmente para mejorar la capacidad de correlación de la presión de vapor de sustancias puras. Entre las numerosas modificaciones las funciones del tipo exponencial han recibido especial atención debido a que estas expresiones satisfacen ciertos requerimientos teóricos de la función $\alpha(T)$ (Valderrama, 2003)

Heyen (1983) sugirió la primera función del tipo exponencial para $\alpha(T)$:

$$\alpha(T) = \exp \left[m_2 \left\{ 1 - (T/T_c)^n \right\} \right] \quad (7)$$

Otras funciones exponenciales se han propuesto en la literatura para diferentes aplicaciones (Melhem et al., 1989, Twu et. al., 1991, Gasem et al. 2001, Joshipura et. al., 2009). Recientemente Joshipura et al. presentaron una versión simplificada de la función propuesta por Heyen al igualar a 1 el parámetro n en la ecuación 7 y recalcular el parámetro m_2 (Ahora llamado m_1). La expresión resultante es:

$$\alpha(T) = \exp \left[m_1 \left\{ 1 - (T/T_c) \right\} \right] \quad (8)$$

Existen expresiones generalizadas en términos del factor acéntrico para m_2 y n en la ecuación 7 y para m_1 en la ecuación 8 (Heyen, 1983; Joshipura 2009). Sin embargo, estas correlaciones solo se pueden utilizar para grupos específicos de sustancias.

2. Metodología:

Inicialmente se estimaron los valores óptimos para cada sustancia de los parámetros k (ecuación 6), m_2 y n (ecuación 7) y m_1 (ecuación 8) que minimizan el error entre las presiones calculada (ecuaciones 3 a 5) y las presiones experimentales. Luego, con el objetivo de obtener un modelo que permita predecir la presión de vapor de otros líquidos iónicos, los parámetros óptimos fueron correlacionados en términos del factor acéntrico y la conectividad másica un parámetro molecular que considera el tipo de enlaces entre los grupos que conforman una molécula (Valderrama y Rojas, 2011a).

3. Resultados:

En la Tabla 1, se presentan los valores de las propiedades básicas de los líquidos iónicos. Las propiedades críticas de los líquidos iónicos corresponden a aquellas reportadas por Valderrama y Rojas (Valderrama y Rojas 2009).

Tabla 1: Propiedades básicas de los líquidos iónicos e intervalos de temperatura y presión de vapor de los datos utilizados.

N°	Ionic liquid	M	Tc (K)	Pc (bar)	ω	λ	ΔT_r	Pmin(bar)	Pmax(bar)
1	[emim] [NTf2]	391.3	1249.3	32.65	0.2157	2.3790	0.356-0.387	6.90E-08	8.21E-07
2	[prmim] [NTf2]	405.3	1259.3	29.96	0.2575	2.5220	0.360-0.391	1.47E-07	1.67E-06
3	[bmim] [NTf2]	419.4	1269.9	27.65	0.3004	2.6640	0.364-0.383	2.34E-07	1.05E-06
4	[pmim] [NTf2]	433.4	1281.1	25.64	0.3444	2.8070	0.357-0.385	1.40E-07	1.48E-06
5	[hmim] [NTf2]	447.4	1292.8	23.89	0.3893	2.9490	0.360-0.378	2.27E-07	1.14E-06
6	[hpmim] [NTf2]	461.5	1305.0	22.35	0.4349	3.0920	0.356-0.378	1.74E-07	1.15E-06
7	[omim] [NTf2]	475.5	1317.8	20.98	0.4811	3.2350	0.359-0.376	2.29E-07	9.55E-07
8	[C10mim] [NTf2]	503.5	1345.1	18.67	0.5741	3.5200	0.356-0.368	2.14E-07	6.45E-07
9	[C12mim] [NTf2]	537.6	1374.6	16.79	0.6662	3.8050	0.350-0.359	1.54E-07	3.62E-07
10	[bmim] [dca]	205.3	1035.8	24.40	0.8419	1.8020	0.433-0.463	1.92E-06	2.21E-05

Los valores óptimos de los parámetros se presentan en la Tabla 2. La desviación absoluta promedio calculada cuando se utilizan los parámetros de la Tabla 2 para el modelo de Heyen-2 (Ecuación 7) es de 0.77% con una desviación absoluta máxima de 2.92%. Para el modelo de Soave (Ecuación 6) y Heyen-1 (Ecuación 8) las desviaciones promedio son 5.19 y 4.45% respectivamente. En ambos casos la desviación máxima estimada es superior al 17%.

Tabla 2: Parámetros óptimos para las 3 funciones $\alpha(T)$ y la ecuación de estado de Peng-Robinson

N°	Ionic Liquid	Soave	Heyen-1	Heyen-2	
		k	m_1	m_2	n
1	[emim] [NTf2]	1.3614	1.3567	1.0150	1.8524
2	[prmim] [NTf2]	1.3206	1.3228	1.0018	1.7782
3	[bmim] [NTf2]	1.3024	1.3080	1.0599	1.5058
4	[pmim] [NTf2]	1.2744	1.2855	1.1697	1.1856
5	[hmim] [NTf2]	1.2494	1.2649	1.2663	0.9982
6	[hpmim] [NTf2]	1.2346	1.2530	1.3509	0.8824
7	[omim] [NTf2]	1.2289	1.2481	1.3147	0.9164
8	[C10mim] [NTf2]	1.2004	1.2251	1.6557	0.6287
9	[C12mim] [NTf2]	1.1666	1.1980	1.9877	0.4750
10	[bmim] [dca]	1.6516	1.5790	3.0191	0.4239

Finalmente, como se explicó, los parámetros de la Tabla 2 fueron correlacionados en términos del factor acéntrico y la conectividad másica. Esta última propiedad ha sido utilizada con éxito para predecir diversas propiedades de líquidos iónicos (Valderrama et al. 2011a, 2011b, 2011 c). En la aplicación que se muestra en este trabajo este parámetro resultó ser igualmente adecuado. Las expresiones generalizadas para las distintas funciones α se describen en lo que sigue.

Para la función de Soave:

$$k = 0.1394\lambda^2 - 1.0013\lambda + 2.9833 \quad (9)$$

Para la función de Heyen-1

$$m_1 = 0.1065\lambda^2 - 0.7707\lambda + 2.6077 \quad (10)$$

Finalmente para la función de Heyen-2

$$m_2 = \frac{-4.2944\omega - 1.2229\lambda + 1.3605\lambda\omega + 5.0351}{n} \quad (11)$$

y

$$n = \frac{-0.2143\lambda^2 + 1.6758\lambda - 4.6894}{-4.2944\omega - 1.2229\lambda + 1.3605\lambda\omega + 5.0351} - 4.2944\omega - 1.2229\lambda + 1.3605\lambda\omega + 6.0351 \quad (12)$$

Con estas expresiones generalizadas se recalcularon las presiones de vapor de los líquidos iónicos y en la tabla 3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3: Resumen de las desviaciones globales obtenidas con los 3 modelos $\alpha(T)$ (ecuaciones 9 a 12) generalizados

Modelo $\alpha(T)$	% DP	DP	Max% DP	N<8%	N>15%
Soave	-1.02	17.68	43.69	35	75
Heyen 1	-1.75	15.37	39.11	46	60
Heyen 2	0.78	7.99	22.16	83	23

Como se observa en la Tabla 3, los modelos de Soave y Heyen-1 predicen desviaciones máximas cercanas al 40 % y desviaciones promedio superiores al 15%. Los mejores resultados se obtienen con el modelo de Heyen-2 en ambos casos, es decir, empleando los parámetros óptimos (Tabla 2) y estimando los parámetros a partir de las expresiones generalizadas (ecuaciones 9 a 12). Para el caso generalizado la desviación promedio calculada con el modelo de Heyen-2 es de 8% y un 62% de los datos experimentales analizados se encuentra por debajo de este valor promedio. Adicionalmente, se debe resaltar que los resultados son buenos no solo para una familia de líquidos iónicos como los [xmim][NTf2], sino que se obtiene una buena predicción para una sustancia de familia diferente como el [bmim][dca].

4. Conclusiones:

Una expresión analítica para el cálculo de la presión de vapor de líquidos iónicos basada en la ecuación de estado de Peng-Robinson ha sido propuesta. Tres modelos diferentes para la función de la temperatura incluida en la ecuación de estado fueron evaluados y el modelo de dos parámetros de Heyen ha sido elegido y generalizado en términos del factor acéntrico y la conectividad másica.

El modelo permite obtener desviaciones bajas entre los valores calculados y aquellos experimentales reportados en la literatura. La desviación absoluta promedio tiene un valor

de 8% y la desviación máxima calculada es del orden del 23%. Estos valores son menores a los calculados con otros métodos de correlación presentados en la literatura.

Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo de la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena, del Centro de Información Tecnológica de La Serena-Chile y de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT-Chile), a través del proyecto FONDECYT 1070025. L.A.F. agradece al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias-Colombia), por el apoyo financiero a través del programa “Doctorados Nacionales – Generación Bicentenario 2009”

5. Referencias

Brennecke, J.F.; Maginn, E.J. (2001). Ionic Liquids: Innovative Fluids for Chemical Processing. *AIChE Journal*, 47: 2384-2389.

Davis, J.H. (2004). Task-Specific Ionic Liquids. *Chemistry Letters*, 33: 1072-1077.

Earle, M.J.; Esperança, J.M.S.S y 5 autores más (2006). The distillation and volatility of ionic liquids. *Nature*, 439: 831–834

Emelyanenko, V.; Verevkin, S.; Heintz, A. (2007) The Gaseous Enthalpy of Formation of the Ionic Liquid 1-Butyl-3-methylimidazolium Dicyanamide from Combustion Calorimetry, Vapor Pressure Measurements, and Ab Initio Calculations. *Journal of the American Chemical Society*, 129: 3930-3937.

Gasem, K.A.M.; Gao W.; Pan Z.; Robinson R.L. (2001) A modified temperature dependence for the Peng-Robinson equation of state. *Fluid Phase Equilibria*, 181: 113-125.

Heyen G. (1983). A Cubic Equation of State with Extended Range of Application. En: *Chemical Engineering Thermodynamics* by Newman. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.

Holbrey, J. D.; Rogers, R. D. (2003). Melting Points and Phase Diagrams. En Eds: Wasserscheid, P.; Welton, T. *Ionic Liquids in Synthesis*; Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim.

Joshi M.H.; Dabke S.P.; Subrahmanyam N. (2009). Development and comparison of cohesion function relationship for PR equation of state. *International Journal of Chemical Engineering Research*, 1: 123-134.

Melhem, G. A.; Saini, R.; Goodwin, B. M. (1989). A Modified Peng-Robinson Equation of State. *Fluid Phase Equilibrium*, 47: 189-237.

Paulechka, Y.; Zaitsau, D.; Kabo, G.; Strechan, A. (2005). Vapor pressure and thermal stability of ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium Bis (trifluoromethylsulfonyl) amide. *Thermochimica Acta* 439: 158-160.

Peng D.-Y.; Robinson D.B. (1976). A New Two-Constant Equation of State. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 15: 59-64.

Rebelo, P.N.; Canongia Lopes José N.; Esperança José M. S. S.; Filipe E. (2005). On the Critical Temperature, Normal Boiling Point, and Vapor Pressure of Ionic Liquids. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109: 6040-6043.

Rocha M.A.A.; Lima C.F.R.A.C.; 9 autores más (2011). High-Accuracy Vapor Pressure Data of the Extended [CnCl_m] [Ntf₂] Ionic Liquid Series: Trend Changes and Structural Shifts *The Journal of Physical Chemistry B*, 115: 10919-10926.

Soave G. (1972). Equilibrium constants from a modified Redlich-Kwong equation of state. *Chemical Engineering Science*, 27: 1197-1203.

Twu C.H.; Bluck D.; Cunningham J.R.; Coon J.E. (1991) A cubic equation of state with a new alpha function and a new mixing rule. *Fluid Phase Equilibria*, 69: 33-50.

Valderrama, J.O. (2003). The State of the Cubic Equations of State, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42: 1603-1618.

Valderrama, J.O.; Rojas, R.E. (2009). Critical Properties of Ionic Liquids Revisited. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48: 6890-6900

Valderrama J.O.; Martinez G.; Rojas R.E. (2011a). Predictive Model for the Heat Capacity of Ionic Liquids using the Mass Connectivity Index. *Thermochimica Acta* 513: 83-87

Valderrama J.O.; Toro A.; Rojas R.E. (2011b). Prediction of the heat capacity of ionic liquids using the mass connectivity index and a group contribution method. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 43: 1068–1073

Valderrama J.O.; Muñoz J. M.; Rojas R.E. (2011c). Viscosity of ionic liquids using the concept of mass connectivity and artificial neural networks. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28: 1451-1457

Wisniak, J.; Apelblat, A.; Segura, H. (1998). Application of cubic equations of state to fit of vapor pressure of pure components. *Chemical Engineering Science*, 53: 743-751.

Zaitsau, D.; Kabo, G.; Strechan, A.; 4 autores más (2006). Experimental Vapor Pressures of 1-Alkyl-3-methylimidazolium Bis (trifluoromethylsulfonyl) imides and a Correlation Scheme for Estimation of Vaporization Enthalpies of Ionic Liquids. *The Journal of Physical Chemistry A*, 110: 7303-7306.

16TCQ. SELECCIÓN DE DATOS Y ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA DE FUSIÓN NORMAL DE LÍQUIDOS IÓNICOS UTILIZANDO UN MÉTODO BASADO EN CATIONES HOMÓLOGOS

VALDERRAMA, J.O.* y ROJAS, R.E.**

*Univ. de La Serena, Dpto. de Ing. Mecánica., Casilla 554, La Serena-Chile

**Univ. de La Serena, Fac. de Ciencias, Dept. de Química, Casilla 554, La Serena-Chile

Resumen: Se propone un método simple basado en el concepto de compuestos homólogos para la estimación de la temperatura de fusión de líquidos iónicos. Como es sabido, los valores de las propiedades fisicoquímicas de compuestos que tienen ya sea cationes homólogos o aniones homólogos siguen un patrón regular, una característica que facilita el cálculo de las propiedades de una sustancia dado el valor de la misma propiedad de otra sustancia que tiene el mismo catión o anión. Se construyó una base de datos de temperatura de fusión de líquidos iónicos presentados en la literatura y se aplicó el concepto de homología. Los resultados muestran que los valores determinados de la temperatura de fusión normal son suficientemente precisos para cálculos de ingeniería y que la temperatura de fusión se puede predecir con desviaciones similares a las de algunos datos experimentales.

1. Introducción:

Las propiedades especiales de los líquidos iónicos (LIs), como por ejemplo, muy baja presión de vapor, amplio rango de líquido, alta estabilidad térmica, alta conductividad iónica, y gran ventana electroquímica, entre otras, hacen atractivos el uso de estos fluidos para diversas aplicaciones. Además, dado que se pueden hacer miles de combinaciones entre cationes y aniones, los líquidos iónicos pueden ser diseñados para casi cualquier uso específico (Freemantle, 1998). Aunque el primer LI a temperatura ambiente fue descubierto hace más de un siglo, durante los últimos 20 años estos extraordinarios fluidos han atraído la atención de la comunidad científica (Holbrey y Rogers, 2002).

Sin embargo, desde el punto de vista industrial, se debe tener una comprensión fundamental y acabada de las propiedades fisicoquímicas y termodinámicas de los LIs antes de su aplicación industrial óptima. Propiedades básicas como la densidad, la viscosidad, la temperatura de ebullición, la presión de saturación, las propiedades críticas, o la temperatura de fusión, entre otras, son de especial interés en procesos industriales (Poling et al., 2001). Esta última propiedad, la temperatura de fusión es de interés en este trabajo.

La temperatura de fusión (T_m) de sustancias orgánicas e inorgánicas es una propiedad física fundamental y ha encontrado un amplio uso en la identificación de productos químicos, en la purificación, y en el cálculo de otras propiedades fisicoquímicas. En ausencia de datos experimentales, el punto de fusión tiene que ser estimado (Zhao y Yalkowsky, 1999). Varios métodos empíricos y semi-empíricos se han propuesto para predecir el punto de fusión normal. Entre éstos, se han usado el método de contribución de grupos y redes neuronales (Jöback y Reid, 1987; Simamora et al., 1993; Krzyzaniak et al., 1995; Zhao y Yalkowsky, 1999; Jain y Yalkowsky, 2004). Todos los métodos son aplicables a un grupo definido y limitado de sustancias y en la actualidad no existe un método general aplicable a cualquier líquido. El concepto de series homólogas también se ha utilizado para correlacionar datos de punto de fusión de compuestos orgánicos, pero el método sigue siendo de limitada aplicabilidad debido a la forma en que se ha aplicado y también debido a otras limitaciones inherentes como veremos más adelante en este trabajo

(Chickos y Nichols, 2001; Zhao y Yalkowsky, 1999; Jain et al., 2004). Para los líquidos iónicos se han hecho pocos avances y se han usado poco métodos para la estimación de puntos de fusión (Katritzky et al., 2002; Bini et al., 2008; Huo et al., 2009; Preiss et al., 2010).

Temperatura de fusión:

La fusión ocurre cuando las moléculas o iones salen de sus estructuras cristalinas, y se convierten en un líquido desordenado. Esto no debe confundirse con la transición vítrea, que es el cambio que pasa del estado sólido al sólido amorfo, incluso los sólidos cristalinos pueden tener alguna porción amorfa. Esta es la razón porque la misma muestra de IL puede tener una temperatura de transición vítrea y una temperatura de fusión (Holbrey y Rogers, 2002). El proceso de fusión del IL se rige por fuerzas de van der Waals y por fuerzas electrostáticas, la interacción y el impacto de las dos fuerzas desempeñan diferentes funciones para diferentes tipos de LIs (Pernak et al., 2001).

El rango de líquido exhibido por los líquidos iónicos puede ser mucho mayor que los que presentan los disolventes moleculares comunes. Estos rangos van desde la temperatura de fusión o de transición vítrea hasta la temperatura de descomposición, que es inferior a la de vaporización normal. El agua, por ejemplo, a 1 atm, tiene un rango de licuefacción de 100°C (0 a 100°C), el refrigerante 134A tiene 74.8°C (de -101°C a -26.2°C), y el amoníaco tiene sólo 44.5°C (de -78°C a -33.5°C). La gama de licuefacción de líquidos iónicos puede ser de varios cientos de grados, aunque es difícil establecer un rango exacto. Esto es debido a que los valores de temperatura normal de ebullición de los LIs son desconocidos (aunque hay disponibles algunos métodos de estimación), y los valores experimentales de la temperatura normal de fusión en la literatura pueden diferir en varios grados. Holbrey y Rogers (2002), mencionan varias razones para las grandes diferencias entre las temperaturas de fusión de los líquidos iónicos en la literatura. Además de las diferencias inherentes a los procedimientos experimentales, otros factores tales como las impurezas de las muestras antes de los experimentos o la contaminación durante los experimentos añaden más incertidumbre de los valores reportados en la literatura.

Propiedades de las series homólogas:

En química, una serie homóloga es una serie de compuestos orgánicos con fórmulas generales similares y con valores de propiedades fisicoquímicas que siguen un orden establecido y regular. Los n-alcános y los n-alcánolos, por ejemplo, forman series homólogas. Basado en el concepto de series homólogas, el concepto de compuestos homólogos parece más interesante en algunas aplicaciones. Karapetyants (1978) utiliza este concepto en lo que llamó "cálculos comparativos" para determinar varias propiedades de sólidos y líquidos. Lo que el autor hizo en realidad fue relacionar una propiedad de compuestos que tienen el mismo catión o el mismo anión y dio ejemplos para la entropía y la energía de Gibbs de formación de sólidos orgánicos. Lo interesante de este enfoque es su extensión para estimar la temperatura de fusión (T_m) de compuestos orgánicos y luego explorar su aplicación a los líquidos iónicos. En la figura 1 se presenta T_m de n-alcánolos vs T_m de n-alcános y T_m de n-alcúenos vs T_m de n-alcános. Como se ve en la figura, el cálculo comparativo descrito por Karapetyants se cumple bien en todos estos casos.

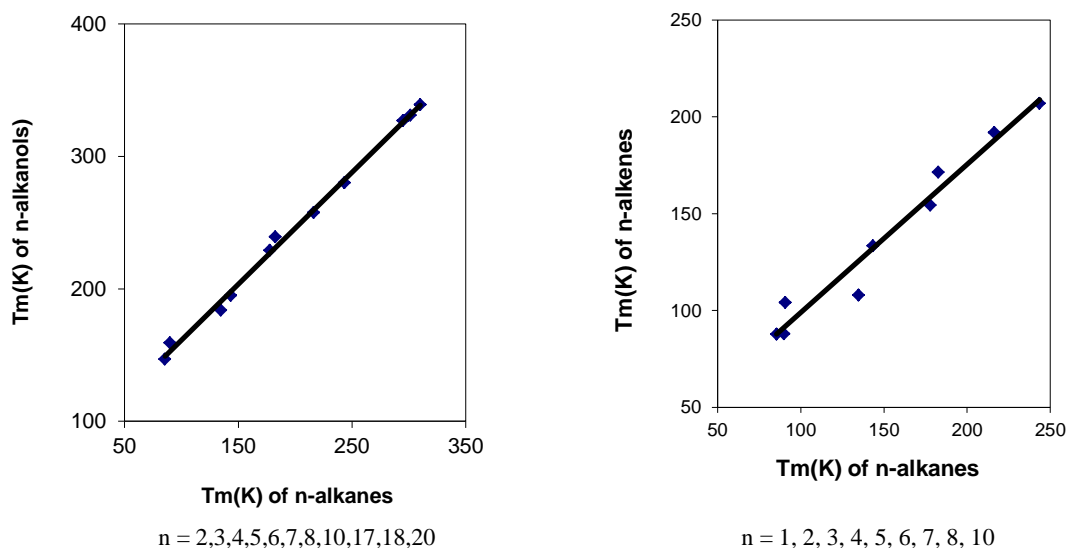


Fig. 1: Temperatura de fusión de compuestos orgánicos homólogos

El concepto de compuestos homólogos puede ser extendido para predecir la temperatura de fusión de los líquidos iónicos, para los que no existen métodos exactos. Para ello, se han recopilado datos de temperatura de fusión de líquidos iónicos presentes en la literatura y fueron sometidos a análisis para eliminar los datos dudosos. Este es un paso necesario, los datos de temperatura de fusión de la literatura presentan grandes diferencias y la eliminación de datos dudosos o erróneos, no es un asunto trivial en muchos casos. De hecho, para algunas sustancias los valores de temperatura de fusión para el mismo LI pueden diferir en más de 80°C.

Selección de datos:

Un estudio de Zhang et al. (2006) proporciona información de varias propiedades de los líquidos iónicos disponibles en la literatura. Los autores proporcionan valores de temperatura de fusión de 445 LIs, mientras que el Banco de Datos de Dortmund ofrece (en marzo de 2011) los datos de temperatura de fusión de más de 400 LIs. La base de datos de LIs de la NIST (2011) tiene temperaturas de fusión de 86 LIs, mientras que la base de datos de Merck cuenta con datos de temperatura de fusión de 192 LIs. La recopilación más reciente de las propiedades de los líquidos iónicos ha sido realizada por Zhang et al. (2009) que proporcionan datos de temperaturas de fusión para 975 LIs. Todos los datos reportados en la literatura se han reunido para formar una base de datos de 1165 valores de temperatura de fusión de 953 LIs. De este conjunto original de 1165 puntos de datos se redujo y se eliminaron datos en los siguiente casos: i) cuando los datos no tienen una clara tendencia en una serie homóloga; ii) cuando los datos, según otras fuentes, son líquidos a la temperatura de fusión dada; iii) cuando los datos corresponden a un rango en vez de un único punto; y iv) cuando sólo se reportan dos datos y estos difieren por más de 10 K. De los 1165 valores originales, 18 corresponden a casos en que se da un límite superior de T_m. Por ejemplo, Tsunashima y Sugiya (2007) reportaron un valor de T_m como < 223.15 K para el [P2228] [NTf₂], lo que significa que la temperatura de fusión es un valor por debajo de 223.15 K, pero no se da un valor específico. Del mismo modo, para 86 LIs se dan rangos de temperatura, en lugar de valores de la temperatura de fusión del LI. Por ejemplo, Pringle et al. (2003) reportaron el rango de 313.15 a 328.15 K ($\Delta T_m = 15$ K) para la temperatura de fusión de N,N-bis-dimethylpyrrolidinium(methylsulfonyl)imide. Además, Mikkola et al. (2006) reportaron el rango de 324.15 a 339.15 K ($\Delta T_m = 15$ K) para la

temperatura de fusión de N,N,N-trioctyl-N-methylammonium hexafluorophosphate. Todos estos tipos de datos inciertos no se pueden utilizar en correlación o en el desarrollo de modelos de predicción.

También, para 136 LIs, algunos autores señalan densidades de líquido a temperaturas superiores a la temperatura de fusión reportada. En estos casos se podría confiar en el valor de densidad y suponer que el líquido iónico se encuentra en estado líquido, o confiar en la temperatura de fusión y suponer que la densidad es incorrecta. En este trabajo, estos valores que muestran esta falta de coherencia no fueron considerados. Por ejemplo, para methylimidazolium hexafluorophosphate, Ohno y Yoshizawa (2002) reportaron $T_m = 389.15$ K, mientras que Gu y Brennecke (2002) dieron un valor de densidad de 1.0316 g/cm³ a 298.15 K. Para hydrocinnamyl-3-methylimidazolium bis- [(trifluoromethyl) sulfonyl]imide, Sergei y Dzyuba informaron $T_m = 321.15$ K, mientras que los mismos autores dieron un valor de densidad de 1.455 g/cm³ a 298.15 K. Por último, hubo 393 valores repetidos en el conjunto original de 1165 datos, aquellos que no seguían un patrón claro en las familias homólogas fueron 98 datos. Los diversos criterios utilizados para seleccionar los 1165 datos originales redujeron estos a una base de datos consistentes de 671 valores de temperatura de fusión, uno para cada uno de los 671 LIs de todo tipo.

De los 671 datos seleccionados, el tipo de líquido iónico que tiene más valores de T_m es el que incluye el anión hexafluorophosphate, [PF₆]. Por lo tanto este tipo de líquido iónico se toma como referencia para comparar sus temperaturas de fusión con las de otros líquidos iónicos utilizando el concepto de sustancias homólogas. La figura 2 muestra las temperaturas de fusión de [X][BF₄], [X][Cl], [X][I], [X][Br] en los que [X] representa los diferentes tipos de cationes, versus las temperaturas de fusión de [X][PF₆]. Esta comparación se hace para todos los líquidos iónicos que tienen disponible la T_m al menos para tres sustancias de una familia.

2. Resultados y Discusión:

Para todos los casos considerados en este estudio el modelo lineal parece ser razonable para una primera estimación. La Tabla 1 muestra los modelos para estimar T_m de [X][BF₄], [X][Cl], [X][I], [X][TFPB], [X][Br], [X][NO₃] y [X][ClO₄] conociendo T_m de sus homólogos [X][PF₆]. La dispersión de los datos alrededor de la línea recta trazada en el gráfico 2 puede atribuirse a la imprecisión del concepto de homologación cuando se aplica a los LIs y/o la inexactitud de los datos de temperatura de fusión como se discutió antes.

La Tabla 1 muestra también tres parámetros estadísticos que son los más representativos de la exactitud del método, como lo comentan Valderrama y Alvarez (2005). Estos parámetros son: la desviación relativa media, la desviación absoluta media y la desviación absoluta máxima. Éstos se enumeran en las columnas 6 a 8 de la Tabla 1. El término R^2 es un parámetro estadístico utilizado normalmente para modelos lineales y proporciona una medida de lo bien que puede ser predicha la variable en estudio, donde 1.0 es el mejor valor esperado para una correlación perfectamente lineal (Ratkowsky, 1990).

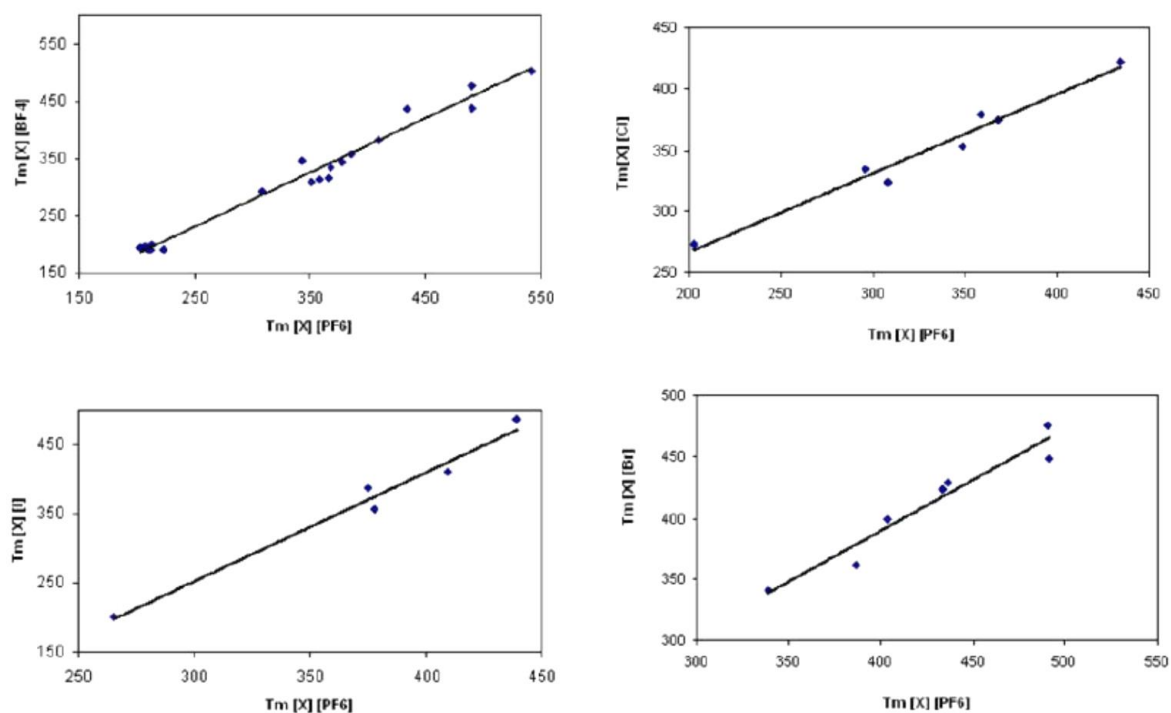


Fig. 2: Temperaturas de fusión de líquidos iónicos seleccionados con catión común [X].

Tabla 1: Modelos para estimar la temperatura de fusión de varios líquidos iónicos del tipo [X][Y] conociendo la temperatura de fusión T_m° de [X][PF₆].

LI	Tipo de LI	N	Modelo de T_m para [X][Y]	R^2	$\% \Delta T_m$	$ \% \Delta T_m $	$ \% \Delta T_m _{\max}$
[X][BF ₄]	imidazolium ammonium pyridinium	21	$T_m [X][BF_4] = -6.1963 + 0.9455 \cdot T_m^\circ$	0.979	0.31	3.7	8.1
[X][Cl]	imidazolium ammonium pyridinium	9	$T_m [X][Cl] = 136.75 + 0.648 \cdot T_m^\circ$	0.969	0.03	2.0	4.1
[X][I]	imidazolium ammonium thiazolium	5	$T_m [X][I] = -219.78 + 1.5747 \cdot T_m^\circ$	0.976	0.03	3.6	5.5
[X][TFPB]	methyl- imidazolium	3	$T_m [X][TFPB] = 240.49 + 0.5349 \cdot T_m^\circ$	0.996	<0.01	0.2	0.3
[X][Br]	imidazolium ammonium morpholinium triazolium	7	$T_m [X][Br] = 55.935 + 0.8344 \cdot T_m^\circ$	0.935	0.07	2.4	4.7
[X][NO ₃]	imidazolium imidazolidine morpholinium	4	$T_m [X][NO_3] = 132.91 + 0.5654 \cdot T_m^\circ$	0.984	0.01	0.9	1.5
[X][ClO ₄]	imidazolium ammonium morpholinium	3	$T_m [X][ClO_4] = 686.66 - 0.8947 \cdot T_m^\circ$	0.952	0.01	0.7	1.0

Como se observa en la Tabla 1, los tres parámetros estadísticos indican que las correlaciones son aceptables para cálculos en ingeniería. Las desviaciones relativas son inferiores al 1%, las desviaciones absolutas están por debajo de 3.7%, y la desviación máxima es 8.1%. El valor de R^2 es superior a 0.93 para todos los casos.

3. Conclusiones:

Se han analizado datos de literatura de la temperatura de fusión de líquidos iónicos para la construcción de una base de datos de valores recomendados. Los diversos criterios utilizados para seleccionar los datos de temperatura de fusión redujo la base de datos original de 1165 valores disponibles en la literatura a un conjunto consistente de 671 valores. Los líquidos iónicos que contienen el anión hexafluorophosphate han sido seleccionados como referencia para estimar la temperatura de fusión de distintos tipos de líquidos iónicos usando un método basado en el concepto de sustancias homólogas. Se proponen modelos lineales para siete familias de LIs. El método de estimación de la temperatura de fusión se considera adecuado para cálculos de ingeniería.

Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo de la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena, del Centro de Información Tecnológica de La Serena-Chile, y del Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), a través de la beca de investigación FONDECYT 1070025.

4. Referencias

- Bini, R.; Chiappe, C.; Duce, C.; Micheli, A.; Solaro, R.; Staritac, A. (2008). Ionic liquids: prediction of their melting points by a recursive neural network model. *Green Chem.* 10, 306–309.
- Chickos, J.S.; Nichols, G. (2001). Simple Relationships for the Estimation of Melting Temperatures of Homologous Series. *J. Chem. Eng. Data*, 46, 562-573.
- Dortmund Data Bank, <http://www.ddbst.com/en/ddbst/index.php>, accessed March. 2011.
- Freemantle, M. Designer solvents. *Chem Eng News* (1998). 76(13), 32-37.
- Gu, Z.; Brennecke, J.F. (2002). Volume expansivities and isothermal compressibilities of imidazolium and pyridinium-based ionic liquids. *J. Chem. Eng. Data*. 47, 339-345.
- Holbrey, J.D.; Robin D. Rogers. (2002). Chpt 3. in *Ionic Liquids in Synthesis*. Edited by P. Wasserscheid and T. Welton. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Huo, Y.; Xia, S.; Zhang, Y.; Ma, P. (2009). Group Contribution Method for Predicting Melting Points of Imidazolium and Benzimidazolium Ionic Liquids. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48, 2212-2217.
- Jain G.Y.; Yalkowsky S.H. (2004). Estimation of Melting Points of Organic Compounds, *IECR* 43, 7618-7621.
- Jain, A.; Yang G.; Yalkowsky, S.H. (2004). Estimation of Melting Points of Organic Compounds. *Ind. Eng. Chem. Res.* 43, 7618-7621.
- Joback, K.K.; Reid, R. (1987). Estimation of Pure Component Properties from Group Contribution. *Chem. Eng. Comm.* 57, 233-247.
- Karapetyants, M. Kh. (1987). *Chemical thermodynamics* Mir Pub. Moscow-URSS.
- Katritzky, A.R.; Jain R.; Lomaka, A.; Petrukhin, R.; Karelson, M.; Visser A.E. (2002). Correlation of the Melting Points of Potential Ionic Liquids. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 42, 225-231.
- Krzyzaniak J.F.; Myrdal P.B.; Simamora P.; Yalkowsky S.H. (1995). Boiling Point and Melting Point Prediction for Aliphatic, Non-Hydrogen-Bonding Compounds, *IECR*, 34

(7)2530-2535.

Mikkola, J.P.; Virtanen, P.; Sjöholm, R. (2006). Aliquat 336, a versatile and affordable cation source for an entirely new family of hydrophobic ionic liquids. *Green Chem.* 8, 250-255.

NIST (National Institute of Standards and Technology), Ionic Liquids Database-LThermo, <http://ilthermo.boulder.nist.gov/ILThermo/mainmenu.uix> (accessed on July 2007).

Ohno, H.; Yoshizawa, M. (2002). Ion conductive characteristics of ionic liquids prepared by neutralization of alkylimidazoles. *Solid State Ionics.* 154-155, 303-309.

Pernak, J.; Czepukowicz, A.; Pozniak, R. (2001). New Ionic Liquids and Their Antielectrostatic Properties. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40(11); 2379-2383.

Poling, B.E.; Prausnitz, J.M.; O'Connell, J.P. (2001). *Properties of Gases and Liquids.* 5th ed., McGraw-Hill Book Co., New York, USA.

Preiss, U.; Bulut, S.; Krossing, I. (2010). In Silico Prediction of the Melting Points of Ionic Liquids from Thermodynamic Considerations: *J. Phys. Chem. B* 2010. 114 (34), 11133-11140.

Pringle, J.M.; Golding, J.; Baranyai, K.; Forsyth, C.M.; Deacon, G.B.; Scott, J.L.; MacFarlane, D.R. (2003). The effect of anion fluorination in ionic liquids-physical properties of a range of bis(methanesulfonyl)imide salts. *New J. Chem.* 27, 1504-1510.

Ratkowsky, D.A. (1990). *Handbook of Nonlinear Regression Models.* 44, Marcel Dekker, New York, USA.

Sergei, S.V.; Dzyuba, R.A.B. (2002). Influence of structural variations in 1-alkyl(aralkyl)-3-methylimidazolium hexafluorophosphates and bis(trifluoromethylsulfonyl)imides on physical properties of the ionic liquids. *Chem. Phys. Chem.* 3, 161-166.

Simamora, P.; Miller, A.H.; Yalkowsky, S.H. (1993). Meeting point and normal boiling point correlations: applications to rigid aromatic compounds. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 33(3), 437-440.

Tsunashima K., Sugiya M. (2007). Physical and electrochemical properties of low-viscosity phosphonium ionic liquids as potential electrolytes. *Electrochem. Commun.* 9, 2353-2358.

Valderrama, J. O.; Alvarez, V. H. (2005). Correct way of Reporting Results when Modeling Supercritical Phase Equilibria using Equations of State. *Can. J. Chem. Eng.* 83, 1-4.

Zhang, S.; Lu, X.; Zhou, Q.; Li, X.; Zhang, X.; Li, S. (2009). *Ionic Liquids, Physicochemical Properties;* first edition.

Zhang, S.; Sun, N.; He, X.; Lu, X.; Zhang, X. (2006). Physical Properties of Ionic Liquids: Database and Evaluation. *J. Phys. Chem.* 35(4), 1475-1517.

Zhao L.; Yalkowsky S.H. (1999). A Combined Group Contribution and Molecular Geometry Approach for Predicting Melting Points of Aliphatic Compounds. *IECR*, 38, 3581-3584.

17TCQ. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL ACEITE DE COLZA Y ESTUDIO DE ETAPAS DE REFINACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE BIODIESEL.

MAGGIONI, R.; DI SANTO, R.; CARIVALI, P.; ELIA, D.; CASTRO, D.; LUCERO, L.; VIDELA, V.; VAZQUEZ, H.; GENTILE, A.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – UNCuyo.

Resumen: La idea de usar aceites vegetales como combustibles en motores diesel tiene más de cien años de antigüedad. El propio Rudolf Diesel realizó pruebas de motor con aceites vegetales. Así, uno de los prototipos de su nuevo motor presentado en la Exhibición Mundial de París en 1900 funcionó con aceite de maní. Sin embargo, dado que los combustibles derivados del petróleo pronto estuvieron disponibles en grandes cantidades y a un menor precio, el interés en los aceites vegetales decayó. Con la excepción de algunos intentos de utilización de algunas fuentes de energía renovable durante la Segunda Guerra Mundial, fue en los años 70 que la crisis mundial del petróleo, y un crecimiento de la conciencia ecológica, condujo al redescubrimiento de los aceites vegetales como posibles alternativas a los hidrocarburos como combustibles. El aceite de colza es prácticamente la materia prima ideal, teniendo en cuenta las características de combustión, estabilidad a la oxidación y comportamiento a bajas temperaturas. Los aceites vegetales transesterificados son adecuados para un uso a largo plazo en vehículos propulsados por motores de ciclo diesel, tanto de inyección directa como de inyección indirecta, después de sólo unas ligeras adaptaciones, debido a estas características elegimos esta técnica para ser aplicada a nuestro Proyecto.

El Biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al aceite diesel de origen fósil, pero obtenido a partir de productos renovables, en nuestro caso obtenido a partir de aceite de colza. Al Aceite de colza se le realiza una purificación previa a la obtención del Biocombustible que consiste en un desgomado y posteriormente, una extracción de ácidos grasos libres presentes en elevada cantidad. Luego en la etapa de producción, se utiliza Hidróxido de Sodio como catalizador y se hace reaccionar el Alcohol Metílico con el aceite de colza virgen. La operación siguiente es la decantación natural que permite separar los productos más pesados y densos e insolubles como son los ácidos grasos y el glicerol formado. La presente propuesta contempla: la caracterización de las propiedades del aceite de colza y el estudio de las etapas de refinación, modelización y optimización de la transesterificación catalizada en fase homogénea y finalmente la caracterización del Biodiesel (FAME) obtenido.

1. Introducción

El biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al aceite diesel de origen fósil, pero obtenido a partir de productos renovables, como son los aceites vegetales y las grasas animales. En general cuando se cita al biodiesel se hace mención a un conjunto de ésteres de alquilo menores (metilo y etilo) de ácidos grasos de cadena par, particularmente del C₄ al C₂₄. La reacción química fundamental de este proceso es una transesterificación que convierte los triglicéridos del aceite por acción de este alcohol en presencia de catalizador, en etiléster más glicerina. El primer paso de purificación del aceite es la extracción de los fosfátidos, operación conocida como desgomado. Los fosfátidos provocan que el aceite presente turbidez durante el almacenaje y aumentan la acumulación de agua en el éster producido. Además se ha constatado un mayor consumo de catalizador durante la transesterificación con catálisis alcalina (Haas, 2004). Los fosfátidos solubles se pueden extraer añadiendo agua al aceite a 60-90°C seguido de una

centrifugación para separar la fase acuosa y el aceite purificado (= desgomado con agua). Luego del desgomado, se deben extraer los ácidos grasos libres presentes en elevada cantidad, especialmente cuando se usa una catálisis alcalina. En la etapa de producción de los procesos tradicionales se prepara previamente el catalizador a partir de alcohol metílico más hidróxido de sodio para reaccionar con el aceite virgen en un tanque reactor agitado provisto de serpentín de intercambio térmico. La reacción prospera con elevado rendimiento de conversión a temperatura entre 45 a 52 °C aproximadamente demandando un tiempo de 1 hora. La operación siguiente la constituye la sedimentación natural que permite separar los productos más pesados y densos e insolubles como son los ácidos grasos y el glicerol formado. La fase más liviana sobrenadante estará formada fundamentalmente por, como ya dijimos, un conjunto de ésteres de alquilo menores de ácidos grasos de cadena par, particularmente del C4 al C24. Esta etapa constituye el cuello de botella del proceso, ya que demanda aproximadamente 12 horas para lograr una adecuada separación por decantación. Ante la gran disponibilidad de información relacionada con la elaboración de biodiesel a partir de materias primas diversas y de procesos diferenciados, a los fines de este análisis, se considera en principio la elaboración de biodiesel a partir de aceite vegetal virgen (AVV) usando como catalizador de la reacción de transesterificación con alcohol metílico. Como alternativa operativa a los procesos tradicionales, en este trabajo se plantea el modelo de reacción turbulenta utilizando una bomba centrífuga de diseño especial; y el uso de un separador centrífugo para separar, lavar y purificar el producto, reduciendo significativamente los tiempos operativos. A los efectos de optimizar el proceso, se realizará, la caracterización del aceite de colza y del combustible obtenido, a través de análisis fisicoquímicos de acuerdo a lo exigido por estándares internacionales, al igual que los ensayos mecánicos para verificar el comportamiento en motores de ciclo diesel, de acuerdo a recomendaciones de normas nacionales e internacionales vigentes.

2. Objetivos

- Caracterizar las propiedades del Aceite de Colza y Biodiesel (FAME) de acuerdo a lo exigido por la normativa vigente por medio de análisis fisicoquímicos en el marco de estándares nacionales e internacionales.
- Estudiar las etapas de refinación de aceite de colza crudo.
- Analizar la optimización del proceso.
- Implementar el cambio de escala de producción.

3. Metodología

La **caracterización** tanto del aceite como del biodiesel fue efectuada en el Laboratorio de Servicios a Terceros de la FCAI y en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería Química. También se determinaron las propiedades de la fase glicerina y del metanol recuperado. Todas las técnicas empleadas están basadas en las normas EN y ASTM.

A fines de poder emplear el aceite para la producción de biodiesel, el mismo debe ser sometido a ciertos tratamientos. Principalmente para un aceite virgen, suelen requerirse:

Para realizar el **Desgomado**, se calentó el aceite a 80 °C y la solución de ácido cítrico (30% m/m) a 85 °C, agregando el volumen de esta indicado en la tabla. Se agitó vigorosamente durante el tiempo de mezclado. Se deja decantar 5 minutos y se extrae la fase acuosa, para luego agregar el agua destilada y reiniciar la mezcla a 80°C durante el

tiempo de retención. Fue enfriada a 25 °C y se la colocó en la centrífuga durante 20 minutos.

Se realizó la **Neutralización** del aceite, debido a su alto índice de acidez, para disminuirlo y lograr en consecuencia mayor rendimiento de biodiesel en la reacción de transesterificación. Se utilizó un refinado químico del tipo long mix. Sin embargo, este procedimiento provoca una disminución de aceite y cuantificar la misma fue nuestro objetivo.

Se empleó una solución de NaOH de $12 \text{ }^\circ\text{Be} = 72 \text{ g/L}$ (8,07% m/m). Los pasos realizados fueron: a) Calentamiento del aceite a 40°C, y adición del volumen de solución básica; b) Mezclado durante 10 minutos vigorosamente; c) Centrifugado; d) Lavado

El **proceso de obtención de biodiesel**, consistió fundamentalmente en la realización de estudios a escala laboratorio, optimizando las variables y estudios a escala piloto basado en la escala laboratorio, ajustando los equipos disponibles.

A fines de poder establecer las variables más convenientes en una primera etapa de diseño, se procedió a realizar la conversión del aceite a escala laboratorio para observar su comportamiento frente a tales condiciones. Además se realizaron las etapas de evaporación del metanol, decantación, lavado y secado del biodiesel obtenido.

El equipo de trabajo decidió investigar respecto de una forma no convencional de operar el proceso, siendo la principal variante la evaporación del metanol a presión atmosférica antes de la etapa de decantación. Esta variante del proceso permite concentrar los jabones en la fase glicerina, con todas las ventajas que esto conlleva (Pissarello y otros, 2010).

Podemos observar las operaciones realizadas en el siguiente diagrama de bloques:



Las condiciones empleadas para la escala piloto fueron:

Reacción: 50 L de aceite que fue calentado hasta 60°C, empleando un 0,7% peso de de NaOH como catalizador más el necesario para neutralizar estequiométricamente una acidez de 4,9 a 5,5 según el aceite. También se empleó un exceso 6:1 molar de metanol:aceite.

Recuperación de metanol: se ajustó la rampa del controlador de temperatura para que el condensador disponible pudiera condensar el flujo másico evaporado.

Decantación: fue por sedimentación natural. El tiempo de residencia en el sedimentador fue de 24 a 36 horas.

Lavado: se iniciaron los estudios analizando la factibilidad técnica económica del efecto tanto de agua destilada como de agua corriente. De forma análoga se analizó el uso de ácido cítrico y posteriormente el de ácido clorhídrico comercial (muriático).

Las etapas de lavado para el biodiesel empleadas secuencialmente, con decantación intermedia, fueron:

- Lavado con 5% v/v de agua, destilada o corriente.
- Lavado con 30% v/v de solución ácida (agua destilada o corriente)
- Lavado con 30% v/v de agua, destilada o corriente.

Secado: se utilizaron las siguientes condiciones: P=640mmHg (vacío) y T=70°C durante 60 min. El enfriado se realizó en un desecador durante 30 min.

4. Discusión de resultados

Análisis de Aceite

Los análisis del aceite de colza fueron realizados en el Laboratorio de Servicios a Terceros de la FCAI y en el departamento de Ingeniería Química se determinó la densidad.

Etapas de Refinación

Como el aceite tiene un gran índice de acidez, se realizó este tratamiento para disminuirlo y lograr en consecuencia mayor rendimiento de biodiesel en la reacción.

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO ACEITE 2011		
Determinación	Valor	Unidades
Índice de acidez	4.9	mg de KOH / g
Contenido de agua(Karl Fisher)	0,05	%
Fósforo total	< 2	mg/kg = ppm
Índice de peróxidos	3.0	meq de O ₂ / Kg
Densidad	912	Kg/m ³

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO					
Determinación	Neutralización y lavado		Lavado M3	Aceite crudo	Unidades
	M1	M2			
Índice de acidez	0,77	2,45	5,22	4,9	mg de KOH / g
Pérdida por calentamiento	0.1	0.1	0.2	0,1	%
Índice de saponificación	165	193	180	182	%

Reacción a escala Laboratorio

A escala laboratorio se realizaron 9 reacciones de transesterificación, modificando la cantidad de catalizador utilizado. Siendo los resultados más significativos:

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO								
Determinación	Valor (M 1)	Valor (M 2)	Valor (M 3)	Valor (M 4)	Valor (M 5)	Valor (M 6)	Según norma	Unidades
Catalizador	0,9	0,9	1,1	0,7	0,5	0,3	---	% m/m
Índice de acidez	0,2	0,1	0,2	0,11	0,16	0,21	máx 0,50	mg de KOH / g
Contenido de agua (Karl - Fisher)	0,03	0,09	0,8	0,06	0,1	---	máx 0,05	%
Glicerina libre	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	0,017	máx 0,02	%
Glicerina total	0,17	0,15	0,16	0,16	0,35	0,8	máx 0,25	%
Densidad 15 °C	883	883	883	881	881	885(20°C)	860-900	kg/m ³
η vol. a biod	81,0	82,5	75,0	88,0	92,0	98,0	--	%

Reacción a escala piloto

Para cada corrida se utilizaron las mismas condiciones de reacción pero distinta calidad de aceite, particularmente, distinto índice de acidez y de peróxidos. Además se realizaron todas las etapas de purificación al Biodiesel.

A fines de disminuir los costos de producción y tener mayor disponibilidad, se efectuó un lavado completo a escala laboratorio de 2 muestras de biodiesel de la corrida 1. Se utilizó la solución de ácido cítrico empleada en todos los lavados previos y se implementó una solución de ácido muriático (ácido clorhídrico comercial diluído) al 1 %m/m.

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO				
Determinación	Biod lavado (muriático)	Biod lavado (cítrico)	Rango según norma	Unidades
Índice de acidez	0.16	0.16	máx 0,50	mg KOH / g
Glicerina libre (GL)	0.01	0.01	máx 0,02	%
Cenizas Sulfatadas	0.01	0.01	máx 0,02	%
Metales grupo I (Na y K)	24	36	máx 5	mg / Kg
Metales grupo II (Ca y Mg)	< 2	--	máx 5	mg / Kg

Los resultados finales y relevantes obtenidos fueron:

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO				
Determinación	Valor Corrida 1 Planta Piloto	Valor Corrida 2 Planta Piloto	Rango según norma	Unidades
Densidad	882	881	860-900	kg/m ³
Índice de acidez	0.28	-----	máx 0,50	mg KOH / g
Glicerina total	0.32	0.38	máx 0,25	%
Glicerina libre	< 0.01	0.05	máx 0,02	%
Rendimiento η %vol	87	89	Con aceite de baja Calidad	%

5. Conclusiones

Observando los datos y comparando con las especificaciones de aceite de colza crudo dadas por la empresa alemana Gustav Hees y por la bibliografía, podemos concluir que el aceite fue desgomado, pero posee un índice de acidez 5 veces mayor que el valor máximo recomendado para la transesterificación alcalina homogénea, por lo que se induce que no es aceite refinado.

En la Etapa de Refinación, vemos una excelente disminución en el índice de acidez en las muestras neutralizadas, lo que sin duda permitiría aumentar el rendimiento a un 98% en biodiesel como suele expresar la bibliografía. Sin embargo, distinguimos que el

rendimiento global, en el mejor de los casos (muestra 1) sería muy próximo a un aceite sin tratar, como se observa en los siguientes casos propuestos:

- **Reacción con aceite neutralizado y lavado**
10 L aceite \square 90% neutralizado y lavado = 9 L aceite tratado
9 L aceite tratado \square 98% v biodiesel = 8.82 L de biodiesel
- **Reacción con aceite sin neutralizar y lavar**
10 L aceite \square 90% v biodiesel = 9 L biodiesel

Es decir obtendríamos rendimientos globales, menores o muy similares. Por ello se decidió no neutralizar el aceite antes de realizar la reacción.

Por lo tanto los principales hechos a resaltar son:

- El alto rendimiento volumétrico conseguido en biodiesel, lo cual es complejo de lograr con la baja calidad del aceite empleado (con índice de acidez 5 veces mayor que el valor máximo recomendado).
- Innovadora forma de recuperar el metanol que trajo beneficios muy importantes, tales como poder trabajar con aceite de colza de baja calidad sin perjudicar la calidad del biodiesel y sin obtener rendimientos bajos.
- El exitoso cambio de escala de producción con total representatividad, debido a que los datos obtenidos a escala laboratorio se condicen con los alcanzados posteriormente a escala piloto.

6. Bibliografía

- Volumetric Method for Free and Total Glycerin Determination in Biodiesel; M. L. Pisarello, B. O. Dalla Costa, N. S. Veizaga, and C. A. Querini (2010).
- Procesos alternativos para producir biodiesel a partir de aceite crudo en pequeña escala; M. L. Pisarello, C. A. Querini, VI Congreso Argentino de Ingeniería Química (2010).
- Biodiesel, el manual completo; M. Mittelbach, C. Remschmidt (2006).
- Especificaciones de aceite de colza dadas por la empresa alemana Gustav Hees.
- Refinación de aceites y grasas para usos alimenticios; Andersen (1956).
- Hojas de seguridad de las sustancias vinculadas al Biodiesel.
- Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines; Ayhan Demirbas; Springer (2008).
- Biodiesel Analytical Methods; J. Van Gerpen, B. Shanks, R. Pruszko, D. Clements, G. Knothe (2004).
- Biodiesel Handbook; Knothe, Gerpen, Krahl(2005).

18TCQ. EMPLEO DE DIAGRAMAS TRIANGULARES EN EL DISEÑO DE PROCESOS SEPARATIVOS.

MORENO, N. G.; FERNANDEZ, L. B.; ALMAZAN, M. L.; VALVERDE, C. I.

Cátedra de Química Inorgánica – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Salta – Avda. Bolivia 5150 – (4400) Salta, Argentina.

E-mail: nmoreno@unsa.edu.ar

Resumen: La separación con éxito de los productos sólidos que se obtienen al mezclar soluciones exige un buen diseño del proceso separativo, para lo cual es necesario conocer las condiciones de equilibrio de los componentes de la solución compleja resultante. Estas condiciones se pueden obtener a partir de un estudio de algunas propiedades del sistema, a temperatura y presión constante.

En este trabajo, se estudia el equilibrio de solubilidad del sistema para seleccionar las condiciones más apropiadas para separar un compuesto sólido de una mezcla ternaria, como es el caso del sistema formado por tetraborato de sodio-bicarbonato de sodio-agua, a 50° C y presión atmosférica.

Los resultados se presentan en forma de diagramas ortogonales y triangulares, que permiten observar cómo la misma información puede ser elaborada de distintas formas permitiendo, en el segundo caso, visualizar más fácilmente la composición de las distintas fases en equilibrio con la solución saturada, según sea la zona del diagrama que se considera.

1. Introducción

Para el diseño de un proceso orientado a la separación de productos que se forman a partir de soluciones complejas, o bien en la explotación de salmueras naturales o artificiales, es necesario conocer las condiciones de equilibrio en que se encuentran los componentes de las mezclas. Tales condiciones pueden obtenerse realizando un estudio de las propiedades del sistema, en condiciones de presión y temperatura constantes.

En este trabajo se presentan los resultados de las investigaciones realizadas por el grupo de trabajo sobre compuestos de boratos, cuyos minerales se encuentran distribuidos en depósitos naturales en la Puna Argentina, que abarca parte de los Andes centrales en las provincias de Jujuy, Catamarca y Salta, con el objeto de determinar las condiciones más favorables para la separación de aquellos compuestos de interés industrial, partir de soluciones provenientes del tratamiento de estos minerales.

De los distintos sistemas estudiados, relacionados con estos minerales, cuyos resultados traducidos en trabajos de investigación fueron presentados en distintas publicaciones y reuniones científicas (Moreno et al., 2006, 2007, 2008, 2009, 2010), en este trabajo se presentan los resultados correspondientes al estudio del equilibrio de solubilidad de un sistema ternario de tetraborato de sodio-bicarbonato de sodio-agua, a 50° C, en forma de diagrama triangular de equilibrio de fases para demostrar que de esta forma se obtiene mayor información que la que resulta de otro tipo de diagramas, como los que se presentan normalmente, como es el caso de aquellos diagramas ortogonales del tipo de Van't Hoff. No se encontró en la bibliografía trabajos similares de otros autores aplicados a boratos.

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son, en primer lugar obtener las condiciones de equilibrio de fases del sistema ternario formado por tetraborato de sodio-bicarbonato de sodio y agua,

determinando las solubilidades de las especies presentes, a 50° C y presión atmosférica, y luego, presentar los resultados obtenidos en distintos tipos de diagramas, tales como el de Van't Hoff y el triangular, para demostrar que la información obtenida en la etapa experimental puede ser mejorada cambiando el tipo de representación de manera que ponga en evidencia, con mayor claridad, cuales son los sólidos en equilibrio con la solución saturada de la cual se pretende separarlos.

3. Metodología

La metodología utilizada consistió en preparar duplicados de mezclas ternarias de composición global conocida, los que se colocaron en baños termostatzados a 50° C, con agitación constante de 400 rpm durante 6 horas, dejando reposar un tiempo similar y repitiendo el procedimiento un par de veces más, para asegurar que se alcanzó el equilibrio.

Para ello se utilizó un cilindro de acrílico cerrado, de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto, con algunos orificios laterales y en la parte superior, para permitir la conexión de termómetros, peachímetros, agitador y además, poder introducir reactivos y/o sacar muestras para su análisis. Los reactivos utilizados fueron Na₂B₄O₇.10 H₂O (Purísimo) Anedra; NaHCO₃ (Purísimo), Cicarelli, y H₂O destilada, pH: 6,7.

Una vez finalizada cada etapa experimental, se tomaron muestras de las partes sólida y líquida y se analizaron para determinar la composición de cada fase.

Los análisis químicos se realizaron titulando la sal de borato con hidróxido de sodio en presencia de manitol, previo tratamiento con ácido clorhídrico (Proske y Blumenthal, 1953), y el bicarbonato de sodio según el método de Warder, agregando un exceso de iones oxhidrilo, titulando a su vez el exceso con cloruro de bario (Vogel, 1960).

La composición de la fase sólida se determinó utilizando el método del "residuo" (Castellan, 1976) que consiste en analizar una porción del sólido húmedo y determinar luego, por extrapolación, la composición que tendría el sólido seco.

4. Resultados

Los datos obtenidos experimentalmente se encuentran en la **Tabla 1**. Algunos de ellos son coincidentes con los encontrados en la bibliografía (Linke, 1965), y su representación en forma de diagrama de Van't Hoff (Glasstone, 1966) se puede observar en la **Figura 1**.

Tabla 1.- Solubilidad de tetraborato de sodio (% m/m) en soluciones acuosas saturadas de bicarbonato de sodio, a 50° C y presión atmosférica.

% NaHCO ₃	0,00	2,00	4,50	6,00	8,00	10,00	11,50	11,70	12,00	12,20	12,70
% Na ₂ B ₄ O ₇	9,80	8,90	8,79	8,72	8,62	8,58	8,43	7,20	3,95	2,70	0,00
% H ₂ O	90,20	89,10	86,67	85,28	83,38	81,42	80,07	81,10	84,05	85,10	87,30
Fase sólida	B	B	B	B	B	B	B+C	C	C	C	C

B: Na₂B₄O₇.10 H₂O . C: NaHCO₃

De la forma de la curva se puede deducir que la solubilidad del tetraborato de sodio disminuye suavemente a medida que aumenta la concentración de bicarbonato de sodio, hasta cierto punto, a partir del cual disminuye bruscamente hasta el final. Pero no se observa a simple vista cuales son las zonas de predominio de alguna de las especie con respecto al resto del sistema. Esto es, el tipo de sólido que está en equilibrio con la solución saturada en las distintas zonas del diagrama. En este aspecto es posible obtener mejor información si los mismos datos se representan en un diagrama triangular, ya que

brinda una mejor visión de las zonas de interés para el diseño del proceso de separación de los productos sólidos.

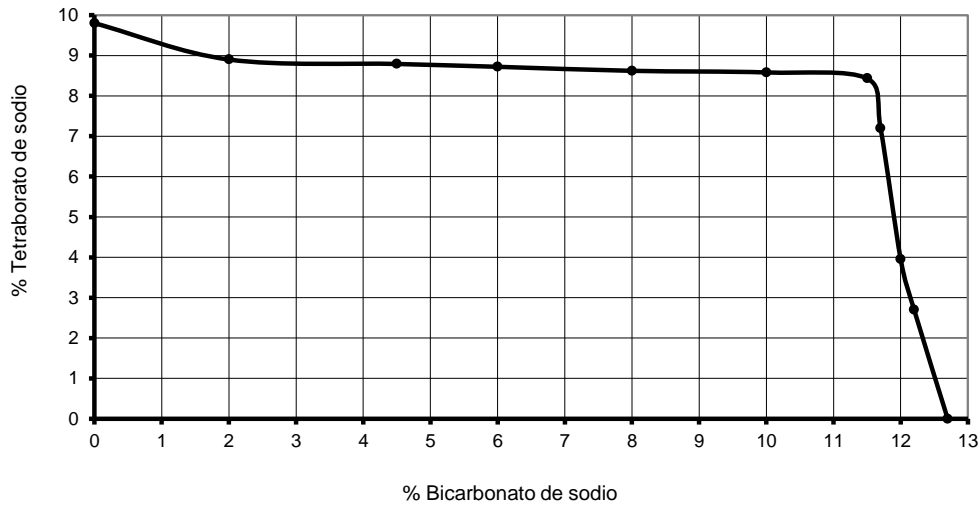


Figura 1.- Curva de solubilidad de tetraborato de sodio en presencia de bicarbonato de sodio, a 50° C y presión atmosférica.

Como es sabido, un diagrama triangular consiste en un triángulo equilátero, como el de la **Figura 2**, que bajo ciertas reglas (Glasstone, 1966) se puede utilizar para representar la composición de una solución ternaria, en principio, y manteniendo constantes ciertas relaciones entre pares de componentes, se puede emplear para soluciones más complejas. Si se tiene un punto X dentro del triángulo, como el de la **Figura 2**, la suma de las distancias desde este punto a cada uno de los lados, en forma paralela a los demás, es siempre igual a uno de los lados del mismo. Si se toma un lado del triángulo como unidad de masa total del sistema y se expresan las concentraciones de cada componente en fracciones de masa, se puede representar la composición del todo el sistema por un punto dentro del triángulo.

Si designamos por A, B y C a cada uno de los componentes puros y los representamos por los vértices del triángulo, la distancia desde el punto X a cualquiera de los lados, medida en forma paralela a uno de los otros, resulta ser proporcional a la concentración, en unidades de masa, del componente que ocupa el vértice opuesto. De esta forma, las distancias Xa, Xb y Xc, indican las proporciones de los componentes A, B y C, respectivamente.

La ausencia de alguno de los componente quedará representada por un punto, tal como X', sobre uno de los lados del triángulo, opuesto al vértice que representa al compuesto puro ausente en la solución. Como se observa en el diagrama de la **Figura 2**, si ese punto está sobre el lado AC significa que el componente que está ausente es el B.

Para facilitar la ubicación de los puntos que representan las composiciones en este diagrama, conviene dividir cada lado en 10 partes iguales y trazar por ellos rectas paralelas a los tres lados., como se puede ver en los dos diagramas triangulares.

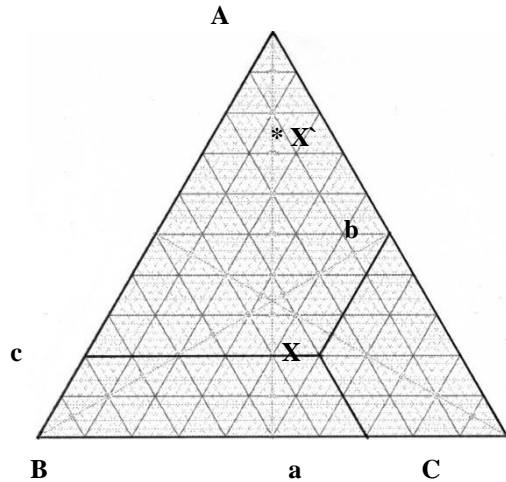


Figura 2. Principios del diagrama triangular

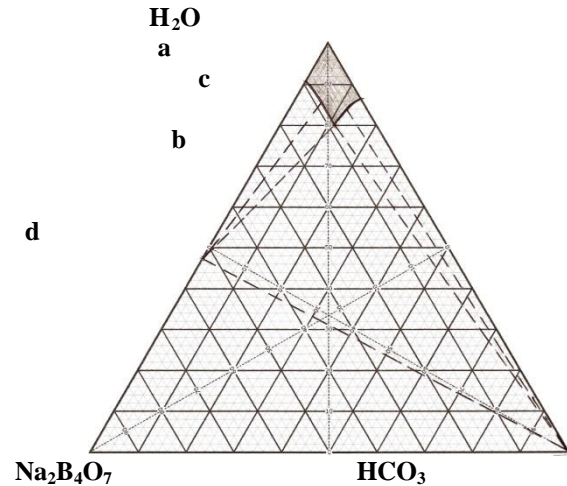


Figura 3. Diagrama triangular de equilibrios de fases del sistema $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$, a 50°C y presión atmosférica.

En el sistema estudiado, los componentes puros son H_2O , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ y NaHCO_3 , que ocupan un vértice del triángulo cada uno, como se observa en la **Figura 3**. Representando en este diagrama los mismos datos de la **Tabla 1**, se tiene la curva de solubilidad, en este caso una isoterma, que da las condiciones de equilibrio entre la solución saturada y las fases sólidas, la cual presenta un punto de discontinuidad, denominado punto invariante isotérmico (Glasstone, 1966), que la divide en dos partes. En la primera parte, desde el punto “a”, que corresponde a una composición de 9,80 % de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 90,20 % de H_2O y 0 % de NaHCO_3 , hasta el punto “b”, que indica una composición de 8,43 % de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 11,50 % de NaHCO_3 y 80,07 % de H_2O ; el sólido que está en equilibrio con la solución saturada es $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, según surge de la determinación de la composición de la fase sólida en equilibrio con la solución saturada en esta región del diagrama. En la segunda parte, a partir del punto “b” hasta el punto “c”, que indica una composición de 0,0 % de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 12,70 % de NaHCO_3 y 87,30 % de H_2O , el sólido que está en equilibrio con la solución saturada es NaHCO_3 . Siempre que haya un punto de discontinuidad habrá más de una fase sólida presente en esa parte del diagrama. Efectivamente, en el punto “c” coexisten los sólidos $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ y NaHCO_3 en equilibrio con la solución saturada, cuya composición está dada por ese punto. Para ubicar fehacientemente la posición de este punto se preparó una serie de soluciones de estos componentes, de composición global conocida dentro de la región de fases sólidas y una solución saturada correspondiente a este punto, a una temperatura superior a 50°C , se llevó a baño de temperatura constante de 50°C , y se continuó con la metodología de trabajo descrita anteriormente.

Conviene indicar la naturaleza de la fase sólida que se desprende en cada parte del diagrama mediante líneas de conexión entre los puntos que definen las composiciones de las soluciones saturadas con aquellos que indican la composición de la fase sólida en equilibrio con estas soluciones. Estas líneas de conexión se unen con puntos del diagrama que indican la composición del sólido resultante en la proporción en que se encuentran combinados.

Al formarse el hidrato dado por el punto “d”, el diagrama queda dividido de forma tal que en el sector delimitado por los puntos: “b-d- NaHCO_3 ” las fases sólidas presentes corresponden a $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ y NaHCO_3 . En el sector delimitado por los puntos “d- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-NaHCO}_3$ ”, las fases sólidas presentes son: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ y NaHCO_3 .

5. Conclusiones

A partir de las observaciones derivadas de este trabajo se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Las solubilidades de ambos componentes, a la temperatura de trabajo, 50° C, son bastante bajas.
- La solubilidad del tetraborato de sodio se ve ligeramente afectada (disminuida) por la presencia de bicarbonato de sodio.
- A la temperatura de trabajo, se presenta un sólo punto invariante isotérmico, lo que implica que hay dos fases sólidas.
- A esta temperatura, el tetraborato de sodio se desprende como decahidrato.
- Los dos sólidos que se pueden separar de la solución son: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ y NaHCO_3 .

6. Bibliografía

- Castellan, G. W., (1976). Físicoquímica. Fondo Educativo Interamericano. México.
- Glasstone, S. (1966). Tratado de Química Física. 6ª Ed. Editorial Aguilar. Madrid.
- Linke, W. F., PhD. (1965). Solubilities - Inorganic and metal organic compounds. U. S. N. Institute of Health. Vol. II. Fourth edition. ACS. Washington, D. C.
- Moreno N, Flores J., Lefter de Gamarra, M. 2.006. Estudio de los Equilibrios de Fases del Sistema Acido Bórico-Sulfato de Sodio-Agua a 50° C y 70° C. XXII CIIQ (ISSN: 1850–3535) – V CAIQ (ISSN: 1850-3519). Trabajos Completos en CD -XII Congreso Interamericano de Ingeniería Química – V Congreso Argentino de Ingeniería Química.
- Moreno N, Flores J, Lefter de Gamarra M. 2.006. Diagramas de fase del sistema ácido bórico-cloruro de sodio-agua. XXII CIIQ (ISSN: 1850–3535) – V CAIQ (ISSN: 1850 - 3519). Trabajos completos en CD. XXII Interamerican Congress of Chemical Engineering – V Argentinian Congress of Chemical Engineering - XII Congreso Interamericano de Ingeniería Química – V Congreso Argentino de Ingeniería Química
- Moreno, N. G., Lefter de Gamarra, M., Flores, J. 2.006. Estudio del equilibrio de fases del sistema ácido bórico-cloruro de sodio-agua a 25°C. VIII Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan - Actas de las VIII Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales. ISBN 10 N° 950-605-479-7. pp 249 – 253.
- Moreno, N., Lefter de Gamarra, M., Flores, J. 2006. Diagrama Triangular de Equilibrio de Fases del Sistema Bórax-Cloruro de Sodio-Agua a 45°C. Investigaciones Docentes en Ingeniería. V 1. pp 142 - 144. ISBN: 987-9170-60-1. Catamarca. Argentina.
- Moreno, N., Lefter de Gamarra, M., Flores, J. 2006. Equilibrio Líquido-Sólido en el Sistema Ácido Bórico-Sulfato de Sodio-Agua a 60°C. Investigaciones Docentes en Ingeniería. V 1. pp. 145 – 147. ISBN: 987-9170-60-1. Catamarca. Argentina.
- Moreno, N., Lefter de Gamarra, M., Flores, J. E. 2007. Diagrama Triangular de Equilibrios de Fases en Sistemas Complejos de Ácido Bórico a 80°C. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. Eds. N. Ortiz de Adler – A. G. Elías – T. Heredia. Ed. ECO FACET UNT - ISBN 978–987–23950–0–1. Págs. II-15 a II-17. Tucumán. Argentina.
- Moreno, N. G., Flores, J. E., Lefter, M., González, L. B. 2008. Determinación de las Condiciones de Separación por Cristalización a Partir de Mezclas Complejas. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. Tomo II. Sección V. pp. 201 – 205. ISBN 978-987-1341-38-2. Ed. ECU UNCa. Catamarca. Argentina.

Moreno, N., Flores, J. E., Lefter, M. 2008. Construcción de diagramas de fases de equilibrio líquido-sólido en sistemas ternarios. Contribución Técnica al 63° Congreso Anual da ABM (Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Anais. ISSN 1516-392X. pp. 1348-1352. Santos. S. P. Brasil.

Moreno, N. G., Flores, J. E., Lefter, M. 2008. Estudio de las condiciones de cristalización extractiva de boratos a partir de mezclas complejas. Contribución Técnica al 63° Congreso Anual da ABM (Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Anais. ISSN 1516-392X. pp. 1353-1357. Santos. S. P. Brasil.

Moreno, N. G., Lefter, M., González, L. B., Flores, J. E. 2008. Diagramas de equilibrios de fases. Vi caedi (VI Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería). Salta. República Argentina. Trabajos Completos – CD - ISBN 978-987-633-011-4.

Moreno, N. G., Lefter, M., González, L. B. 2009. Estudio del equilibrio de solubilidad del tetraborato de sodio en soluciones acuosas de sulfato de sodio, a 55°C. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. Tomo II. Págs. 101-105. ISBN: 978-987-633-042-8. Salta. Argentina.

Moreno, N. G., Flores, J. E. 2010. Separación de sólidos en soluciones complejas – Uso de diagramas triangulares de equilibrios de fases. Rev. Ingeniería Química, N° 489. Año XLII. Pág. 70-72. ISSN 0210-2064. Ed. Red Bussines Information, SAU. Madrid. España.

Proske, O. y Blumenthal, H. (1953). Análisis de Metales – Métodos de Arbitraje. Aguilar S. A. de Ediciones. Madrid.

Vogel, Arthur I. (1960). Química Analítica Cuantitativa. Vol. I. Ed. Kapelusz. Buenos Aires.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) por el aporte económico que permitió la realización de este trabajo.

19TCQ. ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO SIMULADO. PARTE B – EFECTOS ELÉCTRICOS EN SOLUCIONES POLIMÉRICAS

MASTRANGELO L. M.*, BACH R. B.*, PRADO R. A.**, GONZÁLEZ E.L.*

*Departamento de Geología y Petróleo - **Departamento de Mecánica Aplicada
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue (UNCo) - 8300
Neuquén - Argentina - mastrangelo.lm@gmail.com, robertobach@live.com,
ricardo.prado@fain.uncoma.edu.ar, esteban.gonzalez@fain.uncoma.edu.ar

Resumen: Utilizando el arreglo experimental detallado en la parte A del presente trabajo se llevó a cabo una serie de experiencias induciendo un campo eléctrico para analizar el efecto de los fenómenos electrocinéticos en el movimiento de las soluciones poliméricas en la roca reservorio. Además, se desarrolló un modelo analítico que modelaba los fenómenos gravitatorios y eléctricos con el propósito de comparar los resultados analíticos con los experimentales. Los ensayos mostraron una leve modificación entre los caudales medidos con y sin campo eléctrico, observándose una leve tendencia en función de la salinidad del agua base de la solución polimérica.

1. Introducción:

Una de las propiedades más importantes en los procesos de recuperación mejorada de petróleo, EOR por sus siglas en inglés, es sin duda la mojabilidad. Este fenómeno está determinado no solo por la interacción de las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas repulsivas, sino también por las fuerzas electrostáticas de la doble capa eléctrica que surgen como consecuencia de los fenómenos electrocinéticos (Hirasaki, 1996).

La presencia de esta la doble capa eléctrica está asociada a la interacción entre los iones presentes en el agua de formación y la densidad de carga negativa característica de los minerales arcillosos que recubren la superficie de los poros. Según Salager (1998) esta capa está compuesta por dos regiones, una *compacta*, o también conocida como capa de *Stern*, de aproximadamente 0,5 mm de espesor donde los iones están estrechamente vinculados a las paredes de los poros y no tienen movilidad. La otra porción de la capa es la *difusa*, y se caracteriza por la generación de un campo eléctrico inducido que permite la movilidad de los iones a lo largo de toda su extensión.

Para enfatizar aun más la importancia de los efectos electrocinéticos, Ning y Sacobasch (1997) demostraron que a escala macroscópica son despreciables ya que el espesor de la doble capa eléctrica es insignificante con respecto al tamaño de los canales que el fluido atraviesa. Sin embargo dichos autores, observaron que a escala microscópica el espesor de la doble capa puede ser comparable con el tamaño de los de los poros.

Shokir y Elmofty (2003) estudiaron que las características electroquímicas de las partículas sólidas presentes en el reservorio juegan un rol fundamental en los mecanismos de adsorción de polímeros y surfactantes.

Los resultados obtenidos por los autores mencionados anteriormente llevaron a adaptar el arreglo experimental utilizado en la parte A del presente trabajo de manera que puedan ser observados los efectos electrocinéticos.

2. Objetivos:

Analizar cómo afectan, cuantitativamente y cualitativamente, al comportamiento de un conjunto de soluciones acuosas de poliacrilamidas aniónicas preparadas con diferente concentración salina, los efectos electrocinéticos presentes en la roca reservorio.

3. Metodología:

Una vez solucionada la representación del medio poroso a través del arreglo experimental detallado en la parte A del presente trabajo, surge la necesidad de adaptar dicho dispositivo para simular las propiedades electrocinéticas. Para este análisis es de suma importancia conocer la diferencia de potencial asociada a los efectos electrocinéticos de al menos un caso previo de estudio para fijar este valor como representativo de las condiciones de reservorio. A partir de la bibliografía consultada se toma el rango de valores de 0,1 a 93 mV propuesto por Gochin et al. (1999). Considerando que la longitud de la capa difusa coincide con el diámetro de un poro, de aproximadamente 300 micrones, se estima que el campo eléctrico presente en la roca reservorio como consecuencia de los fenómenos electrocinéticos no supera los 310 V/m según lo desarrollado en el Proyecto Integrador Profesional de Bach y Mastrangelo (2011).

Para representar esta intensidad de campo en el arreglo experimental se optó por colocar dos placas paralelas separadas por 8 cm con una diferencia de potencial de 25 V con la idea de aplicar un campo uniforme a todo el equipo, como se muestra en la figura 2.

Se asume que los efectos electrocinéticos afectan principalmente a los fluidos iónicos por lo que en las experiencias desarrolladas fueron utilizados soluciones poliméricas, una preparada en base a salmuera y otra en base a agua destilada. Según la norma API RP63 (1990) el comportamiento reológico de las soluciones poliméricas puede modelarse mediante la ley de la potencia. La figura 3 representa el comportamiento de las dos soluciones poliméricas empleadas.

Se desarrollaron expresiones matemáticas con el objetivo de modelar de manera analítica el comportamiento de los fluidos al circular por el arreglo experimental, tanto en presencia de un campo eléctrico aplicado como en ausencia del mismo, de manera que ambas expresiones puedan ser comparadas.

Para el desarrollo de las mismas fue aplicado el método del volumen de control al sistema esquematizado en la figura 4, a partir del cual fueron adaptadas las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y energía. Se llega finalmente a la expresión (1) que relaciona el caudal, Q , con la altura asociada a la variación de presión entre los puntos 1 y 2, Δh_T .

$$\Delta h_T = \frac{\Delta P}{\rho g} = \sum_{i=1}^5 \frac{8 Q^2}{d_i^4 g} \frac{64}{Re_{gen}} \frac{L_i}{d_i} + \sum_{j=A}^F \frac{8 Q^2}{d_j^4 g} K_j \pm h_e \quad (1)$$

donde ΔP es la diferencia de presión entre 1 y 2, ρ la densidad del fluido, g la aceleración de la gravedad, d_i y L_i el diámetro y la longitud de la sección i , d_j el menor de los diámetros en la compresión/expansión brusca j , K_j el coeficiente de pérdida localizada en j , h_e es la altura asociada a las variaciones de presión por efectos eléctricos y Re_{gen} el número de Reynolds generalizado, los cuales se desarrollan a continuación.



Figura 1 – Arreglo experimental

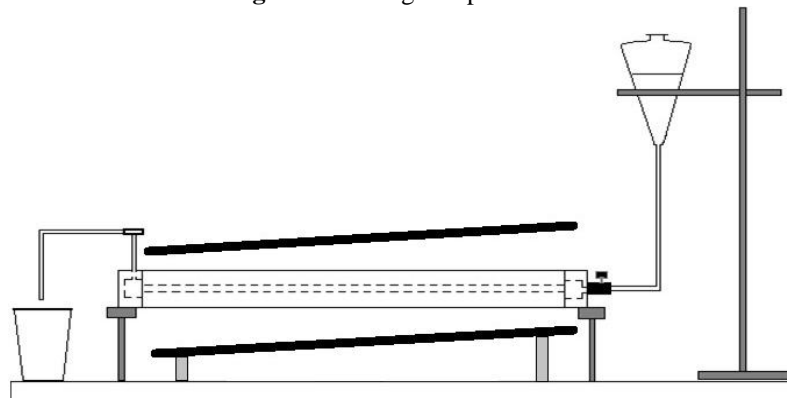


Figura 2 – Esquema del arreglo experimental

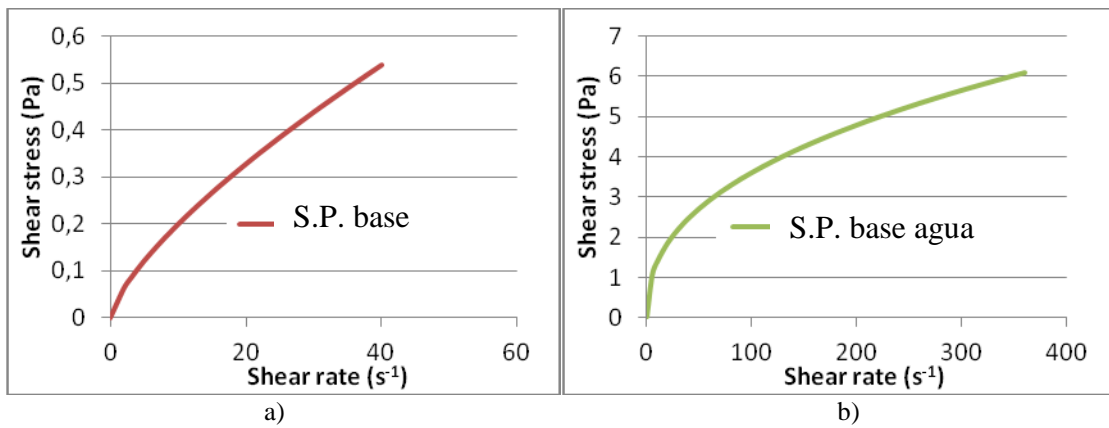


Figura 3 – Comportamiento reológico de las soluciones poliméricas (S.P.) base:

a) salmuera y b) agua destilada

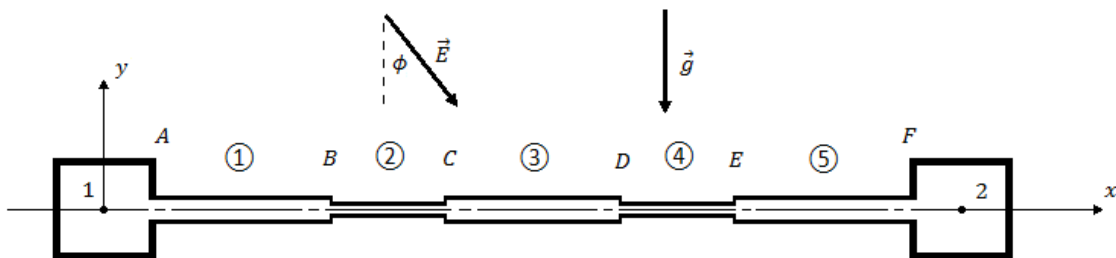


Figura 4 – Sistema de estudio

La utilización del Re_{gen} responde a la necesidad de representar el grupo adimensional Re , el cual es la relación entre las fuerzas inerciales y fuerzas viscosas (White, 2003), para fluidos no newtonianos que responden a la ley de la potencia. La expresión utilizada es la ecuación (2), desarrollada en Holland y Bragg (1995),

$$Re_{gen} = \frac{\rho v^{2-n} d_i^n}{8^{n-1} k \left(\frac{3n+1}{4n} \right)} \quad (2)$$

donde n es el índice de comportamiento del fluido, k el índice de consistencia de flujo y v la velocidad media del fluido dentro de la tubería.

La pérdida localizada generalmente se representa como la relación entre la pérdida de carga a través del dispositivo, $h_m = \Delta P / (\rho g)$, y la altura cinética del sistema de tubería asociado, $v^2 / (2g)$ (White, 2003).

Para el cálculo de los coeficientes de pérdida de carga, Oliveira et al. (2003) redefinen el número de Reynolds como un número de Reynolds generalizado, Re_{gen2} , de la forma expuesta en la ecuación (4):

$$Re_{gen2} = \frac{\rho d^n v^{2-n}}{k} 8 \left(\frac{n}{6n+2} \right)^n \quad (3)$$

En el caso de las expansiones bruscas, donde la relación de diámetros es 1:2,6, en régimen laminar para fluidos cuyo comportamiento puede ser modelado por la ley de la potencia, Oliveira et al (1998) desarrollaron una expresión para el cálculo del coeficiente de pérdida de carga localizada, ecuación (4).

$$K = \frac{m_1}{Re_{gen2}^{m_2}} + m_3 + m_4 \log Re_{gen2} + m_5 \log^2(Re_{gen2}) \quad (4)$$

donde:

$$m_1 = 17.45 - 27.53 \log n$$

$$m_2 = 1 - 0.009 n + 0.0027 n^2 - 0.010 n^3$$

$$m_3 = 0.113 - 1.02 n$$

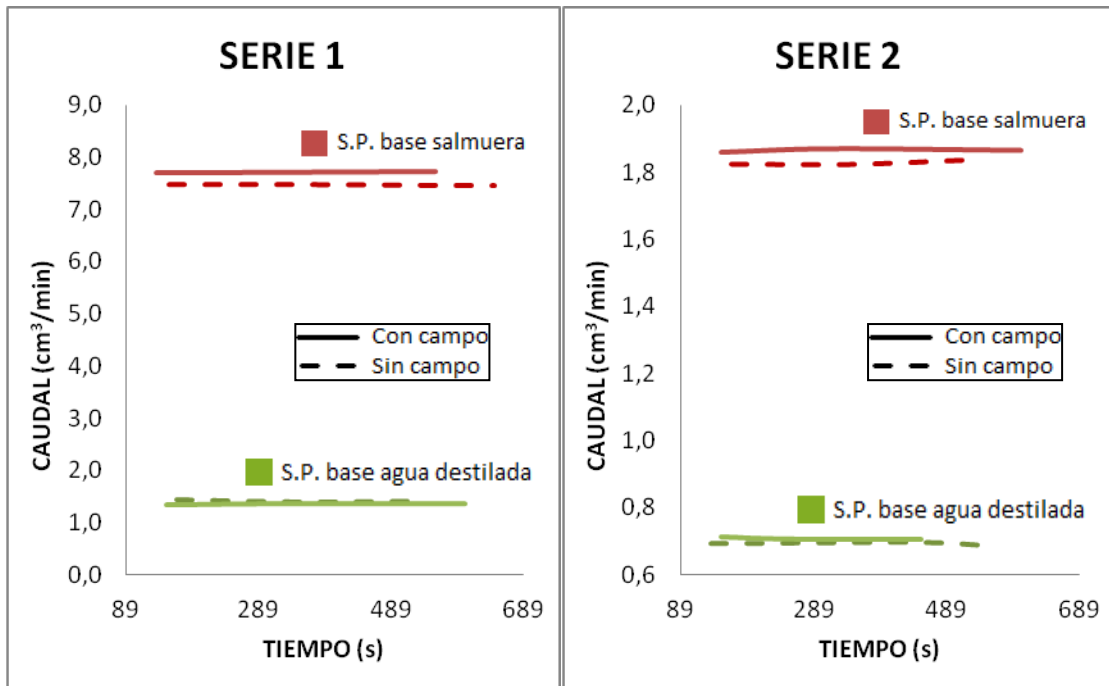
$$m_4 = -0.256 + 1.21 n + 0.498 n^2$$

$$m_5 = 0.124 - 0.0911 n - 0.149 n^2 - 0.110 n^3$$

En el caso de las contracciones, para el mismo tipo de fluidos y condiciones de flujo, Kfuri et al (2011) desarrollaron la expresión (5).

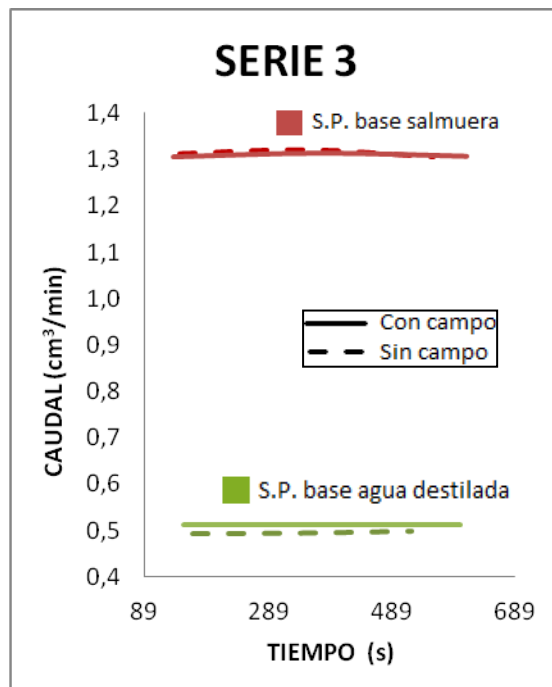
$$K = \frac{18.03 - 40.77 \text{ Log}(n)}{Re_{gen2}} + 0.06 + 0.24 n \quad (5)$$

Por lo expuesto anteriormente las únicas incógnitas en la ecuación (1) son el caudal, Q , y la altura asociada a la variación de presión, Δh_T . Con el objetivo de poner de manifiesto las variaciones en presencia de un campo eléctrico aplicado se realiza el ensayo primero sin campo eléctrico y luego se realiza con la presencia de éste, manteniendo los restantes parámetros constantes, de manera que la diferencia entre las mediciones entre ambos ensayos puede ser atribuida en su totalidad a los efectos eléctricos representada por la altura asociada a los fenómenos eléctricos, h_e .



a)

b)



c)

Figura 5 – Caudal de soluciones poliméricas (S.P.) medido con y sin campo eléctrico:
a) serie 1, b) serie 2, c) serie 3

Tabla 1 – h_e promedio calculadas

SERIE	h_e (cm)		
	1	2	3
S.P. base salmuera	2,14	1,05	0,00
S.P. base agua destilada	-1,29	0,64	2,82

4. Resultados y discusión:

Luego de haber adaptado el arreglo experimental utilizado en la parte A de este trabajo y haber desarrollado un modelo analítico acorde, se circularon soluciones poliméricas a base de agua destilada y a base de salmuera. Los resultados se exponen en las figuras 5 a) hasta c).

En el caso de la solución polimérica preparada con salmuera se esperaba que la concentración iónica de la misma produjera un efecto de apantallamiento iónico que atenuara los efectos eléctricos. A pesar de esto, fue la solución que presentó mayor variabilidad en los resultados con respecto a la preparada en base a agua destilada.

Puede observarse que en ambos casos existe una pequeña variación en el caudal medido ante la exposición del instrumental a una magnitud de campo eléctrico asociada a las condiciones de reservorio. Esta diferencia no se puede atribuir a un aumento o disminución del caudal dependiendo del agua de dilución utilizada en la preparación ya que el comportamiento es diferente en cada serie.

Al analizar la tabla 1 se observa una tendencia inversa entre ambas muestras. Mientras que para la solución polimérica base agua destilada las alturas asociadas a las pérdidas de carga van aumentando con el paso del los ensayos de la serie 1 a la 3, para la solución polimérica base salmuera disminuyen. Esta variación puede darse debido a la diferencia que existe entre el contenido iónico de ambas soluciones.

La pequeña variación entre las experiencias con y sin campo puede atribuirse a que las moléculas, por su tamaño o por la poca intensidad del campo, no llegaron a reacomodarse lo suficiente como para mostrar una tendencia inmediata a orientarse en una determinada dirección que ayudara o perjudicara al desplazamiento del fluido.

Otro aspecto a tener en cuenta es el desfase observado entre los caudales de las figuras 5 a) hasta c) cuando se cambia de solución polimérica. Este comportamiento se da por la diferencia de viscosidades que tienen las soluciones poliméricas producto de que generalmente aquellas preparadas con agua destilada suelen tener mayor viscosidad que las preparadas con salmuera. Esta características afecta el caudal de circulación favoreciendo a que sea mayor para aquella solución base salmuera ya que su viscosidad es menor a igual concentración de polímero.

5. Conclusiones:

Se observó que existe una variación en el comportamiento reológico de las soluciones poliméricas iónicas en presencia de un campo eléctrico, de acuerdo al agua de dilución con la que fueron preparadas. Para las diferentes series, el valor de alturas asociada a la variación de presión por efectos eléctricos, h_e , a veces resultó positivo, en otros casos nulo o negativo dependiendo de la solución polimérica. Analíticamente, para la solución base salmuera la tendencia es que las h_e disminuyeran de 2,14 cm para la serie 1 a 0,00 cm para la serie 3. Por otro lado, la solución base agua destilada se comportó de manera opuesta presentando un aumento de h_e desde -1,29 cm para la serie 1 hasta 2,82 cm para la serie 3. Experimentalmente, se logró apreciar sólo una pequeña variación en la medición de la diferencia de altura hidrostática, Δh_T , si bien las diferencias observables se presentaron en la medición de los caudales.

Además se verificó que el tipo de agua con la que ha sido preparada la solución polimérica afecta su comportamiento ante un campo eléctrico aplicado, así como a la viscosidad de la solución y por ende a los caudales medidos.

6. Bibliografía:

- American Petroleum Institute (1990). Recommended Practices for Evaluation of Polymers Used in Enhanced Oil Recovery Operations. (1a ed.). Washington, USA: API Publishing.
- Bach R.B. y Mastrangelo L.M. (2011). *Estudio Analítico-Experimental del Desplazamiento de Hidrocarburos en un Medio Poroso Simulado por un Sistema de Capilares*. Tesis de Grado. Departamento de Geología y Petróleo. Universidad Nacional del Comahue.
- Elmofty S.E. & Shokir E.M. (2003). Effect of surface active agents on electrokinetic and wettability changes of reservoir rocks. *Emirates Journal for Engineering Research*. pp. 35-40.
- Gochin B., Saad F., Alkafeef A., Rod J., Alec L. & Smith B.(1999). Measurement of the electrokinetic potential at reservoir rock surfaces avoiding the effect of surface conductivity. *Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects 159*.pp. 263–270.
- Hirasaki, G.J. (1991). Thermodynamics of thin films and three-phase contact regions. *Interfacial Phenomena in Petroleum Recovery, Surfactant Science Series*, Marcel Dekker. pp. 23-76.
- Holland F.A. & Bragg R. (1995). *Fluid Flow for Chemical Engineers*. (2nd ed.). London, UK: Arnold.
- Kfuri L.D., Silva J.Q., Soares E.J. & Thompson R.L. (2011). Friction losses for powerlaw and viscoplastic materials in an entrance of a tube and an abrupt contraction. *Journal of Petroleum Science and Engineering 76*. pp. 224-235.
- Ning Y.B., Mohiuddin M., Dongqing L., Werner C.& Jacobasch H.J (1997). Flow characteristics of water through a microchannel between two parallel plates with electrokinetic effects. *Int. J. Heat and Fluid Flow*. pp. 489-496.
- Oliveira, P.J., Pinho, F.T. & Schulte, A. (1998). A general correlation for the local loss coefficient in Newtonian axisymmetric sudden expansions. *Int. J. Heat Fluid Flow 19*. pp. 655–660.
- Oliveira, P.J., Pinho, F.T. & Miranda J.P. (2003). Pressure losses in the laminar flow of shear-thinning power-law fluids across a sudden axisymmetric expansion. *Int. J. Heat Fluid Flow 24* .pp. 747-761.
- White F. M. (2003), *Fluid Mechanics*, (4ta ed.). McGraw-Hill. Series in Mechanical Engineering.

20TCQ. ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO SIMULADO. PARTE A - DESPLAZAMIENTO DE VASELINA

BACH R. B.*, MASTRANGELO L. M.*, GONZÁLEZ E.L.*, PRADO R. A.**

***Departamento de Geología y Petróleo - **Departamento de Mecánica Aplicada
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue (UNCo) – 8300 Neuquén -
Argentina - robertobach@live.com, mastrangelo.lm@gmail.com,
esteban.gonzalez@fain.uncoma.edu.ar, ricardo.prado@fain.uncoma.edu.ar**

Resumen: En el presente trabajo se estudia el desplazamiento de vaselina, la cual representa al petróleo in situ, a través de un medio poroso simulado como un problema 1D. Se utiliza un arreglo experimental que consiste en una serie de capilares agrupados en secciones de diferentes diámetros que representan las variaciones de poros y gargantas porales de la roca reservorio.

Los ensayos de desplazamiento de vaselina utilizando agua destilada, agua con surfactante y soluciones poliméricas se llevaron a cabo con el fin de analizar el tiempo y la eficiencia del barrido. Los resultados mostraron una disminución de la vaselina residual cada vez más significativa a medida que el desplazamiento fue realizado con agua, luego con agua con surfactantes y finalmente con soluciones poliméricas.

1. Introducción:

La vida de un pozo de petróleo atraviesa tres etapas. En éstas se emplean diferentes tipos de técnicas para mantener la producción a los niveles máximos que permitan tanto obtener la rentabilidad deseada por parte del inversor, como también cumplir con las exigencias que implica ser el principal contribuyente de la matriz energética a nivel mundial (Sheng, 2011).

En primer lugar se utiliza como mecanismo de extracción a la energía natural que posee el reservorio, ésta etapa es conocida como recuperación primaria. Una vez que la presión natural es depletada se hace inminente la necesidad de proveerle al reservorio energía adicional; por lo tanto es allí donde se comienza con la inyección de agua o gas para mantener la presión. A esta técnica se la conoce como recuperación secundaria.

Debido a que el factor de recuperación para primaria y secundaria no supera el 30 por ciento (Littmann, 1988) surge la necesidad de desarrollar nuevas técnicas denominadas recuperación mejorada de petróleo, EOR por sus siglas en inglés, con la premisa de aumentar los niveles de extracción en base a diferentes métodos que puedan incrementar la movilidad del petróleo.

Propiedades como la tensión interfacial y la diferencia de viscosidad entre el fluido de desplazamiento y el petróleo in-situ son factores sumamente importantes para el diseño de los compuestos químicos de las técnicas de EOR (Sheng, 2011). Las soluciones acuosas con agentes surfactantes disminuyen la tensión superficial del sistema roca-agua-petróleo aumentando el factor de recuperación. Además, los agentes surfactantes pueden alterar la mojabilidad de roca favoreciendo la eficiencia de barrido según los estudios de Torres et al. (2011).

Por otro lado, la adición de polímeros al agua de inyección en operaciones de EOR permite que surjan interacciones moleculares que pueden cambiar las propiedades reológicas y fisicoquímicas de la solución (Smutter et al., 2001). Así, el objetivo del uso de soluciones poliméricas en aplicaciones EOR es reducir la relación de movilidades entre la fase desplazante y el hidrocarburo y mejorar la eficiencia de barrido.

La efectividad de surfactantes y polímeros depende básicamente de la naturaleza eléctrica de los mismos, más precisamente, la hidrofobicidad del polímero y la no polaridad de la terminación del surfactante (Nedjhioui et al., 2005).

2. Objetivo:

El objetivo es analizar cualitativamente y cuantitativamente el desplazamiento de hidrocarburos con soluciones preparadas a base de polímeros y agentes surfactantes teniendo en cuenta tiempo de desplazamiento y eficiencia de barrido.

3. Metodología:

Uno de los desafíos más grandes que se presentan a la hora de ensayar este tipo de propiedades es representar de manera apropiada al medio poroso. En este caso, como se muestra en la figura 1, la geometría que resulta de combinaciones de sistemas de tuberías se asume como un modelo unidimensional aproximado de la compleja realidad que presenta la estructura poral de la roca reservorio en la cual existen un sinnúmero de tamaños y formas de poros y gargantas (Peters, 1991).

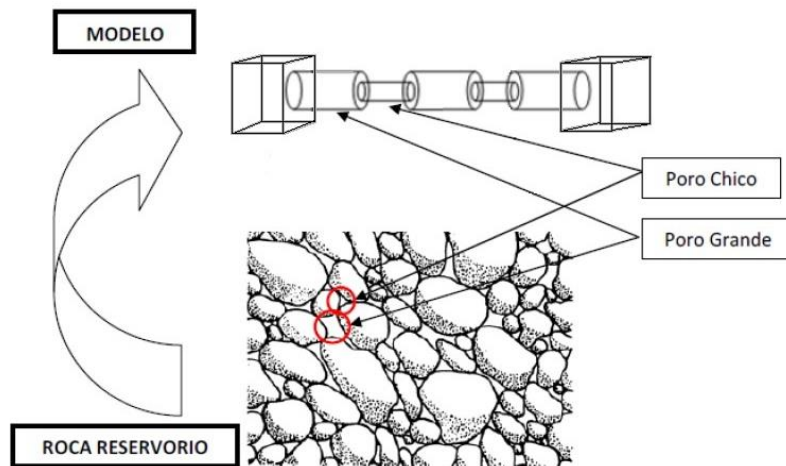


Figura 1 – Modelo roca reservorio (modificado de Peters, 1991)

En una instancia previa, Hernández y Salas (2011) modelaron el espacio poral de la roca reservorio a través de un sistema de tubos capilares con cuatro diámetros diferentes. En esta configuración una sucesión de capilares en serie con variación de los diámetros de los mismos, intentaban asemejarse a la distribución de poros y gargantas porales típicos de las rocas recipientes.

Para poder representar mejor estas variaciones en la roca, se colocaron tres secciones en paralelo que se diferenciaban entre sí por la disposición tanto de los diámetros más pequeños como de los más grandes. Este arreglo puede visualizarse de manera detallada en la figura 2.

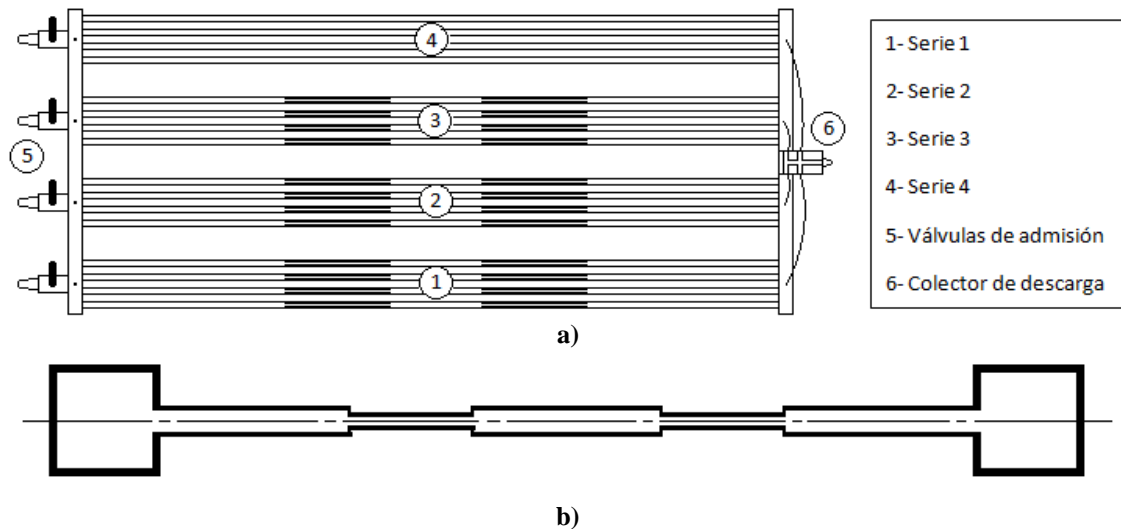


Figura 2 – Esquema de arreglo experimental: a) vista superior y b) corte transversal secciones 1 a 3

Tabla 1 - Características dimensionales de las secciones del dispositivo

SECCION	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (cm)
1	1,2	12,5
	0,6	6,25
2	1,2	12,5
	0,4	6,25
3	0,8	12,5
	0,4	6,25

Para analizar las propiedades de las soluciones poliméricas y las soluciones con agentes surfactantes se realizó una prueba de desplazamiento que consistió en el desalojo de una fase oleosa mediante la inyección al sistema de otro fluido. La fase desplazada fue en todos los casos vaselina, y la fase desplazante fue primero agua destilada, luego agua con surfactante, y por último una solución polimérica.

Entre los polímeros a los cuales se tenía acceso se eligió la solución de HPAM 3631S para realizar el barrido ya que fue preparada utilizando salmuera de Myburg. La presencia de esta salmuera permitía simular las condiciones de reservorio donde el agua de formación tiene normalmente concentraciones de cloruro de sodio superiores a los 20000 ppm, más otras cantidades significativas de sales de calcio y magnesio (Mucci, 2006). Otras características de esta solución es que tiene polímeros con un peso molecular de entre 20 y 22 millones de Dalton y su concentración es de 1500 ppm.

4. Resultados y discusión:

Desplazamiento mediante agua destilada: En la figura 3 las curvas con trazos continuos indican el equivalente en masa del volumen desplazado en cada serie de capilares, mientras que la línea intermitente muestra la tendencia del sistema para el resto del fluido que se alojaba en las cámaras y en el colector del sistema.

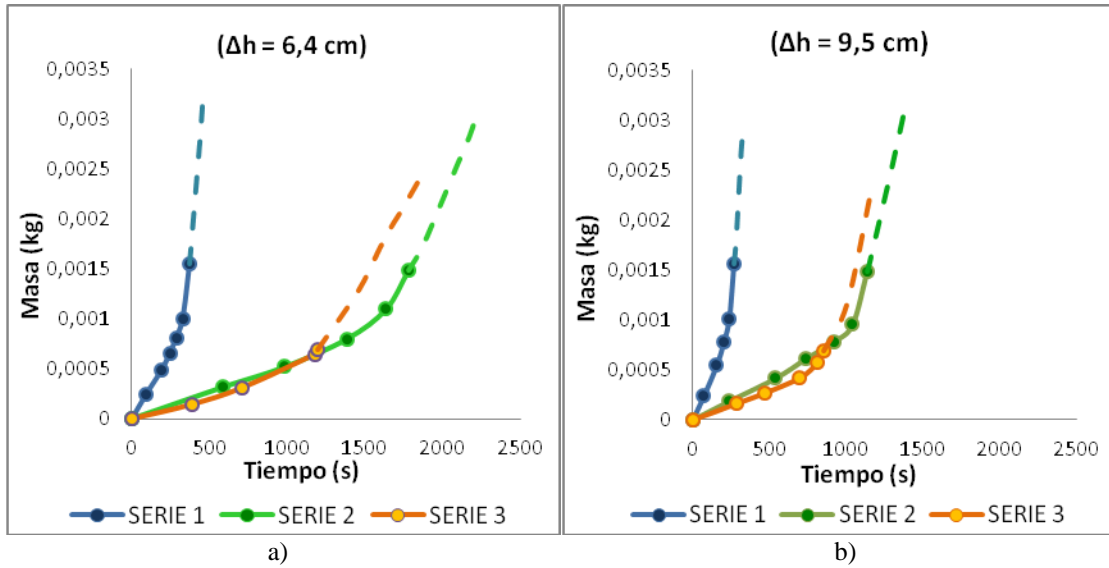


Figura 3 – Desplazamiento con agua destilada a una presión hidrostática de: a) 6,4 cm, b) 9,5 cm

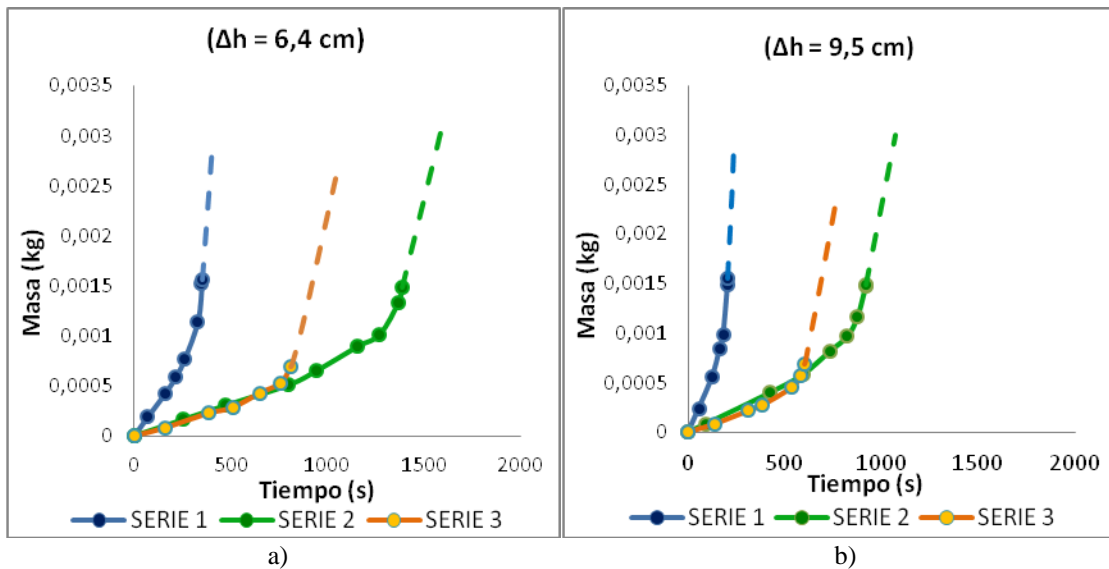


Figura 4 – Desplazamiento con agua con surfactante a una presión hidrostática de: a) 6,4 cm, b) 9,5 cm

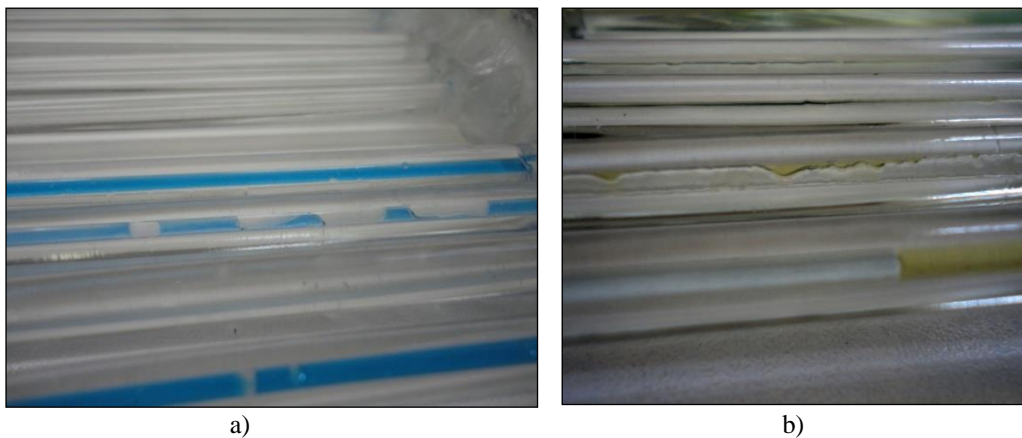


Figura 5 – Volumen residual al desplazar con: a) agua y b) agua con surfactante
(Bach y Mastrangelo, 2011)

Al observar las figuras 3 y 4 se puede notar que los caudales correspondientes a las series 2 y 3 son muy similares en el primer tramo de cada curva. Dicho tramo corresponde al

volumen de la serie de capilares sin tener en cuenta la cámara de admisión y el colector. En principio se esperaría que el caudal correspondiente a la serie 3 sea apreciablemente menor que el correspondiente a la serie 2, debido a que la combinación de diámetros en ésta es de 800 y 400 micrones, en contraposición a los 1200 y 400 micrones de la serie 2. El hecho de que los caudales medidos en ambos casos sean similares puede adjudicarse a que a pesar de la disminución de diámetro, que generará una pérdida de carga adicional, también generará una mayor presión interfacial, la cual acompañará el movimiento del fluido, otorgándole una ganancia de energía que compensa el otro efecto.

Con respecto al barrido se puede observar que en la serie 2, en ambos casos, se ha recuperado un volumen mayor a pesar que no corresponde a la combinación de diámetros más grandes. Éste fenómeno se puede explicar de dos maneras, primero, que las cámaras de dicha sección sean más grande por un error en la confección de las mismas o simplemente porque el desplazamiento fue más efectivo.

Desplazamiento mediante agua con surfactante: Con la idea de comparar resultados con los de la experiencia anterior se realizaron los ensayos a las mismas alturas hidrostáticas.

De las figuras 3 y 4 puede apreciarse que en ambos casos las curvas tienen dos comportamientos muy marcados dentro de cada serie. Primero, se ve una región casi recta, hasta la mitad del ensayo, que corresponde a una baja velocidad de desplazamiento. Ésta está asociada a que el fluido tiene por vencer una pérdida de carga importante por la presencia de vaselina alojada en las secciones con diámetros más pequeños que aún le quedan por recorrer. Luego, se pudo visualizar que cuando el fluido desplazante alcanzaba el último tramo del conjunto de capilares, el frente aumentaba su velocidad debido a que las pérdidas de carga por vencer eran menores por la ausencia de diámetros pequeños por delante del mismo. Esto puede visualizarse en la curva con un aumento abrupto de la pendiente.

En las experiencias de laboratorio pudo observarse una diferencia notable entre la eficiencia de barrido al comparar el ensayo con agua destilada y el realizado con agua con surfactante, tal como se observa en la figura 5.

Puede observarse, al comparar las figuras 3 y 4, que la acción de los agentes surfactantes reduce notablemente el tiempo en el cual se lleva a cabo la experiencia debido a que entra en juego la propiedad que éstos poseen de disminuir la tensión interfacial entre los componentes del sistema.

Desplazamiento mediante una solución polimérica: En este caso, como puede observarse en la figura 6, ya no se presenta la tendencia a aumentar la velocidad de desplazamiento al final del ensayo. Esto es porque la diferencia de viscosidades entre el fluido desplazante y la vaselina se ha reducido notablemente.

Este fenómeno tiene como consecuencia que el tiempo empleado para cada prueba utilizando la solución polimérica sea mayor, permitiendo además un barrido mucho más efectivo en el último sector de la serie al no variar abruptamente la velocidad del frente.

La tabla 2 muestra que el barrido es más eficiente utilizando la solución polimérica ya que representa un incremento del 7% en la recuperación total de fluido. Esta variación fue observada principalmente en el último tramo de capilares, donde la vaselina residual era mucho mayor en los ensayos de desplazamiento con agua destilada y agua con surfactante.

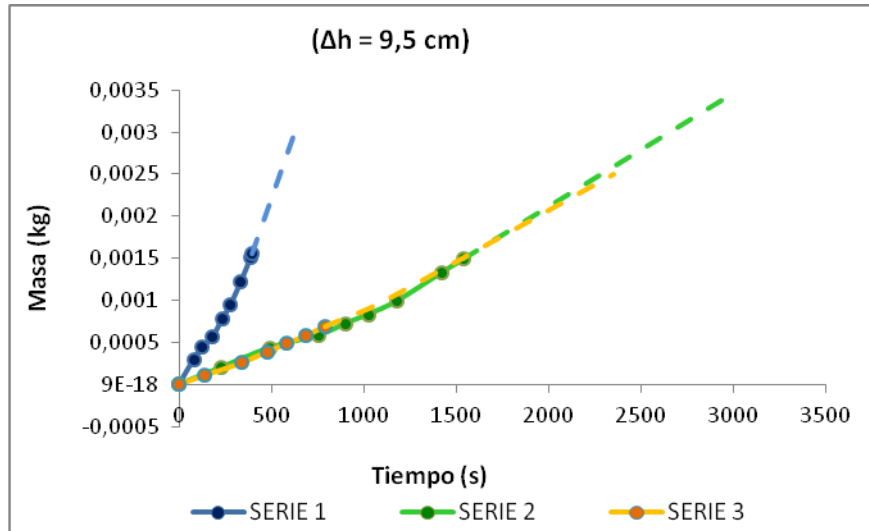


Figura 6 – Desplazamiento con solución polimérica a una presión hidrostática de 9,5 cm

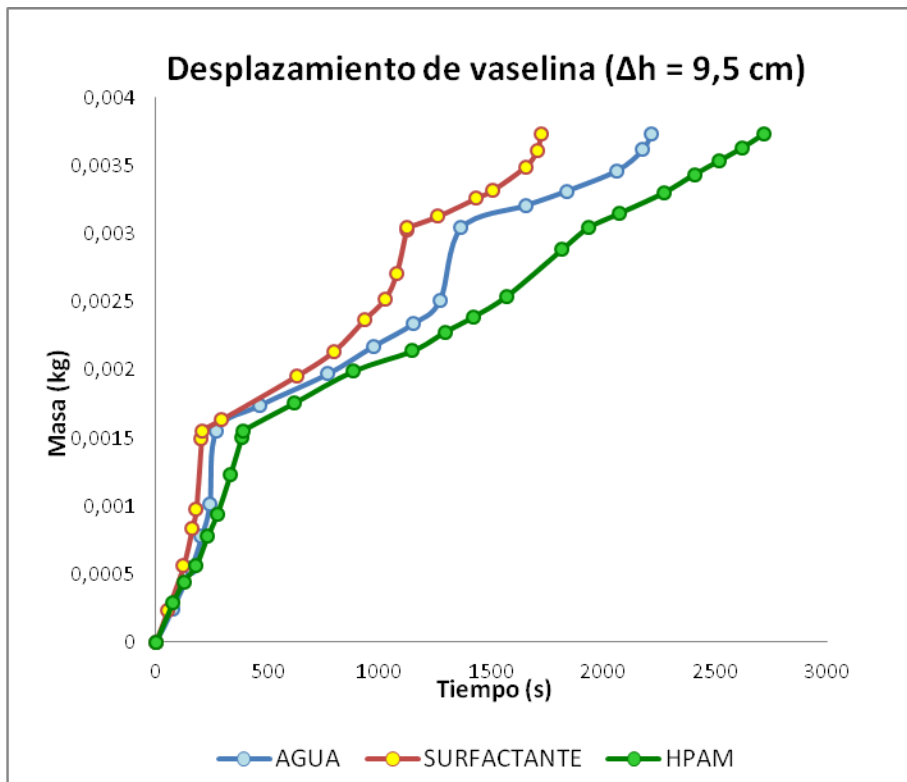


Figura 7 – Comparación con los distintos fluidos desplazantes, a 9,5 cm de presión hidrostática

Tabla 2 – Comparación de las masas recuperadas

FLUIDO	MASA RECUPERADA (g)	TIEMPO (s)
Agua Destilada	8,297	2253
Agua con Surfactante	8,243	1724
Solución Polimérica	8,882	2719

5. Conclusiones:

Para las experiencias realizadas con agua destilada se pudo visualizar que cuando aumentó de 6,4 a 9,5 cm la altura hidrostática, Δh , el caudal se incrementó en un 53% lo que corresponde a una proporción equivalente al incremento de Δh . Como era de esperarse, cuando el fluido desplazante fue agua con surfactante también se registró un aumento en el caudal del mismo orden, 63%.

Por otro lado, al analizar el volumen de vaselina recuperado, para la misma diferencia de altura hidrostática, se observó una disminución del 7% de vaselina recolectada en el caso del desplazamiento de agua destilada, y un incremento del 1% en el caso del desplazamiento de agua con surfactante.

Esto se puede atribuir a que al aumentar la altura hidrostática en el ensayo con agua destilada, el frente adquiere más velocidad lo que facilita la canalización. Mientras que en el caso del desplazamiento con agua con surfactante ocurre lo opuesto, debido a que la disminución de la tensión interfacial hace que el sistema se comporte como si se tratase de un único fluido, favoreciendo un barrido más eficiente.

Con respecto al tiempo de desplazamiento, para el caso de un Δh de 9,5 cm, se comprobó que el fluido desplazante que logró realizar el ensayo en menor tiempo fue el agua con surfactante en 1724 segundos. Luego de éste, el desplazamiento con agua destilada tardó 2253 segundos. Finalmente, el más lento fue el desplazamiento con una solución polimérica de HPAM 3631S en 2719 segundos (ver figura 7).

Focalizándose en la eficiencia de barrido, la mayor cantidad de vaselina fue recuperada por la solución polimérica con un 7% más en relación con los demás ensayos.

6. Bibliografía:

Bach R.B. y Mastrangelo L.M. (2011). *Estudio analítico-experimental del desplazamiento de hidrocarburos a través de un medio poroso modelado como un sistema de capilares*. Tesis de Grado. Departamento de Geología y Petróleo. Universidad Nacional del Comahue.

Hernández C. y Salas M (2011). *Modelo analítico-experimental simplificado para el desplazamiento de petróleo mediante diferentes fluidos*. Tesis de Grado. Departamento de Geología y Petróleo. Universidad Nacional del Comahue.

Littmann W. (1988). *Polymer Flooding*. New York, USA: Elsevier Science Publishers. pp. 27-123.

Mucci M. (2006). *Daño de Formación y Estimulación Ácida*. Manual Interno Pride-San Antonio.

Nedjhioui M., Moulai-Mostefa N., Morsli A. & Bensmaili A. (2005). Combined effects of polymer/surfactant/oil/alkali on physical chemical properties. *Desalination* 185.

Peters J.E. (1991), *Petrophysics*. Texas, USA: Universidad of Texas at Austin.

Sheng J.J. (2001). *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery: Theory and Practices*. Oxford, UK: Elsevier.

Smitter L.M., Guédez L., Müller A.J. & Saez A.E. (2003). Interactions between poly (ethylene oxide) and sodium dodecyl sulfate in elongational flows. *Journal Colloid Interface Science* 236. pp. 343–353.

Torres L., Moctezuma A., Avendaño J.R., Muñoz A. & Gracida L. (2011). Comparison of bio- and synthetic surfactants for EOR. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 76. pp. 6-11.

2ITCQ. DECAIMIENTO EXPONENCIAL DE LA AMORTIGUACIÓN EN EL GOLPE DE ARIETE

P. G. Provenzano⁽¹⁾, F. J. Baroni⁽¹⁾, R. J. Aguerre^{(1)(2)*}

⁽¹⁾ Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján
Int. Ruta 5 y 7, 6700 Luján, Argentina.

⁽²⁾ Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón.
Cabildo 134, Morón, Buenos Aires, Argentina
e-mail: rojagu@unlu.edu.ar

Resumen: El Golpe de Ariete ó Ariete Hidráulico es un fenómeno transitorio, que se caracteriza por fluctuaciones bruscas de la presión, cuando es operada una perturbación en un sistema fluidodinámico. Apertura y cierre de válvulas, compuertas y otros dispositivos de control de flujo, cambios en la sección de un conducto, cambios en la dirección del flujo o variación de la densidad del fluido provocan el fenómeno. El interés en su estudio radica en los efectos destructivos e indeseables que produce en instalaciones hidráulicas, sistemas de impulsión y accesorios. Un aspecto estudiado durante las últimas cuatro décadas y no resuelto aún acabadamente en el modelado del fenómeno es la amortiguación de la onda de presión en el tiempo hasta su extinción.

Se ha desarrollado un procedimiento para el modelado de la atenuación de las ondas introduciendo el análisis de las curvas envolventes bajo la hipótesis que la atenuación de los picos de presión responden a una ley exponencial decreciente. Esta hipótesis se basa en la evidencia de atenuación exponencial que muestran fenómenos oscilatorios libremente amortiguados, cuyas características son análogas al Golpe de Ariete. Se probó la hipótesis modelando la amortiguación de los picos de presión con funciones exponenciales decrecientes mediante el Método de Mínimos Cuadrados.

1. Introducción

Todo modelo matemático debe describir el fenómeno estudiado con la mayor precisión posible. Un modelo *realístico* del Golpe de Ariete debe describir la *amortiguación* del fenómeno por lo tanto es necesario incluir los efectos disipativos, causantes de la *amortiguación*. La inclusión de estos efectos ha sido abordada primeramente mediante la incorporación de un término linealizado para incluir los esfuerzos viscosos en el modelo y poder resolverlo analíticamente (*Rich*(1945); *Tijsseling y Anderson* (2007)).

La aparición del computador entre las décadas de 1950 y 1960 permitió la realización de gran cantidad de cálculos en tiempos razonablemente breves, iniciando el camino de aplicación de los *Métodos Numéricos* en la resolución de modelos matemáticos complejos (*Abbott* (1966), *Harding* (1966)). El *Método de las Características* es una técnica particularmente apropiada para la solución de modelos diferenciales en derivadas parciales hiperbólicos (*Abbott* 1966); *Wylie y Streeter* (1993)). A esta clase de ecuaciones pertenecen los modelos de Golpe de Ariete. Estas nuevas posibilidades orientaron la investigación hacia el modelado del fenómeno incluyendo la amortiguación.

La extensa bibliografía que comprende los últimos 50 años indica que los esfuerzos han sido puestos mayoritariamente en mejorar este término a fin de lograr un mayor ajuste del modelo. Tradicionalmente se ha tomado el término de fricción no lineal propio del sistema en régimen estacionario para modelar la atenuación. Su resolución da resultados aceptables en transientes suaves pero se observan discrepancias en la atenuación y fase cuando el transiente es rápido. Si bien el primer pico de sobrepresión es descrito correctamente, las discrepancias aumentan progresivamente en los picos sucesivos (*Bergant y Simpson*

(2001); *Bergant y Tijsseling* (2001)) sin embargo éste es el modelo más difundido y se emplea desde hace cuatro décadas y hasta la actualidad en cálculos de ingeniería y en los paquetes de software.

El modelo de *Zielke* (1967) merece especial mención puesto que el término disipativo tiene en cuenta los cambios de velocidad en instantes pasados incorporando una función de peso. Éste ha sido diseñado para régimen laminar y describe el transitorio acabadamente en dicho régimen. En régimen turbulento, en cambio, no se ha logrado una descripción satisfactoria.

El modelo de *Fricción Transiente* (*Brunone, Golia y Greco* (1991)) para régimen moderadamente turbulento incorpora un segundo término sumado al término estacionario, que mejora notablemente el ajuste entre resultados computacionales y experimentales bajo la dependencia de un factor obtenido empíricamente mediante el coeficiente de decaimiento de Vardy, desarrollado para conducciones lisas y suaves (*Brunone, Golia y Greco* (1991); *Vardy y Hwang* (1991); *Bergant, Vitkovsky, Simpson y Lambert* (2001)), sin embargo se observa una discrepancia creciente de fase y amplitud con el transcurso del transitorio, especialmente en transientes de tipo rápido. Han sido formulados, recientemente, modelos analíticos que intentan describir el fenómeno volviendo a los intentos por modelar la atenuación mediante la introducción en el modelo de términos de fricción linealizados (*Asce, Yang, Zhang* (2003)).

2. Objetivos

- a) Formular un algoritmo analítico que describa la atenuación del Golpe de Ariete.
- b) Evaluar la bondad en el ajuste de la función exponencial decreciente en la descripción de la atenuación.

3. Metodología

Se formuló un algoritmo analítico para resolver el modelo de Golpe de Ariete (ecuaciones (1)) aplicando la *Transformada de Laplace*. La ley de cierre de válvula fue incluida en el algoritmo como condición de contorno mediante el mismo tratamiento. Se aplicaron los postulados del *Teorema de Cauchy* y de las *Funciones Integrales de Cauchy* en el campo complejo para operar la antitransformación y obtener la solución que describe la presión para todo punto de la conducción y todo instante de tiempo, durante el transitorio (ecuación (8)).

La segunda parte plantea el desarrollo de un algoritmo para el cálculo del coeficiente de pérdidas de carga F (que aparece en el factor exponencial de la solución obtenida (ecuación (8)) que incluye las propiedades disipativas del sistema e introduce el efecto de atenuación. Se trabajó con 13 registros empíricos de Golpe de Ariete, mediante el análisis de las funciones envolventes de cada uno, que aportan información sobre el efecto disipativo de la fricción y de otros agentes que contribuyen a la amortiguación del fenómeno. Se formuló como hipótesis que la atenuación del Golpe de Ariete sigue una ley exponencial decreciente, hipótesis fundada en los postulados de la *Teoría del Movimiento Vibratorio Libre Amortiguado* (*Hibbeler* (2004); *Mayer* (2002); *Aguilar Rosas* (2005)). Se verificó esa hipótesis mediante la estimación de la bondad del ajuste de los picos de presión transiente a la función exponencial aplicando el *Método de Mínimos Cuadrados*.

Modelo de Golpe de Ariete:

$$\frac{\partial p}{\partial x} + \delta \frac{\partial V}{\partial t} + FV = 0 \quad (a)$$

$$\frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial p}{\partial t} + \delta \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad (b)$$
(1)

donde F es el coeficiente de efectos disipativos.

Se introdujo un término que contempla los efectos disipativos ($F \cdot V$) a la ecuación de Cantidad de Movimiento (1a):

denominando $a = \frac{1}{\sqrt{Q \cdot \delta}}$ el modelo (1) queda:

$$\delta Q \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + FQ \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$$
(2)

Wood (1938), Rich (1945)

Se aplicó la Transformada de Laplace a la ecuación - modelo (2). Se incluyeron las condiciones iniciales y de contorno del sistema:

$$\text{para } t = 0, \quad V = V_0, \quad \frac{\partial V_0}{\partial t} = 0$$

Resolviendo se tiene:

$$A\beta \cosh\left(\beta \frac{x}{a}\right) + B\beta \sinh\left(\beta \frac{x}{a}\right) = 0$$
(3)

A y B , por ser constantes, pueden ser evaluadas tomando cualquier punto de la conducción, para la expresión (3).

Aplicando las condiciones de contorno (se ejemplifica con la ley de cierre instantánea):

$$\text{para } t > 0, \quad x = 0, \quad H = H_{\text{estática}} \quad (4)$$

$$\text{para } t > 0, \quad x = L, \quad V = 0 \rightarrow \bar{V} = 0$$

y evaluando en $x = 0$ se hallaron los valores de A y B :

$$A = 0; \quad B = -\frac{V_0}{s} \frac{1}{\cosh\left(\frac{\beta L}{a}\right)}$$
(5)

Reemplazando en la ecuación (3), se obtuvo la expresión de la presión transiente en el campo de la Transformada, \bar{P} :

$$\bar{P} = \frac{V_0 \beta \sinh\left(\beta \frac{x}{a}\right)}{Qs^2 \cosh\left(\beta \frac{L}{a}\right)} - \frac{FV_0 x}{s} + \frac{P_0}{s}$$
(6)

(Provenzano y col. (2010))

Antitransformada

Aplicando a la ecuación (6) el procedimiento de antitransformación basado en las integrales de Cauchy, en el campo complejo, se obtuvo:

$$p(x,t) = P_0 - V_0 Fx + \frac{2V_0 a}{QL} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{\left\{ \left[\left[(2n-1) \frac{\pi a}{2L} \right]^2 - \left(\frac{F}{\delta} \right)^2 \right]^{1/2} - \frac{F}{\delta} \right\} \sin \left\{ \left[\left[(2n-1) \frac{\pi a}{2L} \right]^2 + \left(\frac{F}{\delta} \right)^2 \right]^{1/2} t \right\} \sin \left[(2n-1) \frac{\pi x}{2L} \right] e^{-\frac{1F}{2\delta} t}}{\sqrt{2} \left\{ \left[\left[(2n-1) \frac{\pi a}{2L} \right]^2 + \left(\frac{1F}{2\delta} \right)^2 \right]^{1/2} + \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right) \frac{F}{\delta} \right\} + \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{F}{\delta} \right)^2} \quad (7)$$

Ecuación-solución que describe la presión *transiente* con amortiguación.

El factor exponencial en el numerador aparece naturalmente en el desarrollo de la antitransformada y modela la *amortiguación* del fenómeno. El *coeficiente de pérdida de carga, F*

Cálculo del coeficiente *F*

Para determinar el valor del coeficiente *F* se recurrió a la información que proveen las curvas envolventes sobre la atenuación del fenómeno. Se observó que existe una estrecha relación de dependencia de las envolventes respecto a todos los factores que introducen disipación de energía. El análisis realizado se basó en la determinación cualitativa y cuantitativa de esa relación (*Provenzano y col. (2010)*).

El tema en debate ha sido comprobar que la atenuación del Golpe de Ariete en el tiempo sigue una ley exponencial. Se analizaron las condiciones que definen a este fenómeno:

$$\begin{aligned} \text{en:} \quad & t = \tau, \quad y(t) = y_{\text{máximo}} \quad (\text{postulado de Allievi}) \\ & t = \infty, \quad y(t) = 0 \\ & t = \infty, \quad \frac{dy}{dt} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Numerosas funciones cumplen la 1° y 2° condiciones propias del Golpe de Ariete sin embargo, la 3° condición la cumplen las funciones *exponencial* e *hiperbólica* solamente. Por otra parte el Golpe de Ariete cumple las mismas condiciones de los fenómenos oscilatorios con oscilación libre amortiguada (*Provenzano y col. (2010)*)

La evidencia de decaimiento exponencial en la atenuación del fenómeno, expuesta arriba, orientó el trabajo a desarrollar el modelado de las envolventes con funciones exponenciales. Se emplearon 13 registros experimentales que pertenecen a una diversidad de sistemas hidráulicos cuyas dimensiones van desde sistemas de laboratorio a tramos de red de distribución de agua potable, con régimen de flujo laminar, moderadamente turbulento y declaradamente turbulento. Se realizó el ajuste de la envolvente mediante la función *exponencial*, aplicando el método de *Mínimos Cuadrados*. Se obtuvo la expresión correspondiente a cada envolvente, el factor de amortiguación γ de cada una fue tabulado y se determinó el *Coeficiente de Determinación R^2* para estimar la bondad del ajuste. Los resultados se muestran en la tabla 1.

TABLA 1

N°	Reynolds number (Re) (15°C)	γ [s ⁻¹]	R^2	Fuente: registros experimentales de Golpe de Ariete extraídos de los siguientes trabajos:
1	10,776.10 ³	0.3560	0.9981	<i>Mitosek PDM (1998)</i>
2		0.0441	0.9980	<i>Mitosek (2000) Registro 1</i>
3	51,502.10 ³	0.0701	0.9960	<i>Brunone (2000)</i>
4	3,750.10 ³	0.2348	0.9958	<i>B. & Tijsseling (2001) caso 2</i>
5	9,821.10 ³	0.2237	0.9949	<i>Lai (1961) (caso 1)</i>
6	0,950.10 ³	0.3888	0.9662	<i>Lai (1961) (caso 5)</i>
7	0,816.10 ⁶	0.0801	0.9920	<i>Mendiluce (1987)</i>

8	$0,082 \cdot 10^3$	1.8785	0.9972	Zielke (1967)
9	$8,393 \cdot 10^3$	0.0520	0.9937	Ghidaoui (2002) Registro 1
10	$8,393 \cdot 10^3$	0.0854	0.9969	Ghidaoui (2002) Registro 2
11	$0,669 \cdot 10^6$	0.0117	0.9948	Bong S. Jung (2006) Reg 1
12	$0,669 \cdot 10^6$	0.0067	0.9357	Bong S. Jung (2006) Reg 2
13	$1,739 \cdot 10^3$	0.0054	0.9918	Wu y Ferng (1998)

De los 13 casos, 8 presentan régimen turbulento. En todos, R^2 ha superado el valor 0,9 siendo 0,9357 el menor valor registrado, y 11 de los 13 casos estudiados ha superado el valor 0,99 indicando que la función exponencial es una buena aproximación de las envolventes.

Los resultados tabulados y las condiciones de contorno arriba expuestas se satisfacen mediante la función exponencial y permitieron realizar el análisis de las envolventes bajo la hipótesis de decaimiento exponencial de la presión para todo régimen de flujo.

4. Resultados

Se exponen tres de los casos analizados en TABLA 1

FIGURA 1 (Mitosek - 1998)

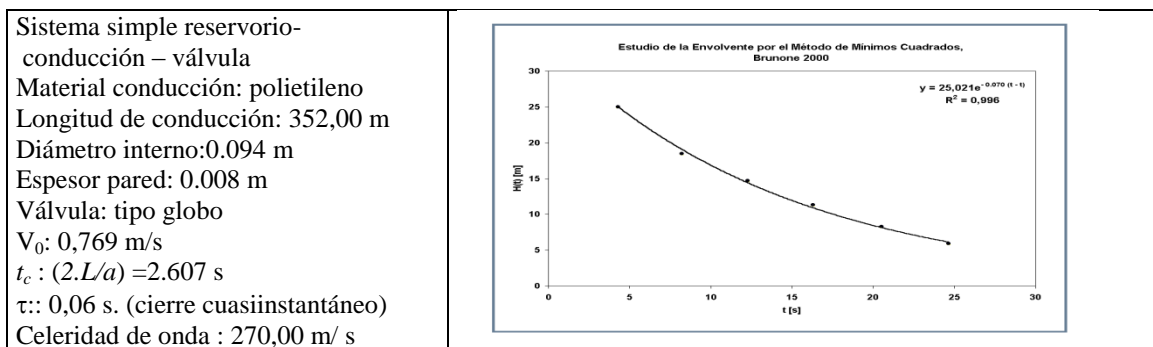


FIGURA 2 (Brunone - 2000)

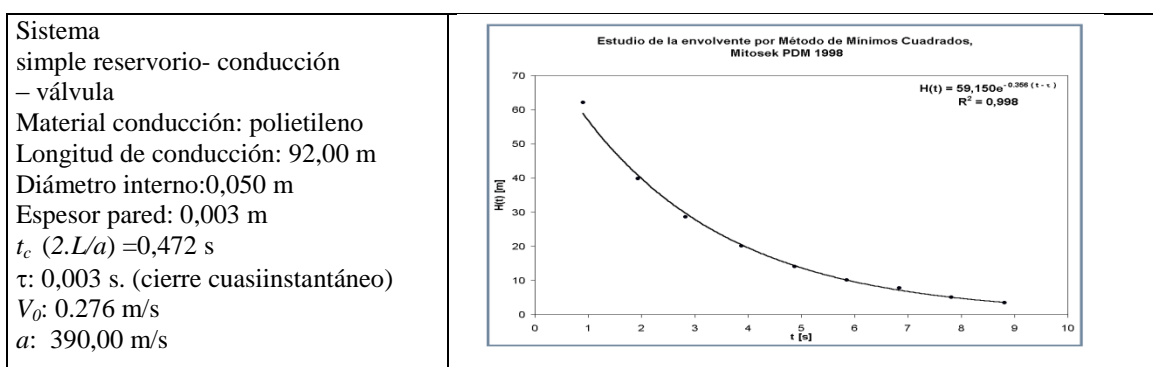


FIGURA 3 (Mendiluce - 1987)

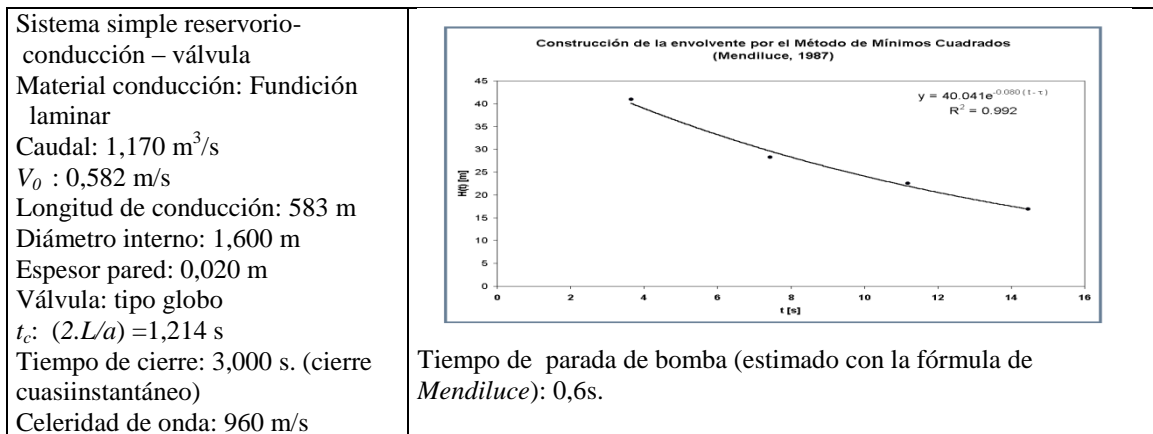
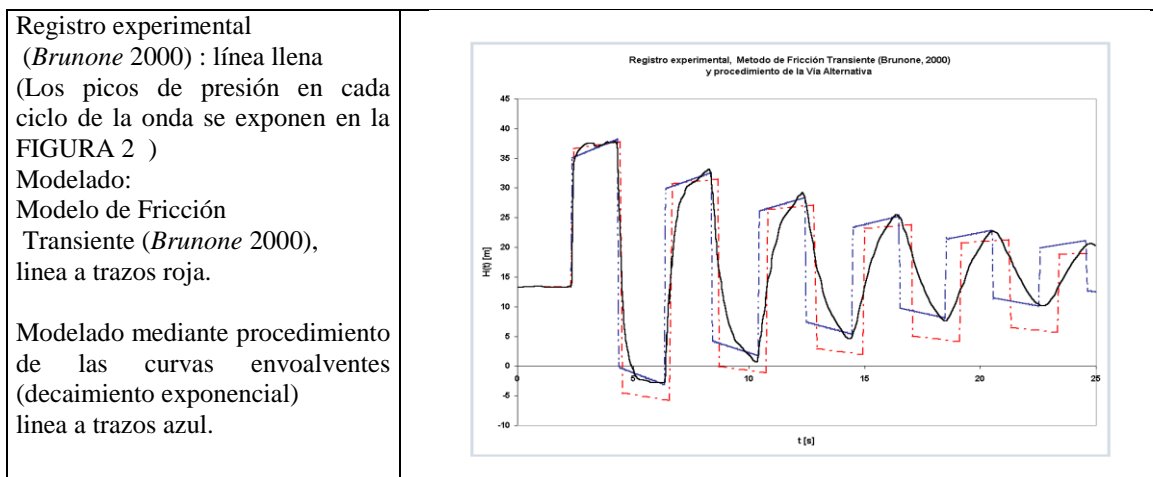


FIGURA 4 Modelado de registro experimental de Ariete Hidráulico aplicando la hipótesis de decaimiento exponencial de la envolvente superior



5. Conclusiones

La introducción de los efectos disipativos en el modelo matemático de Golpe de Ariete, mediante un término lineal ($F.V$), permite aplicar un tratamiento analítico para su resolución, introduciendo ventajas importantes respecto de la aplicación de los métodos numéricos, que incorporan propagación de errores. Otra ventaja del método analítico es la posibilidad de obtener valores en todo punto a lo largo de la conducción, desde su embocadura con el tanque hasta el extremo donde se emplaza la válvula, como un continuo, en relación a la discretización del conducto que es necesaria para aplicar el algoritmo numérico en el análisis del fenómeno. El factor que modela la amortiguación es exponencial (allí aparece el coeficiente de pérdida de carga F en forma natural, en la ecuación-solución (7)).

La cuantificación del coeficiente F se realizó introduciendo el análisis de las curvas envolventes, que observan una dependencia cerrada respecto de los efectos disipativos. El ajuste practicado mediante el *Método de Mínimos Cuadrados* permitió probar la hipótesis de decaimiento exponencial de la amplitud de las oscilaciones de presión, mostrando una bondad en el ajuste superior a 0,93 en todos los casos, tanto para flujo laminar como para moderadamente turbulento, y turbulento. Se logra un ajuste en la descripción de la

atenuación del fenómeno, como muestra la figura 4. Esto permite decir que el cálculo del coeficiente F por los métodos arriba expuestos se presenta como una alternativa interesante en el ajuste del modelado de la atenuación, por la sencillez de los modelos que describen a las envolventes, y porque se incluyen todos los efectos que producen disipación, en contraste con la mayoría de los modelos vigentes que sólo incluyen a la fricción en la descripción de la amortiguación del transitorio

6. Bibliografía

- Abbott, M (1966), *'An introduction to the Method of Characteristics'*, American Elsevier, New York.
- Allievi, L. (1903), *'Notes I-IV'*, in *'Theory of Waterhammer'*, by E. Holmes, R. Garoni, Rome, 1925.
- Asce, L; Yang, K. ; Zhang, L. (2003) *'Analytical Solution for Fluid- Structure Interaction in Liquid-Filled Pipes Subjected to Impact-Induced Water Hammer'* Journal of Engineering Mechanics, ASCE 129, 12, 1408.
- Aguilar Rosas, J.(2005). Análisis de las Energías en el Movimiento Oscilatorio Amortiguado. *Depto. de Matemáticas y Física* Universidad Nacional de Guadalajara México.
- Bergant A.; Simpson, A. Vitkovsky J, Lambert, J (2001) *'Developments in Unsteady Pipe Flow Friction Modeling'* Journal of Hydraulic Research, 39 (3) pages 249-257
- Bergant, A. & Tijsseling, A. (2001) *'Parameters Affecting Water Hammer Wave Attenuation, Shape and Timing'* 10th International Meeting of the Work Group on The Behaviour of Hydraulic Machinery Under Steady Oscillatory Conditions. Trondheim, Norway
- Bong Seong Jung y col. (2006) *'Hydraulic Optimization of Transient Protection Devices Using GA and PSO Approaches'*, Journal of Water Resourcing Planning and Management, ASCE, febrero de 2006, pages. 44 - 52
- Brunone, B., Golia, U.M., y Greco, M. (1991). *'Some remarks on the momentum equation for fast transients. Int. Meeting on Hydraulic Transients with Column Separation'*, 9th Round Table, IAHR, Valencia, Spain, 140- 148.
- Brunone, B. (2000) *'Velocity Profiles and Unsteady Pipe Friction in Transient Flow'*, Journal of Resources Planing and Management, pages 236 – 144.
- Guidaoui, M. y col. (2002) *'Applicability of Quasisteady and Axisymmetric Turbulence Models in Water Hammer'* Journal of Hydraulic Engineering , octubre de 2002, pp 917 - 924
- Harding, D.A. (1966), *'A Method of Programming Graphical Surge Analysis for Medium Speed Computers'*, Proc. I.Mech.E., Vol 180, Part 3E, 1965- 1966, pages. 88-103.
- Hibbeler, R. C. (2004) *'Mecánica Vectorial para Ingenieros - Dinámica'* 10^o Ed. Cap. 22 Ed. Pearson (Prentice Hall).
- Lai, Ch. (1961) *'A Study of Water Hammer Including Efect of Hydraulic Losses'*, Thesis - Department of Civil Engineering – University of Michigan.
- .Mayer, O. E. (2002) *'Vibraciones'* Texto Teórico de la saignatura Mecanismos B, Cátedra de Mecánica Aplicada, Depto. de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería de la UBA.
- Mendiluce Rosich, E. *'El Golpe de Ariete en Impulsiones'*- II ed. -1987- Ed. Bellisco.
- Mitosek, M; Chorzelky M; Malesinsca, A (1998) *'Experimental Analysis of Natural Velocity of Water Column due to Water Hammer in Series Pipe Systems'* Warsaw University of Technology.

- Provenzano, P.; Baroni, F.; Aguerre R. (2010) '*Inclusión de Los Efectos Disipativos En El Golpe de Ariete Mediante el Modelado de las Curvas Envolventes*' Proceeding del VI Congreso Argentino de Ingeniería Química – Mar del Plata – Argentina
- Rich, G. (1945), '*Waterhammer Analysis by Transformation*', Trans. ASME.
- Tijsseling, A. S. y Anderson A. (2007) '*Johannes von Kries and the History of Water Hammer*' Journal of Hydraulic Engineering. Volume 133, Issue 1, pp. 1-8 (January 2007)
- Vardy A. y Hwang K. (1991) '*A Characteristic Model of Tansient Friction in Pipes*', Journal of Hydraulic Research, Delft, The Netherlands, vol 29, pags 669 – 684..
- Wood, F. (1938), '*The application of the Heavyside's Operational Calculus to the Solution of Problems in Water Hammer*', Trans. ASME vol. 59
- Wyllie, B., Streeter, V. Lisheng, S. (1993) '*Fluid Transients in Systems*', Cap. 2, 3, 12 y 13. Ed. Prentice Hall Inc.
- Zielke, W. (1967) '*Frequency Dependent Friction in Transient Pipe Flow*', Journal of Basic Engineering, Transaction of the ASME., Vol. 90, Ser. D, No. 1, pags. 109-115,

22TCQ. ENCAPSULADOS DE MINERALES EMPLEANDO ALGINATO DE SODIO

CAMPAÑONE L.^{1,2}, BRUNO E.^{1,3} y MARTINO M.^{1,2}

1CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos) (CCT La Plata –CONICET y UNLP), 2 Facultad de Ingeniería, 3 Facultad de Ciencias Veterinarias. La Plata (1900)-Argentina- lacampa@ing.unlp.edu.ar

Resumen: La encapsulación es una técnica que se aplica para proteger compuestos activos sólidos, líquidos o gaseosos de interacciones con el medio circundante. Estos sistemas tienen la propiedad de preservar la estabilidad de las sustancias activas y liberarlas controladamente. Resulta de interés proteger minerales como sales de Ca, Fe, Zn para enriquecer la ingesta diaria. La encapsulación permitiría aumentar su ingesta enmascarando el sabor de la sal, sin perder el sabor original del alimento fortificado. Una aplicación suplementaria, basada en las marcadas propiedades dieléctricas de las sales, es la incorporación de estos encapsulados en alimentos destinados al calentamiento en hornos microondas. Existe evidencia científica que las sales interactúan con las microondas debido a su comportamiento iónico. En este trabajo se desarrolló una formulación utilizando sales de sulfato de Zn, sulfato de Fe y alginato de Na para formar cápsulas de hidrogeles. Para mejorar las propiedades mecánicas, una partida de muestras fue sumergida en CaCl₂ (cápsulas de alginato Zn-Ca, alginato Zn-Fe-Ca). Las cápsulas se caracterizaron a través de los perfiles de textura (TPA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). A través del TPA se observó que la presencia de Ca aumenta la resistencia mecánica de las cápsulas. Los termogramas de DSC revelan diferencias en los comportamientos de los tres tipos de encapsulados (AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca). Durante el calentamiento empleando microondas se observó que las cápsulas de alginato de Zn-Ca y Zn-Fe-Ca sumergidas en agua producen un aumento significativo en la temperatura interna.

1. Introducción:

Los aditivos sensibles (vitaminas), reactivos (antioxidantes) o minerales de sabores desagradables pueden revertir estos inconvenientes cuando son encapsulados. La encapsulación es un proceso en el cual se aplican recubrimientos de polímeros a pequeñas partículas sólidas, gotas de líquidos o gases que quedan contenidas dentro de las paredes de la cápsula, en algunos casos una pequeña porción del material activo puede permanecer expuesta en la superficie (Shahidi y Han, 1993; Deladino y col., 2008). Esta técnica es muy aplicada en la industria farmacéutica. En el caso de la industria alimentaria permitirá no sólo agregar valor a un alimento, sino que es fuente de nuevos ingredientes con propiedades únicas. Este método ofrece además, la ventajas de mantener un producto atrapado y ser liberado en forma controlada dentro del organismo humano.

Un mineral muy interesante para la nutrición humana es el Zn. Este es uno de los elementos esenciales que participa en procesos bioquímicos necesarios para el desarrollo de la vida; entre éstos cabe destacar la respiración celular, la reproducción tanto de ADN como de ARN, el mantenimiento de la integridad de la membrana celular y la eliminación de radicales libres, proceso que se hace a través de una cascada de sistemas enzimáticos (Fennema, 1993). El zinc está extensamente distribuido en alimentos, pero tal como ocurre con otros elementos, los contenidos son bajos y variables, teniendo en consideración que es un elemento necesario para

las funciones orgánicas. Por otro lado, el Fe también es un nutriente esencial, su deficiencia provoca anemia, alteraciones de la respuesta inmune, como así también del desarrollo cognitivo en niños (Fennema, 1993). La encapsulación permitiría aumentar las ingestas diarias de ambos minerales sin modificar el sabor original de la preparación.

Otra aplicación adicional, basada en las marcadas propiedades dieléctricas de las sales, sería la incorporación de estos encapsulados en alimentos destinados al calentamiento en hornos microondas. Existe evidencia científica que las sales interactúan con las microondas debido a su comportamiento iónico, ya que las sales conforman moléculas polares que tienden a orientarse en la dirección del campo y cuando el mismo es alternante, las moléculas colisionan transfiriendo energía térmica a sus vecinas y luego a todas las partes del material por conducción térmica (Wong y col., 2002; Datta y col., 2005).

En literatura no se dispone de información del comportamiento de los alimentos enriquecidos con sales encapsuladas durante el calentamiento con microondas. Por lo tanto es de interés estudiar el aumento de la temperatura interna durante este proceso, como así también la variación de las propiedades estructurales del encapsulado debido al calentamiento.

2. Objetivos:

- 1) Caracterizar los hidrogeles de alginato de Zn, Zn-Ca o Zn-Fe-Ca a través de sus propiedades texturales (TPA) y físicas (DSC).
- 2) Evaluar el efecto de la presencia de cápsulas de hidrogeles en el aumento de la temperatura interna de agua conteniendo las cápsulas, cuando el sistema es sometido al calentamiento mediante microondas.

3. Métodos:

Formulación y preparación de los encapsulados

Para formular los hidrogeles se utilizaron sulfato de Zn heptahidratado (Biopack, Argentina) (0.1 g/ml) y sulfato de Fe heptahidratado (Anedra, Argentina) (0.1 g/ml). Para la formación de las cápsulas, se empleó alginato de Na (Aldrich, USA) y CaCl_2 (Cicarelli, Argentina). Las cápsulas fueron preparadas con una solución de alginato de Na al 2% utilizando una bomba (Minipuls 2 Gils, Francia) en condiciones controladas. Las cápsulas se formaron por goteo del alginato de Na en la solución de sal de Zn (AZn) y en una mezcla equivolúmica de sales de Zn y Fe (AZn-Fe) preparadas con una concentración de 0.1 g/ml. Para mejorar las propiedades mecánicas, las cápsulas se sumergieron en CaCl_2 (0.05 M) durante 15 minutos, obteniéndose capsulas AZn-Ca y AZn-Fe-Ca. De esta forma se obtuvieron cápsulas de hidrogeles de alginato de Zn, Zn-Ca y Zn-Fe-Ca.

Posteriormente fueron filtradas y lavadas con agua destilada y mantenidas a 4°C hasta realizar los ensayos.

Determinación del contenido de Zn y Fe de las cápsulas

Se determinó el contenido de Zn y Fe contenidos en las cápsulas por espectrofotometría de absorción atómica por llama directa, según las especificaciones del Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA (1998); previa digestión ácida de las muestras según el Método 25005 (AOAC).

Textura de las cápsulas

Se empleó un texturómetro TA.XT 2i (Stable Micro Systems, UK) para obtener los perfiles de compresión (TPA). Este ensayo consistió en dos ciclos consecutivos de compresión de cápsulas de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca colocadas en cajas de Petri de diámetro superior a la sonda de medición (2.5cm). A partir del gráfico de fuerza en función del tiempo provisto por el equipo se obtuvieron los parámetros característicos de las diferentes muestras (dureza, cohesividad y consistencia). La dureza se define físicamente como la fuerza máxima del primer ciclo de compresión ejercida sobre la muestra. La cohesividad representa el grado de deformación de la masa después de la ruptura y la consistencia representa la resistencia de la masa a dos ciclos de compresión. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Caracterización fisicoquímica de las cápsulas

La estabilidad térmica de las muestras se realizó empleando calorimetría diferencial de barrido (DSC Q100, TA Instruments, USA). El ensayo de DSC se llevó a cabo desde 20 °C hasta 290 °C a una velocidad de calentamiento de 10°C/min. Aproximadamente 5mg de muestras secas se colocaron en cápsulas herméticas. Se empleó como referencia una cápsula vacía. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Calentamiento de sistemas modelos empleando microondas

Un horno microondas (BGH, potencia nominal 1000 W, frecuencia 2450 MHz) se usó para el calentamiento de agua conteniendo cápsulas de hidrogeles de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca. La temperatura del líquido durante el calentamiento se midió con un sensor óptico (Fiso Technol. Inc, Canadá). El mismo permitió la adquisición de los valores de temperatura en función del tiempo.

4. Resultados:

Con respecto al contenido de minerales de las cápsulas, se hallaron valores medios de Na proveniente del alginato de 4.5-7.2 g/kg, 51,8 g/kg de Zn y 42,3 mg/kg de Fe.

A partir de los ensayos de textura, en la **Tabla 1** se presentan los valores de dureza, consistencia y cohesividad. Se observa que las cápsulas de AZn, AZn-Ca y AZn-Fe-Ca presentan mayor dureza, consistencia y cohesividad antes de ser sometidas al calentamiento por microondas. Además se observó que la incorporación de Ca y Fe a las cápsulas de alginato de Zn antes del tratamiento, provoca un aumento de la dureza y consistencia, no ocurre lo mismo después del tratamiento, donde la tendencia no es tan marcada.

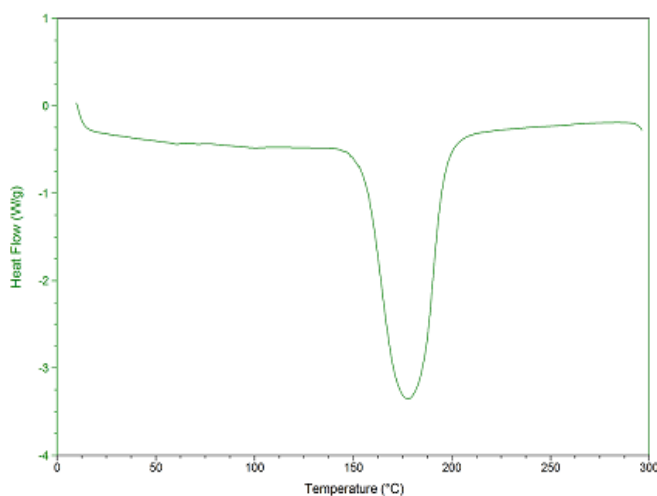
Tabla 1- Parámetros de Textura de las cápsulas antes (AM) y después (DM) del calentamiento con microondas.

Parámetros	AZn	AZn-Ca	AZn-Fe-Ca
Dureza (AM)	2.71	5.05	11.39
Dureza (DM)	17.17	12.05	12.00

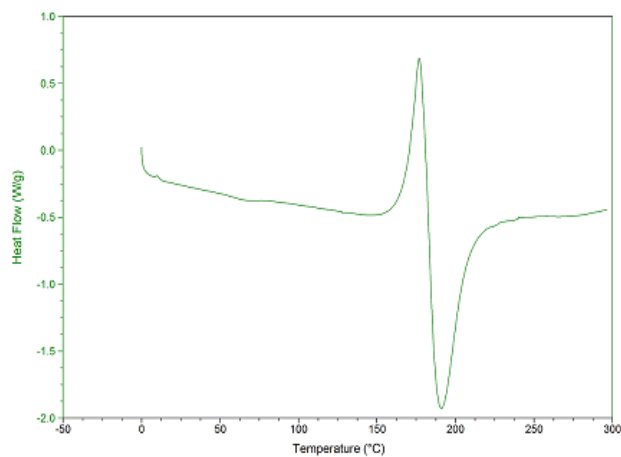
Consistencia (N) (AM)	1.42	2.57	6.20
Consistencia (N) (DM)	8.63	6.05	6.25
Cohesividad (AM)	0.037	0.019	0.09
Cohesividad (DM)	8.63	6.17	6.48

El estudio calorimétrico (DSC) permite conocer la estabilidad de las cápsulas durante el calentamiento. En la **Figura 1** se observa que las cápsulas de AZn mostraron un solo pico correspondiente a la transformación endotérmica, con un valor de temperatura de pico de 181.01 °C, mientras que las cápsulas de AZnCa presentaron un pico equivalente a 177.54 °C y otro menor entalpía que correspondería al Ca a 213.69°C (**Figura 2**). En un trabajo previo realizado en el laboratorio, cápsulas de alginato de Ca control y conteniendo extractos de antioxidantes de yerba mate mostraron un pico a 205°C atribuido al alginato de Ca (Deladino y col, 2009). La **Figura 3** presenta las curvas obtenidas para las cápsulas de AZn-Fe-Ca. En la **Figura 3 a**, se observa un pico a 100 °C atribuido a la presencia de Fe, el mismo se corre a 150 °C después del tratamiento térmico. Además se presentan los picos correspondientes al Zn y al Ca. Por último en la **Figura 4** se muestra el calentamiento de muestras con distinto contenido de iones metálicos. Se observa que el ion Zn es el responsable del efecto de la transformación de la energía radiante en térmica debido a la interacción con las microondas. La incorporación de Ca provoca un incremento de la temperatura con respecto a las cápsulas de AZn, verificando la interacción de los iones con la radiación. Además, el ión Ca mejora las características texturales contribuyendo a una mayor dureza, lo que facilitaría el manejo posterior de las cápsulas; además del aporte de otro mineral, sin perjuicio en el contenido de Zn de las mismas.

Sin embargo, la incorporación del tercer ión (Fe) no produjo un aumento significativo de la temperatura. Esto se puede atribuir a una disminución en la movilidad de los iones debido a la presencia simultánea tres tipos de iones dentro de la cápsula. Trabajos posteriores permitirán verificar dicha hipótesis.

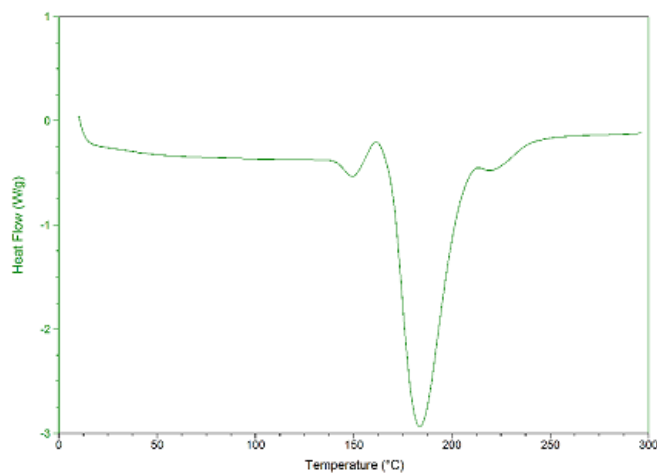


(a)

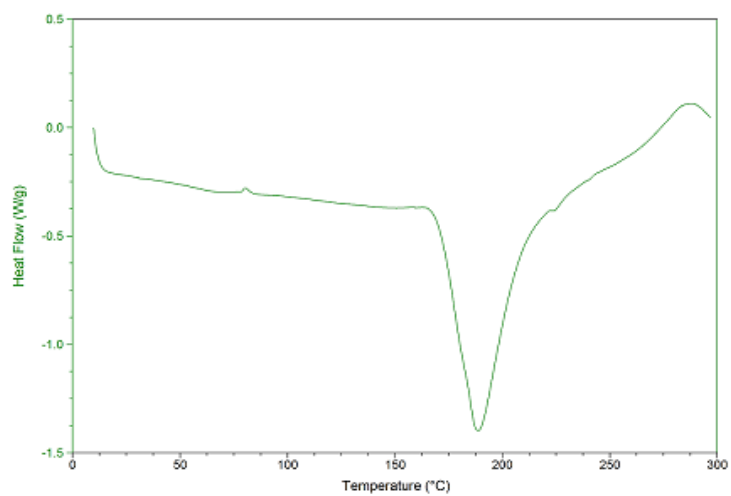


(b)

Figura1- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn (AZn) a) antes y b) después del microondas

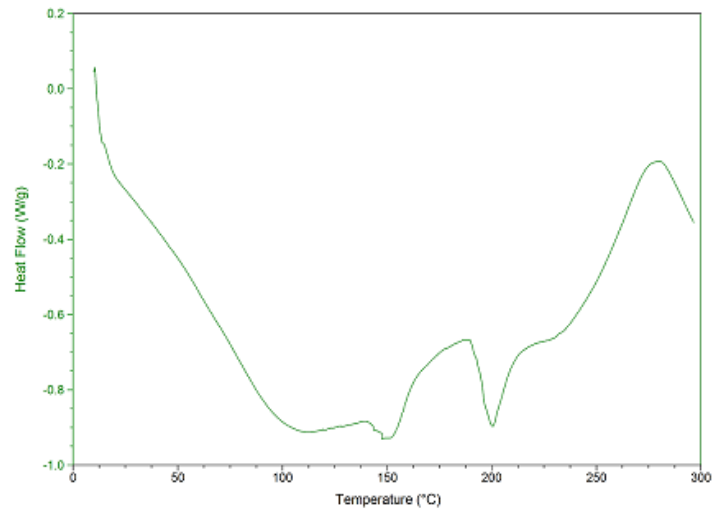


(a)

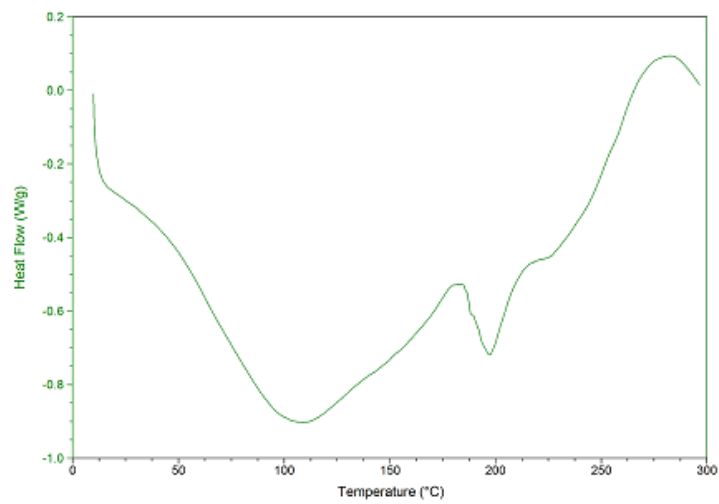


(b)

Figura2- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn-Ca (AZnCa) a) antes y b) después del microondas



(a)



(b)

Figura3- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn-Fe-Ca (AZnFeCa) a) antes y b) después del microondas

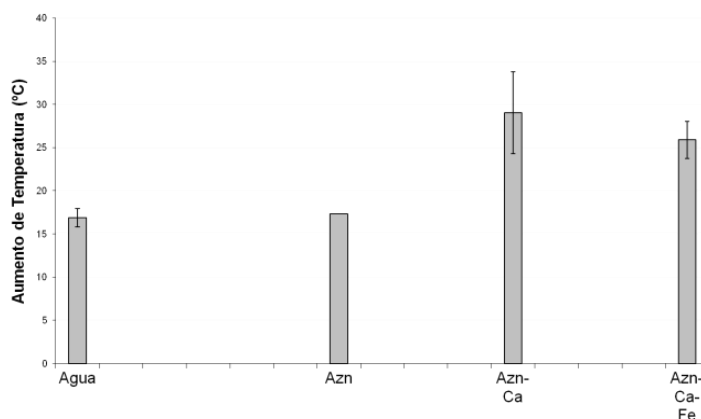


Figura 4: Aumento de temperatura debido al calentamiento de las cápsulas de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca

5. Conclusiones:

A través del TPA se observó que la presencia de Ca aumenta la resistencia mecánica de las cápsulas. Los termogramas de DSC revelan diferencias en los comportamientos de los tres tipos de encapsulados. Por último, se evaluó la respuesta de una solución acuosa conteniendo los hidrogeles de alginato con iones Zn, Ca y Fe durante el calentamiento con microondas; observándose un aumento significativo en la temperatura interna de soluciones acuosas a medida que se incorporaban iones metálicos al encapsulado con respecto al control.

6. Bibliografía:

- Datta A.K. y Anantheswaran R.C. (2005). *Handbook of microwave technology for food applications*. Marcel Dekker Inc. USA.
- Deladino L., Anbinder P.S., Navarro A.S. y Martino M.N. (2008). Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*, 71, 126.
- Deladino L., Anbinder P.S., Navarro A.S. y Martino M.N. (2009). Caracterización físico-química y liberación de extractos de yerba mate encapsulados". En *Actas del III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos en (CD)*, Córdoba, 15 al 17 de abril 2009.
- Fennema (1993). *Química de los alimentos*. Marcel Dekker, USA.
- Sahidi F y Han X (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6),501.
- Wong T.W., Chan L.W., Kho S.B. y Heng P.W.S. (2002). Design of controlled release solid dosage forms of alginate and chitosan using microwaves. *Journal of Controlled Release*, 84, 99.

23TCQ. ESTIMACIÓN DE DENSIDAD MEDIANTE ÍNDICE DE CONECTIVIDAD MÁSCO EN LÍQUIDOS IÓNICOS PRÓTICOS POLIELECTROLÍTICOS

M. IGLESIAS¹; S. MATTEDI¹ J.O. VALDERRAMA^{2,3}

(1) Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador-Brasil; (2) Dpto. de Ing. Mecánica, Univ. de La Serena, La Serena-Chile; (3) Centro de Información Tecnológica, (CIT), La Serena-Chile (E-mail: jvalderr@userena.cl; cespindola@userena.cl)

Resumen: En este trabajo se aplican algunos modelos generalizados para la estimación de la densidad de líquidos iónicos próticos a distintas temperaturas. A diferencia de los líquidos iónicos apróticos, estos líquidos iónicos tienen estructura carbonada en ambos iones, presentando carácter alifático (2-HDEAMa, 2-HDEAFu) o aromático (2-HDEABe, 2-HDEAFt) en el anión. Diversas publicaciones previas de los autores ponen de manifiesto su aplicabilidad en diferentes áreas tecnológicas (separación, catálisis, energía, etc), así como su bajo coste de producción y carácter biodegradable en el medio ambiente.

1. Introducción:

Las ventajas de los líquidos iónicos próticos se han puesto de manifiesto en los últimos años, debido a su menor coste, síntesis química simple y mejor perfil toxicológico y de biodegradación (Greaves y Drummond, 2008; Peric et al., 2011). Conseguir que los líquidos iónicos próticos sean implementados en nuevos procesos industriales sostenibles, precisa del conocimiento de propiedades físico-químicas no siempre disponibles pero imprescindibles debido a políticas y legislaciones (normativa REACH en la Unión europea) orientadas a auditar la Industria Química para disminuir su impacto ambiental y social. Por ello, los métodos de estimación son herramientas imprescindibles en la Industria Química, permitiendo disponer de valores de magnitudes físicas para uso ingenieril, cuando éstas no están en la literatura científica o son de difícil medición. La densidad es una de esas propiedades básicas que son requeridas en numerosos cálculos de procesos o para la estimación de otras propiedades (Reid et al., 1987).

En la literatura hay varios modelos empíricos y semi-empíricos para estimar la densidad de líquidos orgánicos, pero existen menos modelos para líquidos iónicos. El objetivo del modelado es poder predecir la densidad de cualquier líquido iónico basado en unas pocas propiedades medibles o calculables de los líquidos iónicos. En esta línea un modelo presentado por uno de los autores (Valderrama y Rojas, 2010) parece ser adecuado para la predicción de la densidad de líquidos iónicos próticos para los que otros autores han determinado valores experimentales en función de la temperatura.

Los líquidos iónicos próticos presentados en este trabajo tienen una estructura carbonada en ambos iones, presentando una estructura en el anión de carácter alifático (2-HDEAMa, 2-HDEAFu) o aromática (2-HDEABe, 2-HDEAFt) de la forma:



donde si X=1, Y=1 y R es un grupo fenilo y si X=2, Y=2 y R es un grupo fenilo o alifático insaturado

En este trabajo se usan nuevos datos experimentales de cuatro líquidos iónicos de naturaleza prótica, no contenidos en la base de datos usada para la determinación de parámetros de los modelos de densidad. Los LI son: (2-hidroxidietilamin maleato (2-

HDEAMa), 2-hidroxietilamin fumarato (2-HDEAFu), 2-hidroxidietilamin benzoato (2-HDEABe) y 2-hidroxidietilamin ftalato (2-HDEAFt)), que han sido sintetizados y analizados por los autores.

2. Materiales y Métodos:

El reactivo 2-etanolamina se obtuvo de Aldrich con pureza 99 % en peso y los ácidos orgánicos se obtuvieron de Sigma con pureza 99.5 % en peso. Los reactivos se usaron sin purificación posterior debido a que el agua que contenían (<0.5 %) se retiró después de la síntesis, durante el proceso de purificación. Durante los experimentos de síntesis se comprobó la pureza de los reactivos, mediante mediciones de densidad y velocidad de sonido.

Las densidades de los líquidos iónicos puros se midieron con un densímetro DSA-5000 digital (Anton Paar, Germany). La incertidumbre fue ± 0.01 K para la temperatura y $\pm 2.10^{-6}$ g.cm⁻³ para las mediciones de densidad. Se usó aire deshumidificado y agua destilada como fluidos de referencia para el calibrado del equipo en las temperaturas de trabajo. Las muestras de líquido iónico fueron termostalizadas para medición mediante un baño termostático Frigiterm (J.P. Selecta S.A., España) con estabilidad de temperatura ± 0.1 K.

Espectroscopía FT-IR: Los espectros FT-IR se obtuvieron con un Varian FT-IR 670 en intervalo medio y alto del rango IR del espectro (7.900-20 cm⁻¹), usando el método ATR. El equipo tiene una resolución de 0.10 cm⁻¹ y una relación señal-ruido de 5 s de 12.000:1 con 75 % de atenuación de luz.

Espectroscopía NMR: Todos los ensayos de NMR se realizaron a 298 K en un espectrómetro 11.7 T Varian Inova-750 (operando a 750 MHz de frecuencia de protón). Los espectros se procesaron con el software Mestre-C.

La muestra de líquido iónico (tubo de 5 mm para NMR) se introdujo coaxialmente con la referencia standard (ácido deuterado 3-(Trimethylsilyl)- Propionico (TSP) 0.1 M en DMSO). La señal para TSP a ~0 ppm se usó como referencia para la determinación de las concentraciones absolutas en el espectro 1D de protón. La integración de las señales ¹H-NMR de TSP en el tubo capilar se calibraron respecto una muestra de 0.2 M de sucrose disuelta en D₂O.

Preparación de líquidos iónicos: Se colocó en un balón de triple boca con condensador de reflujo, la cantidad necesaria de 2-etanolamina. La temperatura del proceso se controló con una sonda PT-100, agregándose el correspondiente ácido mediante un embudo de decantación. Todo el sistema se montó en un sistema de baño termostalizado para garantizar la refrigeración del proceso. Se agregaron los ácidos en el balón, gota a gota con agitación de barra magnética. La reacción es una simple neutralización Brønsted ácido-base, creando una sal de 2-etanolamina. Estas reacciones son, normalmente, muy exotérmicas por lo que es conveniente un control adecuado de temperatura, de otra manera puede producirse la deshidratación de la sal dando la correspondiente amida, como en el caso de las sales de nylon (sales de diaminas con ácidos carboxílicos). El color de los líquidos iónicos varía de transparente a marrón oscuro, una vez completado el proceso de purificación (agitación fuerte y leve calentamiento durante 48 h). A fin de disminuir la cantidad de agua, se secó el líquido iónico durante otras 48 h a temperatura ambiente y vacío de 20 kPa con agitación antes de su uso. La medición de propiedades físicas garantiza la pureza del líquido iónico, posteriormente a su purificación. Algunos valores experimentales, seleccionados del conjunto total estudiado, se muestran en la Tabla 1

Tabla 1: Valores experimentales seleccionados de densidad de los cuatro líquidos iónicos estudiados en este trabajo

T(K)	2-HDEAMa	2-HDEAFu	2-HDEABe	2-HDEAFt
338,2	1,2662	1,2521	1,1728	1,2363
334,2	1,2681	1,2543	1,1754	1,2387
330,9	1,2699	1,2562	1,1775	1,2409
327,2	1,2720	1,2584	1,1799	1,2432
323,7	1,2740	1,2604	1,1822	1,2454
318,9	1,2770	1,2630	1,1853	1,2482
318,7	1,2771	1,2632	1,1855	1,2484
313,7	1,2802	1,2659	1,1891	1,2513
307,4	1,2839	1,2697	1,1933	1,2549
301,7	1,2871	1,2730	1,1971	1,2582
296,2	1,2902	1,2761	1,2006	1,2614
292,2	1,2924	1,2783	1,2032	1,2637
285,2	1,2963	1,2821	1,2077	1,2677
283,7	1,2971	1,2829	1,2086	1,2686
278,4	1,3000	1,2857	1,2120	1,2713
278,2	1,3001	1,2859	1,2122	1,2714

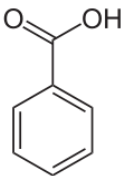
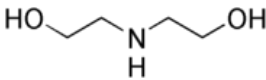
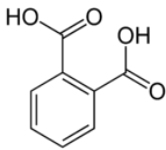
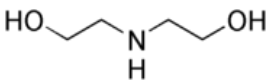
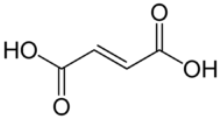
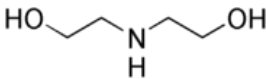
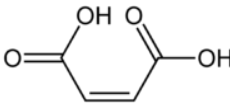
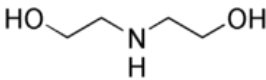
Modelo para la Densidad:

Varios autores han propuesto expresiones para correlacionar y estimar la densidad de líquidos (Reid et al., 1987; Poling et al., 2001). Los resultados son variables y su extensión a líquidos iónicos ha sido discutida por algunos autores (Valderrama y Zarricueta, 2009). Mejores resultados se han obtenido con un modelo lineal general válido para cualquier líquido iónico usando el índice de conectividad másico definido por los autores (Valderrama y Rojas, 2010 Valderrama y Rojas propusieron calcular la densidad mediante la ecuación:

$$\rho = \rho_o - 3.119 \cdot 10^{-4} \lambda (T - T_o) \quad (2)$$

en la que λ es el índice de conectividad másico, determinado según los describen los autores, T_o es la temperatura de referencia, tomada como 278.15 K en este trabajo, y ρ_o es la densidad experimental a esa temperatura de referencia. El parámetro $3.119 \cdot 10^{-4}$ incluido en la ecuación (2) fue determinado por Valderrama y Rojas mediante regresión de datos experimentales de 106 líquidos iónicos en los que los cuatro considerados en este trabajo no estaban incluidos. Por lo tanto la aplicación realizada aquí constituye una prueba más de las capacidades predictivas del modelo. La Tabla 2 describe algunas características de los líquidos iónicos considerados.

Tabla 2: Características de los líquidos iónicos estudiados

Líquido Iónico	Formula	Anión	Catión	M	λ
2-hydroxy diethylamine benzoate (2-HDEABe)	$C_{11}H_{17}NO_4$			227,2 6	1,9151 4
2-hydroxy diethylamine ftalate (2-HDEAFt)	$C_{16}H_{28}N_2O_8$			376,4 2	2,9087 2
2-hydroxy diethylamine fumarate (2-HDEAFu)	$C_{12}H_{26}N_2O_5$			326,3 5	2,4155 3
2-hydroxy diethylamine maleate (2-HDEAMa)	$C_{12}H_{26}N_2O_5$			326,3 5	2,4155 3

3. Resultados:

El modelo generalizado propuesto por Valderrama y Rojas fue aplicado a las condiciones para las que se tiene la densidad experimental y se calcularon las densidades y sus respectivas desviaciones con respecto a valores experimentales. La Tabla 3 muestra las desviaciones relativas y absolutas para los cuatro líquidos iónicos considerados en el estudio. Como se observa en la Tabla, el modelo resultó ser adecuado para los cuatro líquidos iónicos con desviaciones promedio menores al 1% y una desviación máxima de 1.56% (para un solo dato del 2-HDEA) [Ft]. Los resultados son mostrados en la Tabla 2. La tabla entrega los valores promedio de las desviaciones en la densidad calculada y los valores de las desviaciones máximas.

Tabla 3: Desviaciones relativas y absolutas para los cuatro líquidos iónicos considerados en el estudio.

			% desv. abs.	% desv. max.
1	[2-HDEA] [Be]	2-hydroxydiethylaminebenzoate	0.14	0.30
2	[2-HDEA] [Ft]	2-hydroxydiethylaminephthalate	0.81	1.56
3	[2-HDEA] [Fu]	2-hydroxydiethylaminefumarate	0.46	0.91
4	[2-HDEA] [Ma]	2-hydroxydiethylaminemaleate	0.45	0.90

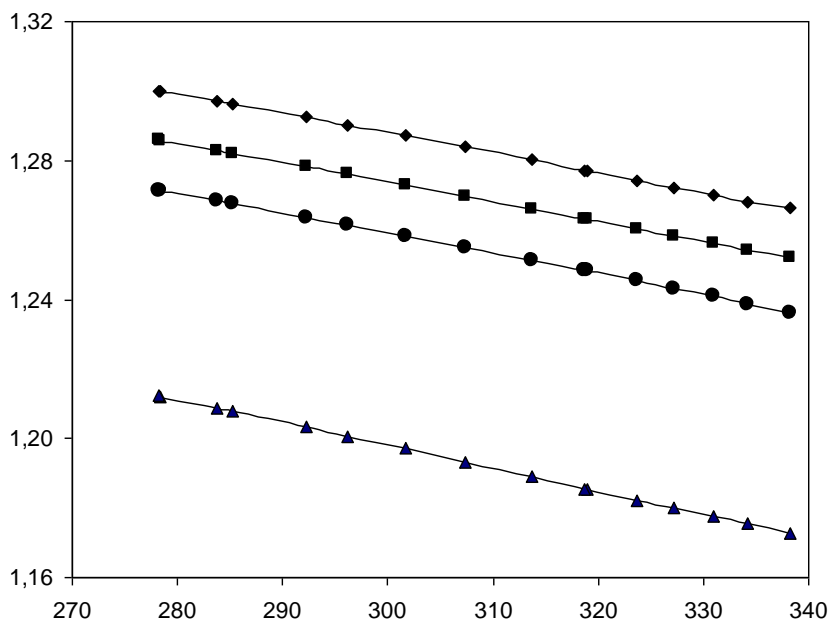


Figura 1. Densidad como función de temperatura para los líquidos iónicos proticos estudiados; \blacklozenge 2-HDEAMa, \blacksquare 2-HDEAFu; \blacktriangle 2-HDEABe; \bullet 2-HDEAFt. Las líneas representan el modelo descrito por la ec. (2).

4. Conclusiones:

El modelo resulta adecuado para estimar la densidad de líquidos iónicos proticos, siendo el índice de conectividad másica, riguroso para representar la variación de la densidad con la temperatura.

5. Referencias

Greaves, T.L., Drummond, C.J. (2008) Protic ionic liquids: properties and applications, *Chem. Rev.*, 108, 206

Peric, B., Marti, E., Sierra, J., Cruañas, R., Iglesias, M., Garau, M.A. (2011) Terrestrial ecotoxicity of short aliphatic protic ionic liquids, *Env. Tox. Chem.* 30, 000

Poling, B.E., Prausnitz, J.M., O'Connell, J.P. (2001) *Properties of gases and liquids*, McGraw-Hill, 5th edition, USA

Reid, R.C., Prausnitz, J.M. and Poling, B.E. (1987) *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill Book Co., New York.

Valderrama, J.O., Rojas, R.E. (2010) Mass connectivity index, a new molecular parameter for the estimation of ionic liquid properties, *Fluid Phase Equilib.* 297, 107

Valderrama, J.O., Zarricueta, K.A. (2009) A simple and generalized model for predicting the density of ionic liquids. *Fluid Phase Equilib.* 275, 145 .

24TCQ. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE SENSORES PARA DETECCIÓN DE FALLAS

RODRIGUEZ, L.P; CEDEÑO, M.V.; SANCHEZ, M.C.*

* *Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET)*
Universidad Nacional del Sur
Camino La Carrindanga km 7, Bahía Blanca, Buenos Aires
msanchez@plapiqui.edu.ar

Resumen: Diseñar o actualizar una red de sensores consiste en establecer, para un proceso dado, el conjunto de mediciones que permitirán el cumplimiento de ciertas restricciones de diseño. Una de las características deseadas del conjunto de sensores es que éste sea lo suficientemente robusto para lograr una mejor detección e identificación de las fallas del proceso, a fin de garantizar su operación en forma continua y segura. Es posible que una o más configuraciones de instrumentos cumplan con dichas restricciones de diseño. Por lo general, se busca que el costo de este conjunto de sensores sea el menor.

En este trabajo se propone una estrategia para diseñar una red óptima de instrumentos con el fin de observar, identificar y detectar, a través del método del estadístico de Hotelling, las fallas reconocidas en un proceso. La metodología se aplicará a un diagrama de flujo que consta de doce corrientes y cinco equipos, para determinar el conjunto de caudalímetros de mínimo costo que satisface las restricciones de determinabilidad estructural y detectabilidad del método en el análisis de pérdidas en equipos. El resultado obtenido comprende una menor cantidad de sensores respecto a la que se podría pensar intuitivamente.

1. Introducción

Muchos de los diseños de redes de sensores son realizados para proveer información con un buen grado de precisión cuando los procesos funcionan en su estado normal (Gala et. al 2006; Carnero et al., 2009; Nguyen et al., 2010).

No obstante es importante el desarrollo de sistemas de alarmas que alerten a los operadores cuando el proceso se encuentre en estado de falla. Una localización óptima de instrumentos para tal fin debe garantizar la determinabilidad estructural de las fallas, ya sea aplicando teoría de grafos (Raghuraj, 1999) o resolviendo un problema de optimización mixto entero lineal, MILP, (Bagajewicz, 2004), y también su detectabilidad por el método estadístico utilizado para ejecutar la tarea de detección/identificación de fallas. De esta manera se emitirá una alarma antes que el proceso salga de control, evitando situaciones peligrosas o paradas en el proceso de producción (Musulin y et. al, 2004). Para la detección de fallas se ha trabajado extensamente en el espacio de las variables latentes, aplicando estrategias tales como Análisis de Componentes Principales y Cuadrados Mínimos Parciales (Venkatasubramanian et al., 2003). También se han propuesto metodologías aplicables en el espacio de las variables originales (Mason y Young, 2002; Alvarez et al., 2011).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de diseño de redes óptimas de sensores para análisis de fallas en procesos químicos industriales, que garantice la observabilidad y resolución de fallas conocidas del proceso, y su detectabilidad por el método estadístico OSS (Original Space Strategy) propuesto por Alvarez et al. (2007), con un costo mínimo.

3. Metodología

El diseño óptimo de una red de sensores de mínimo costo tal que garantice la determinabilidad estructural de las fallas, es decir su observabilidad y resolución, y la detectabilidad del método OSS para análisis de fallas, se formula como un problema de optimización, cuya función objetivo es la siguiente:

$$\text{Mín } \mathbf{c}^T \cdot \mathbf{q} \quad (1)$$

siendo \mathbf{q} un vector de variables binarias de dimensión n tal que: $q_i = 1$ si la i -th variable es medida y $q_i = 0$ en caso, n es la cardinalidad del conjunto de posibles sensores y \mathbf{c}^T es el vector de costos.

Las restricciones del problema de optimización se analizarán en detalle a continuación.

3.1.- Determinabilidad Estructural

3.1.1.- Observabilidad de Falla

El primer paso para la determinabilidad de fallas es identificar todas las posibles fallas en un proceso y determinar que variables revelan la ocurrencia de las mismas. Esta información se puede resumir en una matriz \mathbf{A} , denominada matriz de máxima conectividad falla-sensor. Cada elemento de esta matriz, a_{ij} , podrá valer 1 para el caso en el que la falla F_j (columna de la matriz) pueda ser detectada por el sensor S_i que mide la variable V_i correspondiente (fila de \mathbf{A}). (Bagajewicz et al, 2004). Luego se define la matriz de conectividad sensor-falla, \mathbf{B} , como el producto Hadamard de cada columna de la matriz \mathbf{A} , \mathbf{a}_j , por el vector binario de sensores, \mathbf{q} ,

$$\mathbf{b}_j = \mathbf{a}_j \times \mathbf{q} \quad (2)$$

donde \mathbf{b}_j y \mathbf{a}_j son las j -th columnas de las respectivas matrices \mathbf{B} y \mathbf{A} .

La observabilidad de la j -th falla se verifica si se cumple la siguiente desigualdad:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{B}_{ij} \geq 1 \quad (3)$$

3.1.2.- Resolución de Fallas

Cuando en el proceso se observan varios desvíos respecto de la operación normal, la resolución de fallas es la habilidad para identificar cuál de ellas está ocurriendo. Una falla puede ser distinguible de otra si al analizar las columnas de la matriz de conectividad \mathbf{B} , tienen al menos un sensor que no esté observando las dos fallas simultáneamente. Esto se expresa matemáticamente como:

$$\sum_{i=1}^n [\mathbf{b}_j(q) \times \mathbf{b}_p(q)]_i \leq \text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^n [\mathbf{b}_j(q)]_i, \sum_{i=1}^n [\mathbf{b}_p(q)]_i \right\} - 1 \quad (4)$$

donde \mathbf{b}_p es una columna de \mathbf{B} distinta a la columna \mathbf{b}_j . El lado izquierdo de la desigualdad es el producto de Hadamard entre dichas columnas. El lado derecho de la

misma calcula la cantidad de sensores presentes en cada columna, selecciona la máxima y le resta uno. Para que ambas fallas puedan ser resueltas, el término de la derecha debe ser mayor al término de la izquierda.

3.2.- Detectabilidad del Método - Estadístico T^2

A continuación se analiza la capacidad de la red de sensores para detectar fallas del proceso mediante el uso del estadístico de Hotelling.

Sea una matriz \mathbf{X} de datos obtenida al tomar m muestras independientes de n variables correspondientes a un proceso operado en estado estacionario. Luego los datos son estandarizados, obteniéndose la matriz $\bar{\mathbf{X}}$ y se calcula la matriz de correlación, \mathbf{R} .

$$\mathbf{R} = \frac{\bar{\mathbf{X}}^T \cdot \bar{\mathbf{X}}}{m-1} \quad (5)$$

donde \mathbf{R} tiene dimensiones $[n \times n]$. La descomposición en valores singulares de dicha matriz resulta igual a:

$$\mathbf{R} = \mathbf{P} \mathbf{D}_\lambda \mathbf{P}^T \quad (6)$$

siendo \mathbf{D}_λ la matriz diagonal de valores singulares ordenados de forma decreciente y las columnas de \mathbf{P} son los autovectores de \mathbf{R} que forman una base ortonormal en R^n . Proyectando los vectores de muestra normalizados \mathbf{x} en el espacio generado por los autovectores de \mathbf{P} se obtiene:

$$\mathbf{t} = \mathbf{P}^T \mathbf{x} \quad (7)$$

El vector \mathbf{t} es llamado vector de scores y está proyectado sobre el origen o en sus proximidades cuando el proceso se encuentra funcionando en el estado de control. Usando el estadístico de Hotelling, T^2 , como una medida de la distancia de Mahalanobis de la observación respecto del origen del nuevo espacio, se obtiene la expresión:

$$T^2 = \|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \mathbf{x}\|^2 \quad (8)$$

Cuando el proceso opera en condiciones normales el valor del estadístico debe ser menor o igual a un valor límite de confianza:

$$\delta_{T^2} \geq T^2 \quad (9)$$

Es posible describir una falla F_j del conjunto de fallas del proceso por medio de la matriz diagonal θ_j cuyas dimensiones son de $[n \times l_j]$, siendo l_j la cantidad de variables que revelan la existencia de dicha falla.

Cuando una falla ocurre el vector de muestra para un determinado tiempo es:

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \theta_j \cdot \mathbf{f}_j \quad (10)$$

donde los vectores \mathbf{f}_j y \mathbf{x}_0 representan la desviación introducida por la falla j y las mediciones en condiciones de operación normal, respectivamente. Reemplazando la expresión previa de \mathbf{x} en la ecuación 8 resulta:

$$T^2 = \|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T (\mathbf{x}_0 + \boldsymbol{\theta}_j \cdot \mathbf{f}_j)\|^2 \quad (11)$$

Además, teniendo en cuenta la siguiente desigualdad triangular de normas:

$$\|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \mathbf{x}\| \geq \|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \mathbf{x}_0\| - \|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \boldsymbol{\theta}_j \cdot \mathbf{f}_j\| \quad (12)$$

y como en el estado normal de trabajo, se debe cumplir la desigualdad:

$$\|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \mathbf{x}_0\| \leq \delta_{T^2} \quad (13)$$

donde δ_{T^2} sigue una distribución del tipo $\frac{n \cdot (m^2 - 1) \cdot F_{n, m-n, \alpha}}{(m^2 - m \cdot n)}$, siendo F es el valor de la distribución de Fisher-Snedecor para un nivel de significancia α , con n , y $m - n$ grados de libertad, operando se obtiene:

$$\|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \boldsymbol{\theta}_j \cdot \mathbf{f}_j\| \geq 2 \cdot \delta_{T^2} \quad (14)$$

Aplicando la propiedad de la desigualdad de los productos de las normas (normas multiplicativas) se obtiene una condición más restrictiva:

$$\|\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \boldsymbol{\theta}_j\| \cdot \|\mathbf{f}_j\| \geq 2 \cdot \delta_{T^2} \quad (15)$$

y dado que la norma de matriz $(\mathbf{D}_\lambda^{-0.5} \mathbf{P}^T \boldsymbol{\theta}_j)$ es igual al mayor de sus autovalores σ_{\max} , entonces se tiene:

$$\|\mathbf{f}_j\| \geq \|\mathbf{f}_{T_j}\| = 2 \cdot \sigma_{\max}^{-1} \cdot \delta_{T^2} \quad (16)$$

donde $\|\mathbf{f}_j\|$ es la norma del vector de fallas j -th, y $\|\mathbf{f}_{T_j}\|$ es la norma crítica del vector de fallas j .

El valor de la falla \mathbf{f}_j que se puede detectar por este método debe ser menor que un valor f_{sup_j} , que representa al estado del proceso límite (PDL), en el cual se alcanzan condiciones riesgosas o paradas del proceso. Este estado de falla se representa por medio del vector normalizado \mathbf{f}_j^o . La magnitud superior de la falla j -th para la i -th configuración de sensores, representada por el vector \mathbf{q}_i , se calcula de la siguiente manera:

$$f_{sup_{i,j}} = \|\mathbf{f}_j^o \cdot \mathbf{q}_i\| \quad (17)$$

Para que dicha configuración de instrumentos sea factible, se debe cumplir que:

$$\|f_{sup_{i,j}}\| \geq \|f_{T_{i,j}}\| \quad (18)$$

4. Resultados

La fig. 1 representa un proceso genérico con cinco equipos, el cual será utilizado para la determinación de la red óptima de sensores.

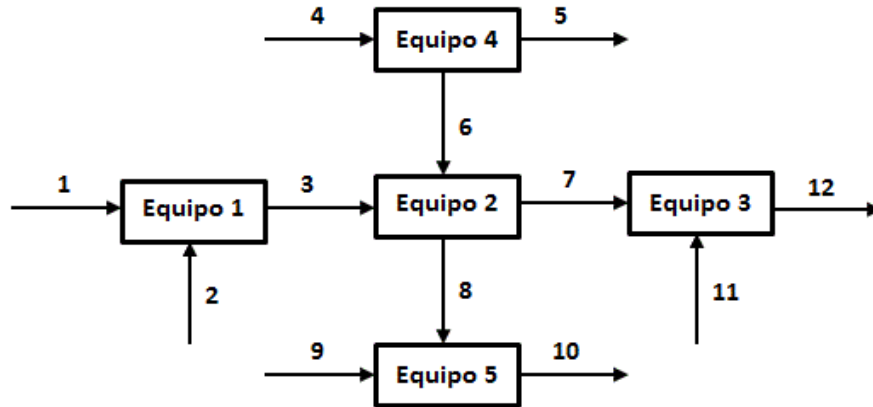


FIGURA 1- Esquema del proceso

Los valores de las variables (flujos másicos) del proceso, cuando éste opera en estado estacionario, se reportan en la tabla siguiente:

TABLA 1: Valores en Estado Estacionario

Var	Est.Estac.	PDL	Costo	Var	Est.Estac.	PDL	Costo
1	100	+/- 10	200	7	200	+/- 10	200
2	100	+/- 10	200	8	100	+/- 10	200
3	200	+/- 10	200	9	100	+/- 10	200
4	200	+/- 10	200	10	200	+/- 10	200
5	100	+/- 10	200	11	100	+/- 10	200
6	100	+/- 10	200	12	300	+/- 10	200

El diseño de menor costo, que satisface las restricciones 3, 4 y 18 consiste en medir los flujos másicos de las corrientes 3, 5, 10 y 12. El costo del sistema de instrumentación es \$ 800. A continuación se mostrará cómo se evalúa que las restricciones se satisfacen para la solución óptima.

La matriz de incidencia de fallas, **A**, consta de 12 filas, que representan los flujos másicos, y 5 columnas, asociadas con las pérdidas en cada una de las unidades de proceso:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Para la configuración de sensores óptima se obtiene:

$$\mathbf{A}_1 \cdot \mathbf{q} = 3$$

$$\mathbf{A}_2 \cdot \mathbf{q} = 2$$

$$\mathbf{A}_3 \cdot \mathbf{q} = 1$$

$$\mathbf{A}_4 \cdot \mathbf{q} = 3$$

$$\mathbf{A}_5 \cdot \mathbf{q} = 1$$

Como se puede observar hay al menos 1 sensor en la configuración obtenida, que está observando cada una de las fallas (ecuación 3).

La matriz \mathbf{B} resulta igual a:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Según se mencionó anteriormente, dos fallas son identificables, para la configuración de sensores elegida, cuando las columnas de la matriz \mathbf{B} son diferentes unas de otras. Para nuestro caso de estudio, no hay dos columnas que sean iguales, por lo que se puede inferir que las fallas son identificables unas de otras. De esta manera el \mathbf{q}_i elegido cumple con la ecuación (4).

En la restricción de detectabilidad del método se utilizó un $\alpha = 0.05$, el tamaño de la muestra fue de 40. Para la configuración de instrumentos elegida, las matrices θ_j se definen de la siguiente manera:

$$\theta_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \theta_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \theta_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \theta_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \theta_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Los vectores de falla transpuestos para el vector \mathbf{q}_i son los siguientes:

$$\mathbf{f}_1 = - \begin{bmatrix} 20 \\ 20/3 \\ 40/3 \end{bmatrix} \quad \mathbf{f}_2 = - \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \end{bmatrix} \quad \mathbf{f}_3 = - [20] \quad \mathbf{f}_4 = - \begin{bmatrix} 10 \\ 20/6 \\ 20/3 \end{bmatrix} \quad \mathbf{f}_5 = - [20]$$

De esta manera se obtuvieron \mathbf{f}_{T_j} (ecuación 16) y $f_{sup_{i,j}}$ (ecuación 17) y se comprobó la desigualdad dada en la ecuación 18.

5. Conclusiones

En este trabajo se propone una estrategia para diseñar una red de sensores de mínimo costo para la detección de fallas en procesos cuyas variables medibles son flujos másicos. Se utilizaron como restricciones la observabilidad y la resolución para fallas individuales, como así también la detectabilidad de fallas cuando se emplea el método OSS, basado en el estadístico de Hotelling. En futuros trabajos se abordará la resolución múltiple de fallas y se aplicará la metodología a procesos que involucren otro tipo de variables, tales como temperatura, composición, presión.

6. Bibliografía

- Alvarez, R.C.; Brandolin, A.; Sánchez, M.C. (2011). Statistical Process Monitoring: Measurement Space-based Approaches. Process Control: Problems, Techniques and Applications (ISBN: 978-1-61209-567-7), Nova Science Publishers, Inc, New York, En prensa.
- Alvarez, C. R.; Brandolin, A.; Sanchez, M. C. (2007). On the variable contribution to the D-Statistic. Chemometrics and Intelligent laboratory systems, 88, 189-196.
- Bagajewicz, M.; Fuxman, A.; Uribe, A. (2004). Instrumentation Network Design and Upgrade for Process Monitoring and Fault Detection. AIChE Journal, 50, 8, 1870-1880.
- Carnero, M.; Hernández, J.; Sánchez M.C. (2009). Design of Sensor Networks for Chemical Plants Based on Metaheuristics. Algorithms (EISSN 1999-4893), 2, 1, 259-281.
- Gala, M.; Bagajewicz, M. (2006). Efficient Procedure for the Design and Upgrade of Sensor Network Using Cutsets and Rigorous Decomposition. Industrial and Engineering Chemical Research, 45, 6687-6697.
- Mason R. L; Young, J. L. (2002). Multivariate Statistical Process Control with Industrial Applications, SIAM, Philadelphia
- Musulin, E.; Bagajewicz, M.; Nougués, J.M.; Puigjaner, L. (2004). Instrumentation Design and Upgrade for Principal Components Analysis Monitoring. Industrial Engineering Chemical Research, 43, 2150-2159.
- Nguyen, D.; Bagajewicz, M. (2010). New Sensor network design and retrofit method based on value information. AIChE Journal. Article in press
- Raghuraj, R.; Bhushan, M.; Rengaswamy, R. (1999). Locating Sensors in Complex Chemical Plants Based on Fault Diagnostic Observability Criteria. AIChE Journal, 45, 2, 310-322.
- Venkatasubramanian, V.; Rengaswamy R. y Kavuri, S. N. (2003). A Review of Process Fault Detection and Diagnosis: Part II: Qualitative Models and Search Strategies, Comp. Chem. Engng. 27(3) 313-326.

25TCQ. CÁLCULO TERMODINÁMICO DE EQUILIBRIO DE FASE DE UN SISTEMA TERNARIO A ALTA PRESIÓN. OPTIMIZACIÓN MEDIANTE COLONIA DE HORMIGAS

ZACUR J. L.*, PÉREZ OTERO N. M.*

(*) Facultad de Ingeniería, UNJu. 4600 – Jujuy - Argentina

jlzacur@fi.unju.edu.ar, nilperez@fi.unju.edu.ar

Resumen: Se propone la implementación de un algoritmo de optimización de colonia de hormigas (ACO) para calcular el mínimo global de la Energía de Gibbs total de un sistema bifásico de tres componentes (CO_2 +Limoneno+Linalol) a una temperatura (T) y presiones (P) que corresponde a condición cuasi crítica y supercrítica de uno de sus componentes (CO_2). A partir del valor mínimo se evalúan las composiciones de equilibrio en ambas fases para éstos. La estimación de las composiciones de fases en equilibrio para el sistema estudiado y a las condiciones T y P definidas mediante el algoritmo ACO es comparable a resultados experimentales del sistema estudiado obtenidos de la literatura.

1. Introducción:

El cálculo del equilibrio de fase es de fundamental importancia en el diseño de muchos procesos químicos reactivos y de separación. El equilibrio de fases revela la composición de las fases en equilibrio, lo que supone conocer la cantidad de fases en equilibrio, la distribución de los componentes individuales entre estas fases, y la variación de estas cantidades con la presión (P), la temperatura (T) y la composición.

La obtención de información acerca del comportamiento de fases en el equilibrio, se puede hacer por experimentación o por cálculo termodinámico.

Este último se puede efectuar principalmente de dos maneras: 1) por resolución de ecuaciones y 2) por optimización de la función de Gibbs. El primero corresponde al cómputo de las raíces de un sistema de ecuaciones no lineales resultantes de balances de masa y de relaciones de equifugacidad; aun cuando la resolución del sistema de ecuaciones parezca ser más rápida y más simple, la solución obtenida mediante este método puede no corresponder al mínimo global de dicha función. (Srinivas y Rangaiah, 2007). La segunda, involucra minimizar de la función de Gibbs dado que, a T y P constantes, este mínimo es condición necesaria y suficiente para lograr el equilibrio en un sistema multifásico y multicomponente.

Basados en este principio, los problemas de equilibrio de fases se pueden formular y resolver como problemas de optimización con la Energía de Gibbs como la función objetivo; esta función es una expresión altamente no lineal y compleja.

La mayoría de los métodos tradicionales de optimización sólo encuentran soluciones locales, por lo que son fuertemente dependientes de los valores de inicialización del cómputo. El uso de técnicas de optimización global en estos problemas está relativamente inexplorado y necesita mayor investigación (Rangaiah, 2001).

Las técnicas globales pueden clasificarse en determinísticas y estocásticas. El primer tipo garantiza la convergencia a la solución global aunque, desafortunadamente, los métodos determinísticos actuales para problemas multivariables son muy costosos (en términos de esfuerzo computacional) y, en algunos casos es necesaria una reformulación del problema dependiendo de las características del modelo termodinámico en estudio. En cambio, los métodos de optimización global estocásticos pueden encontrar buenas soluciones en un tiempo razonable de cómputo, son fáciles de usar e independientes del modelo. Estos métodos pueden converger rápidamente al vecindario de la solución global y son adecuados para tratar un gran número de variables de decisión. Estos métodos ofrecen un

mejor compromiso entre la calidad de la solución y la eficiencia de cómputo.

Los métodos meta-heurísticos: Algoritmos Genéticos (Genetic Algorithms: GA) y Templado Simulado (Simulated Annealing: SA) son los métodos de optimización más usados en aplicaciones de Ingeniería. Específicamente, en el campo de la Termodinámica, estos métodos se utilizaron en cálculos de equilibrio y estabilidad de fase y en la estimación de parámetros no lineales (Bonilla-Petriciolet et al, 2010).

A diferencia de los métodos GA y SA, hay muy poca información en la literatura sobre la técnica de Optimización mediante Colonia de Hormigas (Ants Colony Optimization: ACO) para cálculos termodinámicos. Ha sido descrito (Fernández Vargas et al, 2011) el uso de este método para establecer valores de parámetros de modelos que simulan equilibrios líquido – vapor.

El método ACO es una metaheurística que imita el comportamiento de búsqueda de comida de las colonias reales de hormigas. Durante el proceso de búsqueda de comida, las hormigas intercambian información depositando feromonas en el camino. Una feromona es una sustancia química que provoca una respuesta natural en otro miembro de la misma especie. Así las hormigas se sienten atraídas por los caminos más ricos en feromonas. De este comportamiento cooperativo resulta el establecimiento de la ruta más corta entre la fuente de comida y su nido. En la **Figura 1** se ejemplifica, en una secuencia de cuatro pasos, la naturaleza de este comportamiento; se parte de suponer que dos hormigas (una triangular y una cuadrada) encuentran comida al mismo tiempo, pero eligen caminos diferentes. La hormiga triangular toma el camino más corto y la hormiga cuadrada el más largo, por lo tanto, la triangular llegará más rápido al nido, dejando un rastro de feromonas por lo que, a su regreso, la hormiga triangular tomará seguramente el camino más corto. A medida que pasa el tiempo habrá más feromona depositada en el camino más corto porque al tomarlo las hormigas llegarán más rápido al nido y esta situación estimulará a más hormigas a tomar este camino (Yu y Gen, 2010). Esta característica de las colonias reales de hormigas se explota en los algoritmos ACO para resolver problemas de optimización. El primer algoritmo fue desarrollado por Dorigo y desde entonces se han propuesto varias mejoras al sistema de hormigas (Blum, 2005).

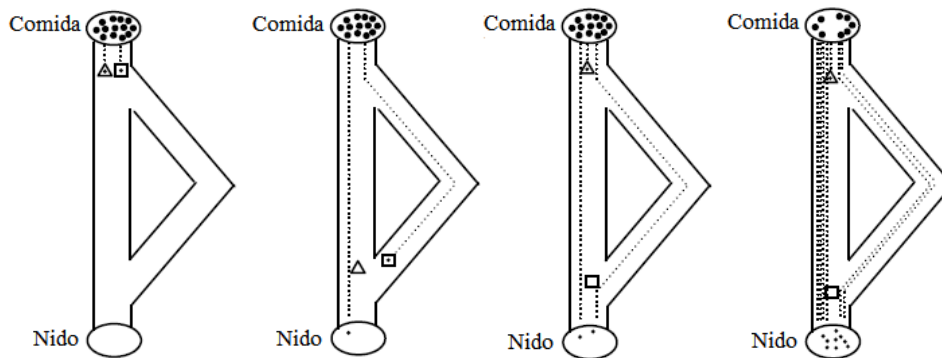


Figura 1. Ejemplo del comportamiento alimentario de las hormigas.

2. Objetivo:

En este trabajo, se propone la implementación de un algoritmo ACO para calcular mínimos globales de la Energía de Gibbs total de un sistema bifásico de tres componentes, a alta presión. A partir de los mínimos se evalúan las composiciones de equilibrio en ambas fases para diferentes composiciones globales de la mezcla ternaria. Los resultados computados mediante esta técnica se comparan con los valores experimentales obtenidos de la literatura.

3. Metodología:

Sistema seleccionado: CO₂(1) + limoneno (2) + linalol (3) a 333.2 K, a 69 y 100 bar (Morotomi et al, 1999) y fracciones molares globales (z) que varían desde [0.900, 0.001] hasta [0.900, 0.099] para los dos primeros componentes.

Cálculos Termodinámicos: La función objetivo para este problema de optimización es la función de Gibbs total (1).

$$\frac{G}{RT} = \sum_{k=1}^{\pi} \sum_{i=1}^{nc} n_i^k \left[\ln (x_i^k \tilde{\phi}_i^k) \right] \quad (1)$$

donde las variables de decisión son los números de moles del componente i en la fase k , n_i^k . Otras cantidades son: la Energía de Gibbs adimensional (G/RT), la cantidad de fases π , el número de componentes del sistema nc (para este trabajo, dos y tres respectivamente), el coeficiente de fugacidad $\tilde{\phi}_i^k$ del componente i en la fase k .

$$x_i^k = \frac{n_i^k}{n^k} \quad (2)$$

es la fracción molar del componente i en la fase k ; se calcula sobre la base del número total de moles presentes en la fase k , n^k ; en este trabajo la fracción molar en la fase vapor será denotada como $y_i \equiv x_i^{vapor}$. Los valores de $\tilde{\phi}_i^k$ se calculan mediante la ecuación de estado de Peng-Robinson (PR-EoS) (Morotomi et al, 1999). Se adopta una regla de mezclado clásica, siendo los parámetros de interacción de mezcla los informados en esta última publicación. Las variables de decisión están restringidas:

$$0 \leq n_i^k \leq z_i \quad i = 1 \dots nc \quad (3)$$

considerando un mol global del sistema. Otras restricciones en el problema de equilibrio de fase son los balances para cada componente i :

$$\sum_{k=1}^{\pi} n_i^k = z_i \quad i = 1 \dots nc \quad (4)$$

El problema de minimización se puede simplificar introduciendo nuevas variables s_i^k :

$$\begin{aligned} n_i^1 &= s_i^1 z_i \\ n_i^k &= s_i^k \left(z_i - \sum_{j=1}^{k-1} n_i^j \right) \quad k = 2 \dots \pi \quad i = 1 \dots nc \\ 0 &\leq s_i^k \leq 1 \quad k = 1 \dots \pi \quad i = 1 \dots nc \end{aligned} \quad (5)$$

De esta manera se reduce el número de variables de decisión a $nc(\pi-1)$ (Teh, 2003). Para el presente trabajo, el número de variables de decisión se reduce a tres.

Con este cambio de variables, los valores de la fracción molar x , y , para un sistema bifásico y ternario son ($i:1 \dots 3$; $k:1, 2$):

$$x_i^k = \frac{s_i^k z_i}{\sum_{i=1}^{nc} s_i^k z_i} \quad (6)$$

Implementación del Algoritmo: Siguiendo a Jaramayan y colegas (Jayaraman et al., 2010) se proponen dos tipos de búsquedas, 1) una local y 2) una global. En la primera se generan soluciones (tres para este trabajo) en el vecindario de la mejor solución y si alguna de ellas mejora a la original la reemplaza, aumentando la cantidad de feromonas al camino. La segunda permite reemplazar las soluciones más débiles por otras más fuertes obtenidas a partir de las mejores por medio de operadores de cruce y mutación. Básicamente, el algoritmo implementado sigue los pasos mostrados en la **Figura 2**.

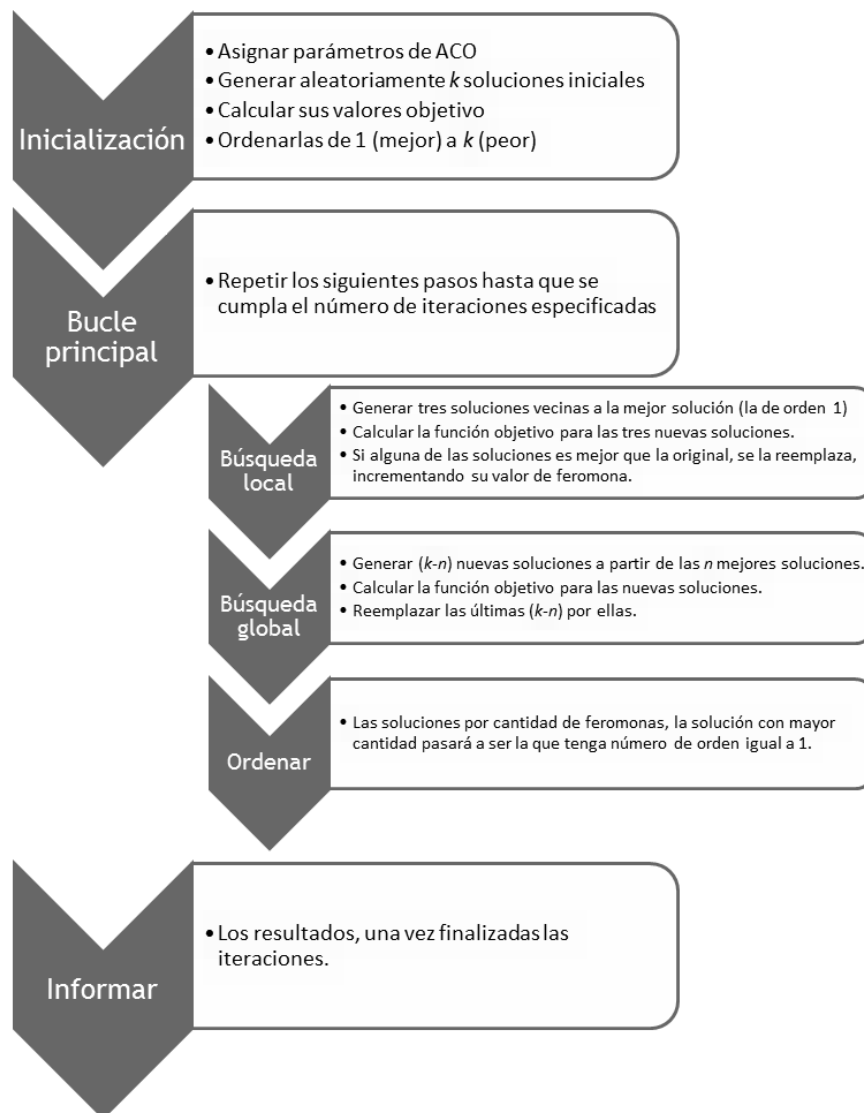


Figura 2. Pasos del algoritmo ACO

4. Resultados y Discusión:

Se obtuvieron los valores s_i^k que minimizan la función de Gibbs en el espacio de soluciones definido a 333.2 K, 69 y 100 bar y fracciones molares globales (z) que varían desde {0.900, 0.001} hasta {0.900, 0.099} para los dos primeros componentes. Tales

valores definen los números de moles de equilibrio en cada fase y su composición molar. En la **Figura 3** y **Figura 4** se presentan los resultados de este último cómputo en un diagrama ternario rectangular en las condiciones especificadas.

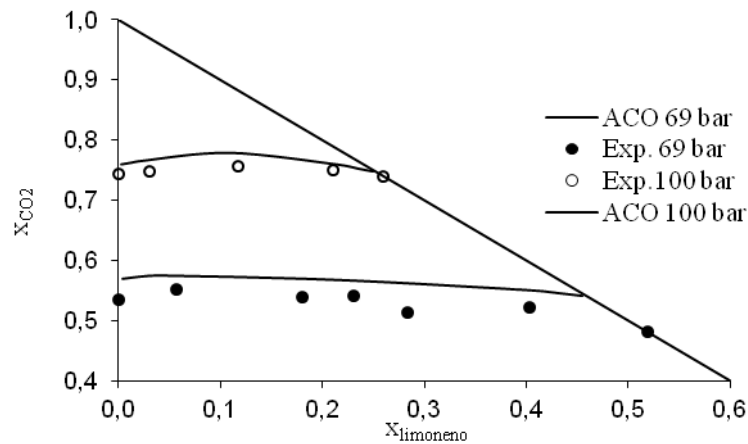


Figura 3: Equilibrio de fases CO_2 +Limoneno+Linalol. Fase condensada [333.2 K]. Comparación con datos experimentales

La **Figura 4** amplía la escala para fracciones molares de CO_2 superiores a 0.99 y fracciones molares de limoneno inferiores a 0.01 para mejor visualización en el rango de valores que se presentan en la fase fluida.

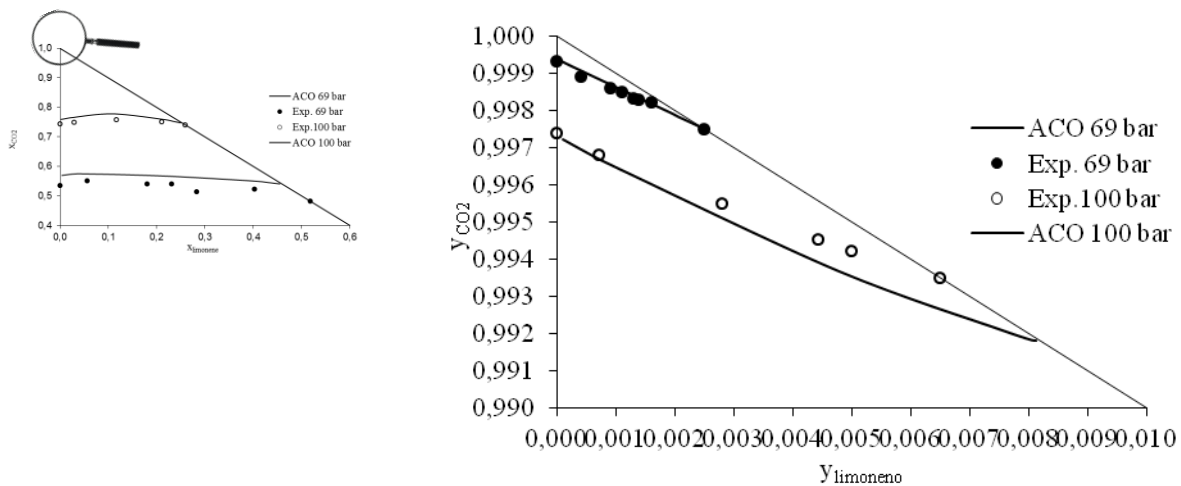


Figura 4: Equilibrio de fases CO_2 +Limoneno+Linalol. Rango ampliado Fase fluida [333.2 K]. Comparación con datos experimentales

Los resultados de la optimización son comparables con los resultados experimentales obtenidos de la literatura. La ecuación (7) permite calcular la diferencia relativa entre el valor de la función de Gibbs tomada en una iteración cualquiera respecto a su valor final. Esta diferencia se usa en la Figura 5 para presentar la evolución entre el mejor valor calculado de la función objetivo en cada una de las iteraciones (G_{itera}) y el valor óptimo (G_{min}).

$$D_{relat} = \left| \frac{G_{itera} - G_{min}}{G_{min}} \right| 100 \quad (7)$$

La **Figura 5** presenta el comportamiento para ejecuciones a partir de 10 diferentes semillas de números aleatorios. Según se muestra en dicha figura, la diferencia relativa es siempre inferior a 0.025 % cumplidas 20 iteraciones, independientemente de las semillas que se utilicen para generar las k soluciones. Ello podría ser una indicación de la robustez del algoritmo implementado. Se pretende verificar esta aseveración en futuros trabajos en este campo, donde se evaluarán composiciones de fases de sistemas más complejos.

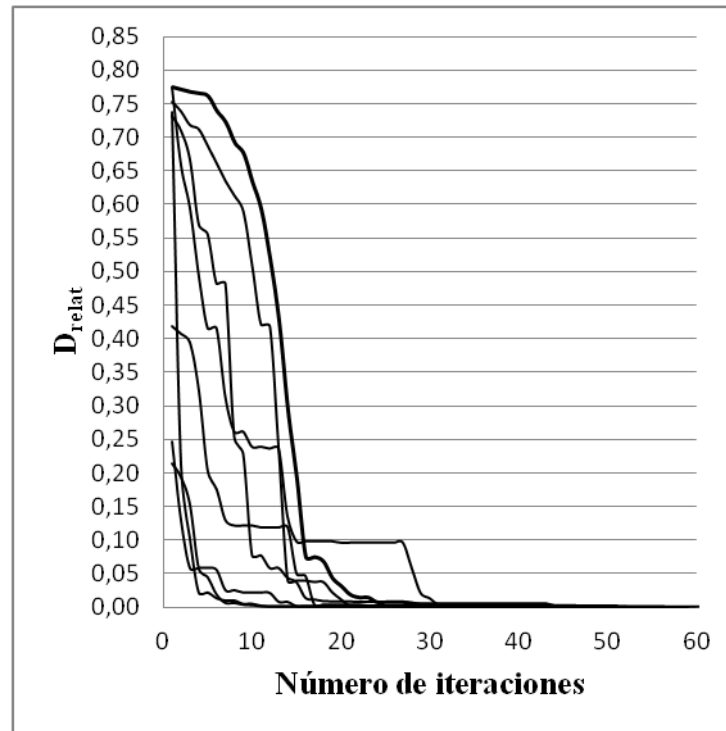


Figura 5: Diferencia relativa vs. Número de iteraciones

5. Conclusiones:

La estimación de las composiciones de fases en equilibrio para el sistema estudiado y a las condiciones T y P definidas mediante el algoritmo ACO resulta comparable con los valores experimentales informados.

Hay indicaciones que la robustez del algoritmo implementado puede ser satisfactoria; futuros trabajos permitirán verificar esta característica.

6. Bibliografía:

Blum, C. (2005) Ant colony optimization: Introduction and recent trends. *Physics of Life Reviews*, v.2, 353-373.

Bonilla-Petriciolet A., G. P. Rangaiah & J. G. Segovia Hernandez (2010). Evaluation of stochastic global optimization methods for modeling vapor–liquid equilibrium data, *Fluid Phase Equilibria*, 287: 111-125.

Fernandez-Vargas J., A. Bonilla-Petriciolet, J. Segovia Hernandez & S. Hernandez (2011). Ant Colony Optimization: a new stochastic solver for modeling Vapor-Liquid Equilibrium

Data, Chemical Engineering Transactions 24: 541-546.

Morotomi T., Iwai Y., Yamaguchi H., Arai Y. (1999) High Pressure Vapor-Liquid Equilibria for Carbon Dioxide+ Limonene + Linalool. J. Chem Eng. Data 44: 1370-1372

Jarayaman V. K., P. S. Shelokar, P. Shingade, V. Pote, R. Baskar & B. D. Kulkarni (2010). Ant Colony Optimization: Details of Algorithms Suitable for Process Engineering. Cap. 7 pp 271-300 En Stochastic Global Optimization Techniques and Applications in Chemical Engineering. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore.

Rangaiah G.P. (2001) Evaluation of genetic algorithms and simulated annealing for phase equilibrium and stability problems, Fluid Phase Equilibria 187-188: 83-109,

Srinivas, M. & G.P. Rangaiah (2007). Evaluation of differential evolution and tabu search for benchmark and phase stability problems, Computers & Chemical Engineering 31, 760-772.

Teh Y.S. & G.P. Rangaiah (2003). Tabu search for global optimization of continuous functions with application to phase equilibrium calculation. Computers & Chemical Engineering 27, 1665-1679.

Yu, X. & M. Gen, (2010). Introduction to Evolutionary Algorithms (Decision Engineering), Springer-Verlag, London.

26TCQ. DISEÑO DE REDES DE SENSORES UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRUPAMIENTO Y BÚSQUEDA POR ENTORNOS VARIABLES

Mercedes Carnero¹, José Hernández¹, Mabel Sánchez²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto Campus Universitario, (5800) Río Cuarto. TE.0358-4676248, FAX 0358-4676246 {mcarnero, jlh}@ing.unrc.edu.ar

²Planta Piloto de Ingeniería Química (UNS- CONICET) Camino La Carrindanga Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina. msanchez@plapiqui.edu.ar

Resumen: El diseño óptimo de redes de sensores en plantas químicas consiste en determinar el número y localización espacial de dispositivos de medición de manera tal de optimizar algún criterio de desempeño, en general de tipo económico, a la vez que se satisface el conjunto de restricciones impuesto. El problema de diseño analizado en este trabajo corresponde a un problema de optimización no lineal mezcla entera y, como tal, clasificado como NP-completo. Es bien conocido que para este tipo de problemas los algoritmos metaheurísticos constituyen una herramienta de resolución alternativa exitosa, principalmente a medida que el tamaño de la instancia a resolver crece. En este trabajo se propone una heurística de resolución que combina aspectos de los algoritmos de estimación de distribución mejorados con técnicas de agrupamiento, con mecanismos de búsqueda por entornos. Los primeros intentan garantizar la diversidad de la población, en tanto que los últimos son los encargados de realizar la explotación de regiones promisorias del espacio de soluciones. El objetivo es determinar el alcance de la estrategia propuesta para resolver el problema de diseño de redes propuesto, para diferentes grados de complejidad respecto del conjunto de variables claves impuesto y diferentes tamaños de instancias.

1. Introducción

En una planta química típica es necesario contar con información sobre las variables de proceso involucradas para llevar a cabo una serie de tareas tales como optimización en línea, control estadístico de procesos, implementación de sistemas de diagnóstico de fallas, tareas de mantenimiento predictivo, etc. La disponibilidad de esta información depende directamente del diseño de instrumentación implementado. En general, en un proceso dado pueden aparecer cientos de variables; sin embargo no todas ellas pueden ser medidas a través de instrumentos, sino sólo un subconjunto de las mismas. Las restantes deberán ser estimadas utilizando, por ejemplo, los balances de masa y energía. La calidad de las estimaciones, es decir de los valores estimados de las variables, depende fuertemente de la cantidad de instrumentación seleccionada y de la estructura de la red (topología) propuesta. La operación de una planta química puede representarse a través de un modelo matemático o conjunto de ecuaciones que relaciona las variables involucradas en el proceso. Dentro de estas últimas se distinguen dos subconjuntos: a) variables requeridas, o variables cuyo valor debe ser estimable; b) variables no requeridas. El diseño de la red de sensores de una planta química con fines de monitoreo consiste en determinar para cada variable de proceso si será medida, y en tal caso, indicar cuántos sensores la medirán y cuáles son sus características (por ejemplo: costo, precisión, probabilidad de falla, etc.). El diseño debe garantizar la estimabilidad de las variables requeridas. A fin de obtener una distribución óptima de sensores, con respecto a algún criterio específico, se define el Diseño Óptimo de la Red de Sensores como un problema de optimización donde los criterios de desempeño pueden ser diversos, por ejemplo: de tipo económico, relacionados con la precisión de las estimaciones de las variables requeridas, o con la confiabilidad del sistema, etc. En cuanto al conjunto de las restricciones, el diseño debe garantizar la estimabilidad de las variables

requeridas, como así también las condiciones impuestas, por ejemplo, sobre su precisión, confiabilidad o disponibilidad. La solución de este tipo de problemas se ha abordado usando métodos de optimización determinísticos y estocásticos.

Los algoritmos exactos existentes son eficientes solamente para resolver casos específicos de tamaño pequeño o mediano (Chmielewski et al., 2002, Gala y Bagajewicz , 2006a,b; Nguyen y Bagajewicz, 2011). En esta misma línea de técnicas se inscribe la propuesta de hibridar la búsqueda en árbol con una heurística de búsqueda local, (Nguyen y Bagajewicz, 2009).

En este contexto los métodos de optimización que utilizan metaheurísticas aparecen como una alternativa para abordar el diseño de redes de gran escala cuando se consideran funciones de desempeño y restricciones complejas, (Chao-An et al. 2003; Carnero et. al 2005, 2009; Gerkens y Heyen, 2008).

Recientemente, los Algoritmos de Estimación de Distribuciones, EDAs por sus siglas en inglés, aparecen como un enfoque novedoso para la resolución de problemas combinatorios complejos, (Emmendorfer y Pozo, 2009). Estas heurísticas constituyen un conjunto de métodos englobados dentro del paradigma de computación evolutiva, que sustituyen los operadores clásicos de cruzamiento y mutación, por una estimación de la distribución de probabilidades subyacente de la población de soluciones potenciales y un posterior muestreo de la misma (Larrañaga y Lozano, 2002).

2. Objetivos

El diseño de una red de sensores de mínimo costo de adquisición que satisface las restricciones de estimabilidad y precisión sobre un determinado conjunto de variables claves se formula como sigue:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} && \mathbf{c}^T \mathbf{q} \\
 & \text{s.t.} && \\
 & && \hat{\sigma}_j(\mathbf{q}) \leq \sigma_j^* \quad \forall j \in S_\sigma \\
 & && E_k(\mathbf{q}) \geq 1 \quad \forall k \in S_E \\
 & && \mathbf{q} \in \{0,1\}^n
 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde \mathbf{c}^T es el vector de costos de adquisición; $\hat{\sigma}_j$ indica el desvío estándar de la estimación de la variable j obtenida después de aplicar un procedimiento de reconciliación de datos y E_k representa el Grado de Estimabilidad de la variable k , y q_i variable binaria que asume el valor 1 si la i -ésima variable es medida. Las restricciones de precisión y estimabilidad se imponen sobre los flujos pertenecientes a los subconjuntos S_σ y S_E respectivamente. Se supone que el proceso opera en estado estacionario y que la interrelación entre las variables del proceso viene descrita por un modelo lineal. Asimismo se considera que las mediciones de las variables están afectadas por errores aleatorios, no correlacionados, normalmente distribuidos con media cero y varianza coincidente con la varianza inherente al instrumento de medición.

Se propone, para el tipo de diseño planteado en (1), analizar el comportamiento de la heurística que se detalla a continuación, en términos de calidad de las soluciones obtenidas, robustez y escalabilidad con miras a su implementación para el diseño de redes de sensores en grandes plantas químicas.

3. Metodología

3.1 Algoritmos de búsqueda por entornos variables

La Búsqueda por Entorno Variable (BEV) fue propuesta por primera vez por Mladenovic (1995) y consiste en la implementación de mecanismos de búsqueda local con cambio de la vecindad durante la búsqueda, mediante la variación sistemática de las estructuras que definen un entorno para una solución dada.

Una estructura de entorno o vecindad se define a través de un criterio o condición que debe cumplir una solución potencial para ser considerada vecina. Cada criterio estará asociado con un operador que permita generar soluciones vecinas a partir de una solución inicial dada. Se considerarán tres tipos de operadores diferentes, de los cuales alguno de ellos, ya han sido utilizados en trabajos previos como mecanismos de hibridación conjuntamente con Algoritmos Evolutivos, (Carnero et al, 2009).

- Operador 1 de búsqueda local: La estructura de vecindades que se consigue mediante este operador conserva los bloques constructivos que comparten pares de soluciones y genera un entorno para las mismas que consiste de todas las soluciones alcanzables manteniendo dichas estructuras. Para esto se comparan pares de soluciones y se halla un esquema de solución parcial a partir del cual se construye la vecindad como el conjunto de todas las soluciones completas alcanzables desde la parcial.
- Operador 2 de búsqueda local: la estrategia está basada en la generación de una vecindad definida por todas las soluciones con una distancia de Hamming de 2 respecto de la solución inicial. Para ello se realizan los intercambios de bits correspondientes hasta lograr conformar dicha vecindad. El proceso finaliza si se encuentra una solución vecina que es mejor, la cual reemplaza a la inicial o bien si se ha inspeccionado toda la vecindad.
- Operador 3 de búsqueda local: En esta estructura se considera la incorporación de conocimiento específico del problema. La vecindad asociada se define como el conjunto de soluciones que difieren de la vigente por la acción de un intercambio entre una variable medida y una no medida o bien por la eliminación de una variable medida en la solución inicial. Para la exploración de esta vecindad es necesaria la utilización de las fórmulas derivadas para la clasificación de variables de proceso en sistemas lineales

Existen algunos aspectos importantes a tener en cuenta cuando se implementa una metodología de búsqueda por entornos. El primero de ellos está asociado al tamaño de la vecindad generada. Si es muy reducida, la probabilidad de alcanzar valores óptimos o soluciones de alta calidad se verá seriamente afectada, a menos que se cuente con una solución inicial que permita alcanzarlo con los operadores definidos, en tanto que si es muy grande el algoritmo requerirá una cantidad considerable y quizás prohibitiva de evaluaciones de la función objetivo. El segundo aspecto a considerar es que aun cuando se explore todo el entorno considerado, el método se detendrá cuando ninguna mejora sea posible, a menos que se incluya algún mecanismo adicional de perturbación sobre la solución corriente.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se propone incorporar la BEV dentro de un esquema que permita la generación de un conjunto de soluciones iniciales sobre las cuales se apliquen los operadores de búsqueda local y que además esté dotado de mecanismos de perturbación que garanticen de alguna manera una diversificación en la búsqueda.

La metodología propuesta consiste en un algoritmo de estimación de distribuciones, que utiliza estadísticos de orden uno para el muestreo de soluciones y que recurre a técnicas de agrupamiento (*clustering*) como estrategia de diversificación de la población considerada.

3.2 Algoritmos evolutivos equipados con técnicas de agrupamiento

Los algoritmos evolutivos, AE, resuelven problemas de optimización mediante la evolución, hasta la convergencia, de sucesivas poblaciones de soluciones. La evolución involucra básicamente la selección de buenas soluciones y la creación de nuevas mediante la combinación de material genético. Dentro de esta línea se inscriben los algoritmos de estimación de distribuciones, AED, que si bien comparten algunas características de los anteriores, presentan como aspecto distintivo que las soluciones potenciales al problema que conforman la población son consideradas como realizaciones de un vector aleatorio n -dimensional, cuya distribución conjunta de probabilidades puede ser estimada y actualizada a través de diferentes mecanismos.

De este modo, una propuesta de medición $\mathbf{q}=(q_1, q_2, \dots, q_n)$, para el problema de diseño de redes, puede ser considerada como el valor asumido por el vector aleatorio n -dimensional $\mathbf{Q} = (\mathbf{Q}_1, \dots, \mathbf{Q}_n)$, donde cada \mathbf{Q}_i puede asumir sólo dos valores: 0 o 1. Asociado con \mathbf{Q} se tiene la función de distribución de probabilidades conjunta $f(q_1, q_2, \dots, q_n)$ y con cada variable aleatoria unidimensional \mathbf{Q}_i su función de distribución marginal, esto es $P(\mathbf{Q}_i=q_i)=p_i$

Los modelos más simples de estimación consideran que la distribución conjunta puede ser factorizada como el producto de las marginales correspondiente, o en otras palabras no considera la dependencia entre las variables aleatorias intervinientes. Esta simplificación puede conducir, en problemas de optimización complejos, a que el algoritmo no sea capaz de hallar los óptimos globales o quede atrapado en subóptimos de baja calidad.

Se han reportado varios trabajos que intentan cubrir esta falencia de los EDAs simples, desde la utilización de modelos de factorización más complejos, hasta la incorporación de técnicas de información local, siendo los enfoques de nichos uno de ellos.

En términos generales, puede decirse que uno de los problemas centrales en algoritmos evolutivos, y en particular en los EDAs, es la identificación y mantención de la estructura del problema, a la vez que se promueve la diversificación en la búsqueda. Las técnicas de agrupamiento, o técnicas de cluster, han sido aplicadas como técnicas de nichos y son métodos que inducen la preservación de diversidad en la población al agrupar soluciones similares genotípicamente.

En este trabajo se propone utilizar la técnica de k -medias para agrupamiento. En ésta la partición del conjunto de soluciones propuesto, (conjunto de vectores binarios n -dimensionales), se realiza de manera tal que la distancia de los vectores a la media empírica del k -ésimo cluster sea minimizada. La métrica que aparece como más natural para ser utilizada en este problema, es la distancia de Hamming.

Una vez que las potenciales soluciones al problema han sido agrupadas, en cada cluster se aplican los operadores definidos en el punto anterior. El primero de ellos puede preservar las estructuras similares encontradas, sin embargo los restantes alteran dicha estructura, siendo necesario actualizar los grupos en cada iteración.

Por otra parte, como ya se ha mencionado, se lleva a cabo un mecanismo de alteración de las soluciones, consistente en un muestreo de la población de cada cluster, de acuerdo a su distribución de probabilidad estimada.

3.2 Algoritmo propuesto

Se detallan a continuación las características principales del algoritmo implementado:

1. Generación de una población inicial que satisfaga la condición de estimabilidad de las variables requeridas y evaluación de la calidad de las soluciones de acuerdo a la función de *fitness*, que considera una función de penalización por violación de las restricciones.

2. Partición del conjunto de soluciones en k grupos mutuamente excluyentes utilizando el método de k -medias.
3. Aplicación de la BEV: en cada grupo se aplican los operadores definidos de búsqueda por entornos, con cierta probabilidad, p_{ac} .
4. Actualización de los grupos y de las características que identifican cada cluster: número de individuos, *fitness* de cada uno de ellos, vector de probabilidades estimado y mejor solución dentro del grupo.
5. Generación de descendencia en cada grupo: A partir del vector de probabilidad correspondiente se crean nuevos individuos que reemplazan a las peores soluciones de cada grupo. La cantidad de nuevos individuos generados, es un parámetro de diseño, fijado como una fracción, cr , del tamaño del grupo considerado.
6. Criterio de detención: el algoritmo utiliza como criterios de detención tres opciones: cuando se alcanza el valor óptimo de referencia, cuando la mejor solución obtenida no registra variación en un determinado número de iteraciones, $NRPT$, o bien cuando se ha alcanzado un número máximo de iteraciones, $NITER$, prefijadas.

4. Resultados

Se resolvieron tres casos de diseño óptimo diferentes, correspondientes a dos procesos con número de variables crecientes. En primer lugar se consideró la selección de un conjunto de caudalímetros para una red de vapor en una planta de producción de metanol (SMNT). El proceso consiste de 11 unidades interconectadas por 28 corrientes. Los datos de costos de adquisición de los sensores y desvío estándar asociado a los errores de medición se obtuvieron del trabajo de Sen y col., (1998). Para el caso de estudio 1, se impusieron restricciones de precisión sobre las siguientes variables: $\sigma_2^*=0.025$, $\sigma_6^*=1.7851$. Además el flujo correspondiente a la corriente 1 que puede ser medido o no, debe ser observable.

En el caso de estudio 2 el conjunto de variables estimables es $S_E = [2 \ 10 \ 28]$ con las siguientes restricciones de precisión: $\sigma_{10}^*=1.0482$ y $\sigma_{28}^*=1.4446$.

Como ejemplo de mayor envergadura, se resolvió el diseño correspondiente a una planta de amoníaco simplificada, que consta de 82 corrientes y 47 unidades. Se supone que los caudalímetros disponibles miden con un desvío del 2.5% de valor verdadero del flujo, (Carnero et al., 2005). Las restricciones impuestas al diseño son: $S_E = [5 \ 12 \ 14 \ 35 \ 37 \ 44 \ 62 \ 70 \ 77]$, $\sigma_{10}^*=1584.2$, $\sigma_{17}^*=1359.6$, $\sigma_{35}^*=200.7$, $\sigma_{39}^*=1580.6$, $\sigma_{56}^*=122.72$, $\sigma_{69}^*=1284.4$

Todos los casos de estudio o problemas test considerados, han sido resueltos anteriormente utilizando otras metodologías, (Carnero et al., 2005) y por lo tanto se conocen valores de referencia que permiten evaluar el desempeño de la metodología propuesta. Dichos valores aparecen en la Tabla 4.1 como mejor valor encontrado para cada caso.

Los valores de los parámetros, comunes a todos los algoritmos ejecutados, fueron $k=6$; $cr=0.5$, probabilidad de aplicación de operadores de búsqueda, $p_{ac}=0.5$, $NRPT=10$, $NITER = 100$.

Se diseñaron experiencias para observar el comportamiento de los operadores de búsqueda local combinados de diferente manera en el algoritmo principal. Se realizaron, para cada caso, 20 ejecuciones de cada algoritmo registrándose los valores mínimos, coeficiente de variación sobre los mejores valores encontrados, CV, y la cantidad de evaluaciones de la función objetivo, $nval$, tal como puede observarse en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Desempeño de los algoritmos propuestos

Tipo de Diseño Mejor Conocido	Estadísticos	ALGORITMO BEV+EDAs				SOLO BEV
		OP1	OP2	OP3	OP123	OP123
Diseño 1 533.56	Mínimo	533.56	533.56	533.56	533.56	533.56
	CV	0.0161	0	0.0156	0.0	0.00352
	<i>nval</i>	10545	31500	19317	5189	23552
Diseño 2 894.86	Mínimo	894.86	894.86	894.86	894.86	894.86
	CV	0	0	0.0084	0	0.0944
	<i>nval</i>	5816	27015	16877	14385	74711
Diseño 3 50845,37	Mínimo	51049	52495	50903	50845.16*	61683
	CV	0.1054	0.0274	0.05	0.081	0.12
	<i>nval</i>	36522	27336	33694	71430	165436

Además se evaluó el desempeño de la BEV como única metodología de búsqueda, siendo los resultados obtenidos los que aparecen en la última columna de la Tabla 4.1. En este caso el valor de p_{ac} se fijó en 1.

Si se analizan los estadísticos mínimo de la muestra y CV, como medida de la calidad de las soluciones obtenidas, puede apreciarse que el algoritmo que utiliza los tres operadores definidos es el que mejor desempeño exhibe. En el caso del diseño 3 logra obtener un resultado ligeramente inferior que el mejor conocido.

Por otro lado, cuando se considera sólo la búsqueda por entornos variables, todos los resultados tienen un CV distinto de cero, lo cual indica la influencia de las soluciones iniciales sobre los mínimos encontrados. En el caso de 82 variables se ve aún más acentuada la pérdida de calidad en las soluciones encontradas.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó una metaheurística que combina aspectos característicos de algoritmos evolutivos con búsqueda local con entornos variables para el diseño de redes de instrumentación en plantas de proceso. Los resultados obtenidos muestran que la BEV diseñada, al ser utilizada como única técnica de optimización, puede resultar eficaz en algún caso de diseño aislado, pero carece de la robustez necesaria para ser utilizada como herramienta de diseño general. La inclusión de técnicas de agrupamiento como una forma de partición del espacio de búsqueda en subregiones que comparten características genotípicas junto con la evolución por muestreo característica de los EDAs, aporta diversidad al método, siendo el algoritmo de mejor desempeño observado aquel que utiliza los tres operadores propuestos.

6. Bibliografía

- Mladenovic, N. (1995). A variable neighborhood algorithm: A new metaheuristic for combinatorial optimization, Abstracts of papers presented at Optimization Days, p. 112.
- Carnero, M.; Hernández, J.; Sánchez, M. (2009a). Design of Sensor Networks for Chemical Plants based on Metaheuristics ALGORITHMS, Vol 2 N° 1, pp. 259-281.
- Carnero, M.; Hernández, J.; Sánchez, M. Optimal Sensor Network Design and Upgrade using Tabu Search, Comp. Aided Chem. Eng. 2005, 20, 1447-1452.
- Chao-An, L., C. Chuei-Tin, K. Chin-Leng and C. Chen-Liang. (2003) Optimal Sensor Placement and Maintenance for Mass-Flow Networks, Industrial and Engineering Chemistry Research, 42, 4366.

- Chmielewski, D., Palmer, T.; Manousiouthakis, V. (2002) On the Theory of Optimal Sensor Placement. *AIChE J.*, 48, 1001–1012.
- Emmendorfer, L., Ramirez Pozo, A. (2009) Effective Linkage Learning Using Low – Order Statistics and Clustering. *IEEE Transactions on evolutionary Computation*, vol13, Nº6, pp 1233-1246.
- Gala, M.; Bagajewicz, M. (2006b) Efficient Procedure for the Design and Upgrade of Sensor Networks Using Cutsets and Rigorous Decomposition. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 6687-6697.
- Gala, M.; Bagajewicz, M. (2006a) Rigorous Methodology for the Design and Upgrade of Sensor Networks Using Cutsets. *Ind. Eng. Chem. Res.* 45, 6679-6686.
- Gerkens, C.; Heyen, G. (2008) Sensor placement for fault detection and localization. *Escape 18 Congress*, Lyon, France.
- Larrañaga, P. and Lozano, J. A. (2002) A review on EDAs, in *Estimation of Distribution Algorithms: A New Tool for Evolutionary Computation*. Norwell, MA: Kluwer, ch 3.
- Nguyen, D.Q., Bagajewicz, M. Parallel computing approaches to sensor network design using the value paradigm. *Computers & Chemical Engineering* 35(6): 1119-1134, 2011.
- Nguyen, D.Q., Bagajewicz, M. (2009) Approximate Method for Optimal Instrumentation Network Design. *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 26, pp.315-320.

27TCQ. UTILIZACIÓN DE CAOLÍN CALCINADO COMO PUZOLANA: DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE CALCINACIÓN.

TIRONI, A.^a; TREZZA, M.A.^a; SCIAN, A.N.^b; IRASSAR, E.F.^a

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av. del Valle 5737, (7400) Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

^bCentro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica –CONICET La Plata – UNLP. Cno. Centenario y 506, (1897) Gonnet, Argentina.

E-mail: atironi@fio.unicen.edu.ar

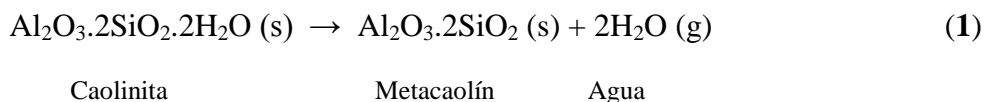
Resumen: La utilización de puzolanas como reemplazo parcial del cemento contribuye al aumento de la resistencia y durabilidad de los morteros, a la vez que disminuye el impacto ambiental. El caolín calcinado puede ser utilizado como puzolana. En este trabajo se analizó la utilización de un caolín procedente de La Rioja, Argentina, con el fin de determinar la temperatura óptima a utilizar durante la calcinación del mismo para maximizar su reactividad con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, posicionándolo como una buena puzolana. Para esto se realizaron estudios cinéticos que permitieron obtener valores de constantes de velocidad de reacción, los cuales fueron utilizados para seleccionar la mejor temperatura de calcinación, resultando la misma de 700°C.

1. Introducción:

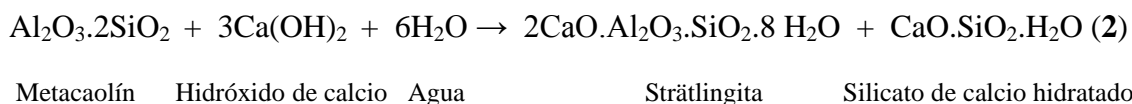
La utilización de puzolanas como reemplazo parcial del cemento contribuye al aumento de la resistencia y durabilidad de los morteros, a la vez que disminuye el impacto ambiental (Samet et al., 2007). Durante la producción de cemento portland se consume una gran cantidad de energía y se emiten grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, haciendo vulnerable su futuro como el material de construcción más importante. Además de la energía utilizada para la extracción, transporte y procesamiento de las materias primas, se debe considerar la energía consumida durante la producción. Esta última es de gran importancia ya que el proceso de clinkerización mediante el cuál se obtiene el cemento, requiere de una temperatura muy alta (1350-1450 °C). Por otra parte, la producción de 1 tonelada de cemento portland genera una emisión de CO_2 de 0,8 toneladas aproximadamente (Yang et al., 2007).

Se define como puzolanas a aquellos materiales que, a temperatura ambiente y en presencia de agua, reaccionan con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ producido durante la hidratación del cemento formando compuestos cementantes.

Las arcillas caoliníticas calcinadas pueden ser utilizadas como puzolanas (Murat, 1983; Samet et al. 2007; Bich et al., 2009). Las arcillas están constituidas por mezclas de diversas especies minerales, aquellas que poseen un alto porcentaje del mineral arcilloso Caolinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), se denominan caolín. La principal impureza con que se la encuentra en forma natural es el cuarzo (Mari, 1998). Cuando se calcina el caolín entre 400 y 700°C, se produce la deshidroxilación de la Caolinita presente y se obtiene metacaolín (1). El metacaolín (MK) aporta la sílice y la alúmina reactiva, mientras que su efectividad como puzolana dependerá del grado de deshidroxilación y del acomodamiento o superficie disponible para la reacción. Si el MK obtenido es expuesto a mayores temperaturas, se obtiene la fase de transición Espinela Premullita a 980°C aproximadamente y luego Mullita a partir de los 1200-1350°C.



Cuando se mezcla MK con cemento para la elaboración de morteros, aumenta la resistencia a la compresión debido a la reacción del mismo con el Ca(OH)₂. Según (Murat, 1983) los principales productos de reacción son strätlingita y silicato de calcio hidratado, como se muestra en la reacción (2). Ambos precipitan otorgando mayor resistencia al mortero.



2. Objetivo:

Determinar la temperatura óptima a utilizar durante la calcinación de un caolín constituido por un elevado porcentaje de Caolinita de estructura ordenada, con el fin de maximizar su reactividad con Ca(OH)₂, posicionándolo como una buena puzolana.

3. Método:

Caracterización de la muestra

Se empleó un caolín procedente de Patquia, La Rioja, Argentina. En la **Tabla 1** se muestra el análisis químico correspondiente, donde se observa un elevado porcentaje de SiO₂ y Al₂O₃. El análisis mineralógico y estructural del caolín fue realizado mediante difracción de rayos X (DRX) y análisis térmico diferencial-térmico gravimétrico (DTA/TG). El espectro DRX fue obtenido utilizando un equipo Philips X'Pert PW 3710, con ánodo de cobre y monocromador de grafito operando a 40 kV y 20 mA. El análisis DTA/TG fue realizado con un equipo NETZSCH, mod. STA 409C, hasta 1500°C.

Tabla 1. Análisis químico del caolín y pérdida por calcinación (PxC).

Composición química (%)								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	PxC
45,9	37,0	0,77	0,08	0,12	0,06	0,40	0,99	13,30

Calcinación

Previo a la calcinación, la muestra de caolín fue molida en forma manual a un tamaño inferior a 4 mm (100 % pasante Tamiz IRAM 4,00 mm, N°5), para evitar problemas de difusión y homogeneizar la transferencia de calor durante el tratamiento térmico. Posteriormente se colocó en forma de cama en un recipiente y se calcinó en un Horno Indef 272, aumentando la temperatura hasta el valor deseado (T) a razón de 13 °C por minuto y manteniendo este valor durante 30 minutos. La muestra se dejó enfriar lentamente dentro de la mufla hasta los 400 °C, y posteriormente en un desecador hasta temperatura ambiente. Las diferentes temperaturas de calcinación utilizadas fueron: 700, 750 y 800 °C, estas temperaturas fueron seleccionadas utilizando el análisis DTA/TG, perteneciendo todas al rango de estabilidad del metacaolín. Las muestras calcinadas fueron molidas en un molino tipo mortero (Fritsch pulverisette 2), entregando en todos los casos igual cantidad de energía.

Actividad Puzolánica

La actividad puzolánica fue evaluada mediante el método de conductividad eléctrica (Qijun et al., 1999). Este ensayo fue realizado mezclando una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 40 °C con caolín calcinado. La conductividad eléctrica de la mezcla se midió utilizando un conductímetro Jeway 4010. La caída en la conductividad eléctrica observada fue debida a la disminución de la concentración de iones Ca^{2+} y OH^- . Esto se atribuye al consumo de los iones mencionados por parte del caolín calcinado para formar un producto de reacción similar al producido por la hidratación del CPN.

Cinética

Se realizó un análisis de la velocidad de reacción entre el caolín calcinado y la solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 40°C. La cinética fue estudiada mediante un análisis en tiempo real, midiendo la disminución de la concentración de los reactivos de manera indirecta utilizando la conductividad eléctrica. Se determinó en forma empírica la ley de velocidad de la reacción y luego para cada temperatura de calcinación utilizada, se determinó el valor de la constante de velocidad (Atkins, 1991). Finalmente se correlacionó el valor de dicha constante con la temperatura de calcinación utilizada.

4. Resultados:

Caracterización del caolín

Utilizando el diagrama de difracción de rayos X (**Figura 1**) se identificó como fase principal la Caolinita (K) y como fases minoritarias el Cuarzo (Q) y la Anatasa (A). Los picos asignados a la Caolinita son intensos y agudos, lo que indica una estructura ordenada (Aparicio y Galán, 1999).

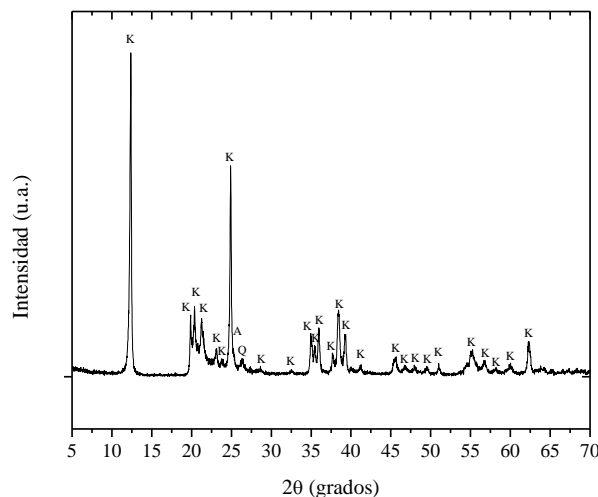


Figura 1- DRX muestra de caolín.

Los resultados del análisis DTA/TG se muestran en la **Figura 2**. Utilizando la pérdida de masa ocurrida cuando la Caolinita se transforma en MK (**Figura 2a**), se calculó el % de Caolinita en el caolín, resultando el mismo del 98%. Mediante DTA se determinó la temperatura de deshidroxilación, siendo de 577,2 °C (centro del pico endotérmico). Analizando los ángulos correspondientes al pico endotérmico de la transición de Caolinita a MK en dicho diagrama (**Figura 2b**), se calcula el “Slope Rate“, siendo este de $1.76 < 2$, por lo que la muestra según Bich et al. (2009) posee pocos defectos superficiales. El pico exotérmico a 984,6 °C se asigna a la transformación de MK (amorfo) a Espinela Premullita.

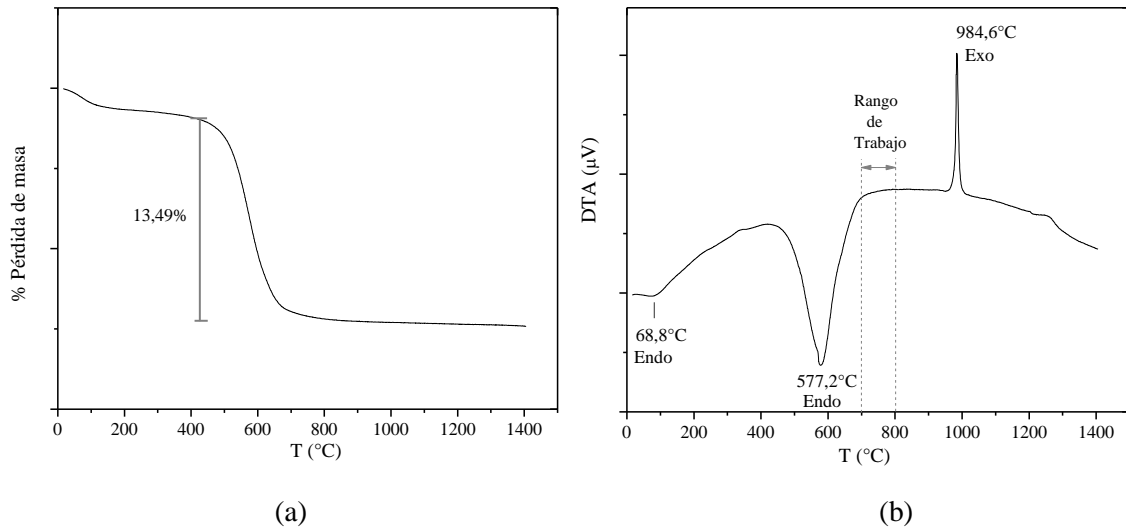


Figura 2- Análisis DTA a) y TG b) del caolín.

Conductividad

Las medidas de conductividad realizadas a la muestra de caolín calcinada a diferentes temperaturas, dieron como resultado una disminución de la misma a medida que transcurría el tiempo de reacción. Este descenso se debe a la disminución de los iones Ca^{+2} y OH^- presentes en la solución, por reacción de los mismos con MK (2).

El descenso de dicho valor fue mayor en la muestra tratada a 700 °C, siguiendo la calcinada a 750 °C y finalmente a 800°C.

Cinética

Para la reacción entre el caolín calcinado utilizado y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en solución a 40°C (2), se encontró como mejor ajuste una ley de velocidad de orden 5, como se muestra en la ecuación (3). Donde CE es la conductividad eléctrica en mS, k la constante cinética y t el tiempo medido en minutos.

$$d(\text{CE})/dt = -k (\text{CE})^5 \quad (3)$$

Esta ecuación se resuelve para dar (4):

$$1/(\text{CE})^4 = 4kt + 1/(\text{CE}_0)^4 \quad (4)$$

donde CE_0 , es el valor de la conductividad eléctrica inicial.

El valor de la constante cinética k, fue determinado para cada muestra calcinada a distintas temperaturas (700, 750 y 800 °C). Para esto se representó en forma gráfica la inversa de la conductividad eléctrica elevada a la cuarta en función del tiempo de reacción (Figura 3).

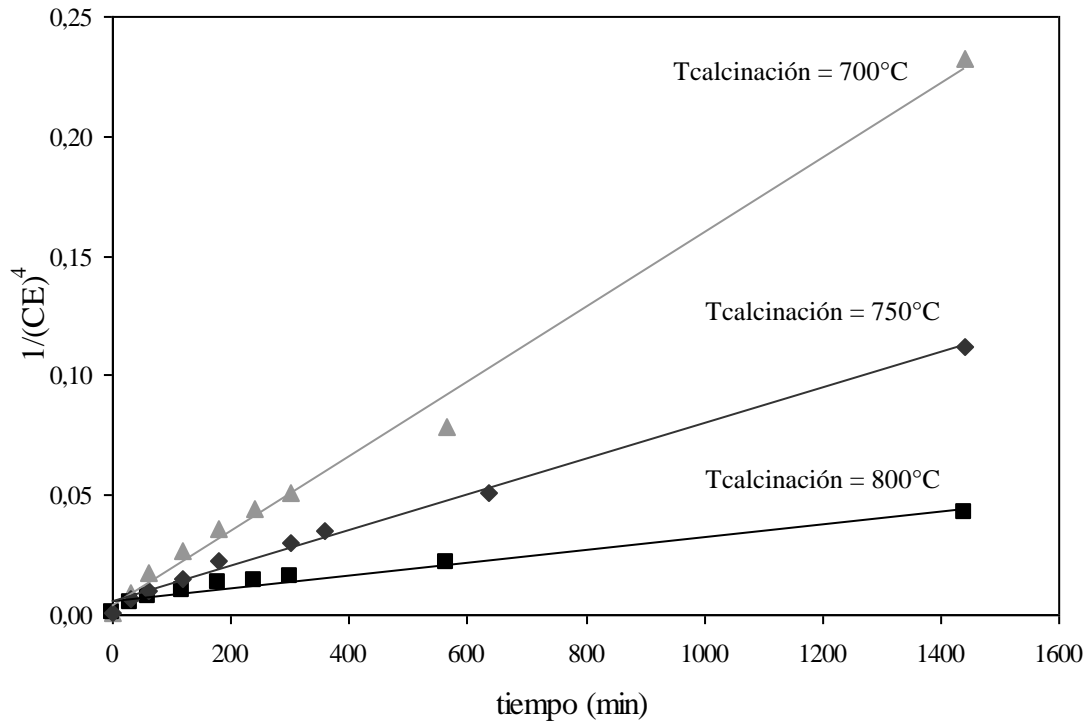


Figura 3- Determinación de la constante cinética k a 40°C, para caolín calcinado a diferentes temperaturas.

En la **Tabla 2** se encuentran los valores de las constantes cinéticas obtenidas a 40°C, para las diferentes temperaturas de calcinación del caolín.

Tabla 2- Valores de la constante cinética k correspondientes a las distintas temperaturas de calcinación del caolín. Parámetro de ajuste R².

T calcinación (°C)	k (mS ⁻⁴ min ⁻¹)	R ²
700	0,000040	0,993
750	0,000018	0,994
800	0,000008	0,956

Se determinó a partir del análisis cinético, que cuando mayor es la temperatura a la cuál se calcina el caolín para obtener la fase reactiva MK, menor es la constante de velocidad obtenida y por lo tanto menos reactivo el MK formado.

La constante de velocidad a 40°C medida a través de la conductividad eléctrica, puede correlacionarse con la temperatura de calcinación del caolín mediante una ecuación del tipo Arrhenius (4).

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (4)$$

De esta manera se determina el valor de la energía de activación E_a cuando se grafica lnk en función de 1/T (**Figura 4**). Dicha energía es la asociada a la transformación de arcilla a metacaolín a partir de 700 °C, se obtuvo como resultado E_a = -145 kJ. El valor negativo hallado para E_a, indica que un aumento de la temperatura de calcinación no favorece la reactividad del MK obtenido. Esto puede atribuirse a que a partir de los 700 °C (**Figura 2**), temperatura a la cuál finaliza el pico endotérmico correspondiente a la deshidroxilación de la Caolinita, mayores temperaturas producen cambios estructurales que disminuyen la cantidad de fase reactiva. Se debe considerar también, que el MK es una fase intermedia, si se lo siguiera calcinando a mayores temperaturas, se obtendría a partir de los 984°C la fase premullita (**Figura 2**).

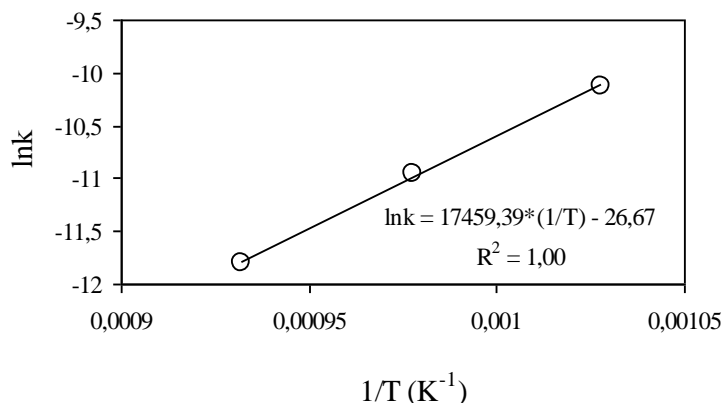


Figura 4- Cálculo de la energía E.

5. Conclusiones:

La calcinación de un caolín con elevado porcentaje de Caolinita y estructura ordenada a temperaturas entre los 700 y 800 °C, produce fase amorfa metacaolín que actúa como puzolana. Mediante ensayos de conductividad eléctrica es posible analizar el comportamiento puzolánico del metacaolín obtenido. Los estudios cinéticos realizados, permitieron obtener valores de constantes de velocidad de reacción, los cuales fueron utilizados para seleccionar la mejor temperatura de calcinación. Se concluye que para la muestra analizada, la temperatura óptima de calcinación es la correspondiente a la finalización del pico endotérmico asignado a la formación de metacaolín.

6. Bibliografía:

- Aparicio, P.y Galan, E. (1999). Mineralogical interference on kaolinite crystallinity index measurements. *Clays and Clay Minerals*, 47: 12-27.
- Atkins, P.W. (1991). *Fisicoquímica*, tercera edición. Ed. Addison-Wesley Iberoamerican, S.A., Impreso en USA.
- Bich, Ch., Ambroise, J., Péra, J. (2009). Influence of degree of dehydroxylation on the pozzolanic activity of metakaolin. *Applied Clay Science*, 44: 194-200.
- Mari, E.A. (1998). *Los Materiales Cerámicos*. Librería y Editorial Alsina, Bs. As.
- Murat, M. (1983). Hydration reaction and hardening of calcined clays and related minerals. II. Influence of mineralogical properties of the raw-kaolinite on the reactivity of metakaolinite. *Cement and Concrete Research*, 13: 511-518.
- Qijun, Yu, Sawayama, K., Sugita, S., Shoya, M., Isojima, Y. (1999). The reaction between rice husk ash and Ca(OH)₂ solution and the nature of its product. *Cement and Concrete Research*, 29: 37-43.
- Samet, B., Mnif, T., Chaabouni, M. (2007). Use of a kaolinitic clay as a pozzolanic material for cements: Formulation of blended cement. *Cement & Concrete Composites*, 29: 741-749.
- Yang, K.H., Hwang, H.Z., Kim, S.Y., Song, J.K. (2007). Development of a cementless mortar using hwangtoh binder. *Building and Environment*, 42: 3717-3725.

28TCQ. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UN LECHO FLUIDIZADO CÓNICO DE PARTÍCULAS GELDART EN 2D Y 3D POR FLUIDODINÁMICA COMPUTACIONAL

MUÑOZ, V. N.⁽²⁾; MIRANDA, M.G.⁽²⁾; ZAMBON, M.T.^(1,2); BUCALÁ, V.⁽³⁾,
MAZZA, G.D.^(1,2)

- (1) Instituto Multidisciplinario de Investigación y Desarrollo de la Patagonia Norte (IDEPA, CONICET-UNCo).
- (2) Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue - mariana.zambon@fain.uncoma.edu.ar
- (3) PLAPIQUI (CONICET-UNS)

Resumen: La urea granulada es uno de los fertilizantes más utilizados actualmente en el agro y desde el año 2000 este importante insumo es fabricado en la Argentina. Los granuladores de lecho fluidizado se encuentran entre los equipos potencialmente utilizados en las plantas de fertilizantes y el estudio detallado de la hidrodinámica de la operación de estos granuladores ha cobrado relevancia debido, fundamentalmente, a su influencia sobre la calidad del producto final.

Este trabajo comprende el estudio de la hidrodinámica de un lecho fluidizado aire-urea de geometría cónica, aplicando la técnica de fluidodinámica computacional (CFD), con el fin de lograr un conocimiento exhaustivo de su comportamiento. La información obtenida a partir de las simulaciones es contrastada con datos experimentales observándose una muy buena concordancia en todos los parámetros estudiados.

1. Introducción:

Numerosos procesos industriales incluyen operaciones de granulación para convertir líquidos atomizados en sólidos granulares. Se destacan, principalmente la industria farmacéutica, alimenticia y la de fertilizantes. En particular esta última ha cobrado relevancia en Argentina debido a la intensa actividad agrícola-ganadera y la urea granulada constituye uno de los fertilizantes más utilizados.

En las plantas de fertilizantes, los granuladores son equipos centrales debido al impacto directo que tienen sobre la calidad del producto y el costo de producción. La utilización de granuladores de lecho fluidizado presenta numerosas ventajas frente a procesos alternativos, entre las que se destaca el acoplamiento de las etapas de atomización, granulación, secado y enfriamiento en una única unidad de procesamiento (Bertín y colab., 2007). La interpretación minuciosa y la representación detallada de la hidrodinámica de la operación de estas unidades, son indispensables para asegurar la calidad del producto final. En este contexto, el presente trabajo se orienta al estudio de la fluidodinámica de un lecho fluidizado cónico de partículas esféricas de urea, con aire como agente fluidizante, considerando a los sólidos en el punto en que han alcanzado su tamaño definitivo. Esta contribución constituye una primera etapa que permitirá posteriormente abordar la simulación completa del proceso de granulación en lecho fluidizado a partir de la atomización de urea fundida.

En general, es posible simular un lecho fluidizado por CFD, aplicando dos enfoques alternativos. El modelo Lagrangiano resuelve las ecuaciones de balance para cada partícula considerando las colisiones partícula-partícula y las fuerzas que actúan sobre ellas, mientras que el modelo Euleriano considera, para resolver las ecuaciones de

continuidad y cantidad de movimiento, la existencia de medios continuos y completamente inter-penetrantes. En este trabajo se aplica el enfoque euleriano ya que arroja excelentes resultados en la simulación de lechos fluidizados gas-sólido (Taghipour et al., 2005, Hosseini et al., 2010).

Otro aspecto a considerar es la elección del modelo de arrastre que rige las interacciones existentes entre las partículas y el gas. En base a trabajos previos (Mora Basaure et al., 2010) se ha seleccionado el modelo de O'Brien para este estudio.

2. Objetivos:

El objetivo de este trabajo consiste en el estudio de la hidrodinámica de un lecho fluidizado aire-urea, aplicando la técnica de fluidodinámica computacional, a fin de lograr un conocimiento exhaustivo de su comportamiento, abarcando los principales indicadores tales como velocidad de mínima fluidización, pérdida de carga, expansión del lecho y formación de burbujas (estudio del tamaño, forma y velocidad).

3. Metodología:

Se utilizó la licencia académica del software de fluidodinámica computacional ANSYS-Fluent 13.0, basado en el método numérico de volúmenes finitos. Las simulaciones se llevaron a cabo en estado transitorio. Se aplicó el modelo multifásico eulerian-eulerian que incorpora la teoría cinética granular para describir el comportamiento del sistema bifásico. Se llevaron a cabo las simulaciones del lecho fluidizado en 2D y 3D. Las condiciones de contorno utilizadas fueron: *velocity inlet*, *pressure outlet* y *wall*.

Se plantean distintas condiciones operativas y la información obtenida a partir de las simulaciones es contrastada con los valores experimentales de propiedades relevantes.

Instalación experimental y ensayos realizados:

El equipo granulador de urea en escala piloto instalado en PLAPIQUI consistente en un lecho cónico en acero inoxidable de 0.7 m de altura y diámetros inferior y superior de 0.15 y 0.3 m respectivamente. El distribuidor está constituido por un plato perforado con 148 orificios de 3 mm de diámetro, con arreglo cuadrado.

Para llevar a cabo las mediciones, se cargó el lecho con 2 kg de urea granulada de 2.6 mm de diámetro promedio. La altura estática alcanzada por el lecho fue de 0.12 m y la porosidad de 0.4. Se monitorearon, para distintas velocidades superficiales del gas, la pérdida de carga y la expansión del lecho. Se trabajó en un rango de velocidades del aire comprendido entre 0.25 y 2.97 m.s⁻¹.

El registro de la pérdida de carga se efectuó con una frecuencia de 5 segundos, advirtiéndose en las lecturas importantes fluctuaciones. El comportamiento observado es característico de las partículas grandes, del tipo Geldart D, como las utilizadas en esta experiencia.

4. Resultados y discusión:

En esta sección se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de los principales parámetros que caracterizan el comportamiento fluidodinámico del par urea-aire, obtenidos a partir de simulaciones efectuadas en 2D y 3D, conjuntamente con los datos obtenidos experimentalmente.

Pérdida de carga

En la [Figura 1](#) se muestran los valores de pérdida de carga obtenidos por CFD y medidos experimentalmente a partir de la situación de lecho en reposo, en función de la velocidad superficial del gas.

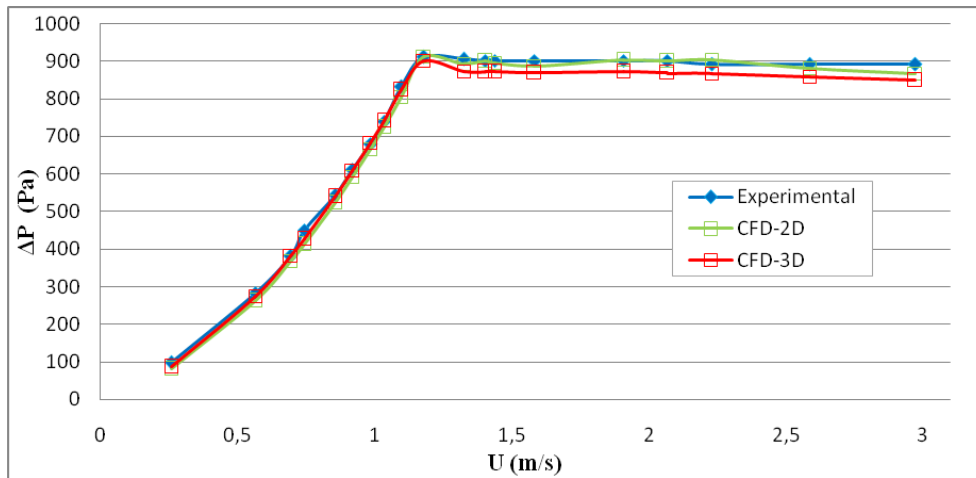


Figura 1- Pérdida de carga vs. velocidad superficial del aire

La [Figura 1](#) permite visualizar que si bien ambas simulaciones, en 2D y 3D, reproducen el comportamiento del lecho en todo el rango de velocidades exhibido, la concordancia de los valores calculados en 2D con los datos experimentales es superior. La causa de este comportamiento podría radicar en la calidad de las mallas ya que se utilizaron volúmenes de control del tamaño de 1 mm en la geometría 2D y de 3.65 mm en la geometría 3D. La selección de un tamaño de mayor de grilla responde al excesivo tiempo de cómputo requerido (para cada velocidad del gas, el tiempo de cómputo en 3D es de 5 días, mientras que, para 2D se requieren solo 14 hs).

Velocidad de mínima fluidización

El método empleado para determinar la velocidad de mínima fluidización, tanto para los datos obtenidos por CFD como para los experimentales, consiste en graficar la pérdida de carga en función de la velocidad del gas, calcular las líneas de tendencia de ambas zonas, lecho en reposo y lecho fluidizado y, finalmente, evaluar el punto de intersección de ambas curvas que es coincidente con la velocidad de mínima fluidización.

La [Figura 2](#) muestra este cálculo para los datos obtenidos de las simulaciones en 3D.

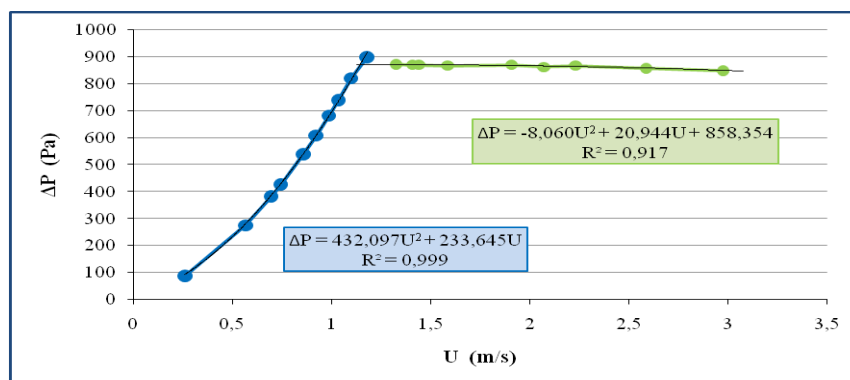


Figura 2- Pérdida de carga vs. Velocidad superficial, con las líneas de tendencia utilizadas para determinar la velocidad de mínima fluidización.

La velocidad de mínima fluidización determinada a partir de la intersección de las líneas de tendencia es $U_{mf} = 1.1756$ m/s.

En la **Tabla 1** se resumen los valores de velocidad de mínima fluidización hallados, incluyendo el valor calculado a partir de la correlación de **Pen y Fan (1995)**, desarrollada específicamente para lechos de geometría cónica.

Velocidad de mínima fluidización			
Calculada a partir de datos experimentales	Calculada por correlación de Peng y Fan (1996)	Calculada a partir de simulaciones 3D	Calculada a partir de simulaciones 2D
1,1686 m/s	1,1615 m/s	1,1756 m/s	1,1605 m/s
Error %	0,607	0,599	0,693

Tabla 1- Cálculo de la velocidad de mínima fluidización

Los errores evaluados con respecto al valor experimental permiten concluir que todos los métodos aplicados en este trabajo para evaluar la velocidad de mínima fluidización, presentan una excelente concordancia con el valor observado experimentalmente.

Expansión del Lecho

En la **Figura 3** se presentan las alturas medias alcanzadas por el lecho evaluadas por CFD y medidas experimentalmente.

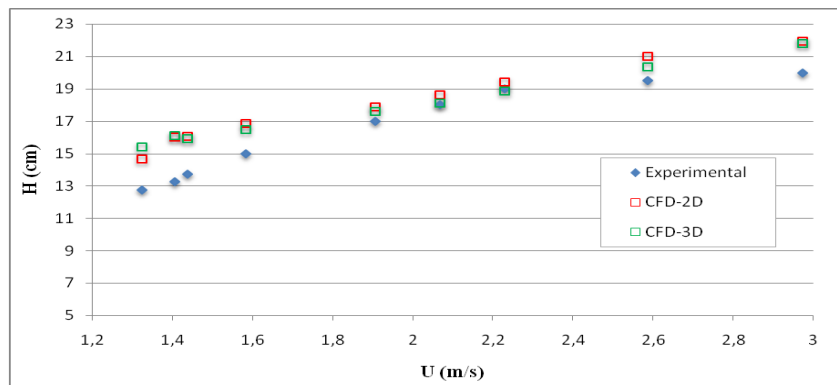


Figura 3- Alturas medias del lecho obtenidas por CFD y experimentalmente.

Los errores promedio de las alturas simuladas en 2D y 3D con respecto a las expansiones medidas son de 9.99 y 10.2 % respectivamente. Los resultados obtenidos con ambos enfoques son muy similares, razón por la cual, en lo que respecta a la evaluación de la expansión del lecho, no se justifica efectuar simulaciones en 3D por el costo computacional que ello implica.

Caracterización de la fase burbuja

A partir de las simulaciones llevadas a cabo en 3D es posible evaluar las principales propiedades de las burbujas, incluyendo: diámetro, velocidad de ascenso y forma.

Diámetro de las burbujas, d_B

Las **Figuras 4, 5, 6 y 7** muestran los valores de d_B en función de la altura sobre el distribuidor, evaluados por CFD y calculados a partir de las correlaciones de **Darton (1977)** y **Geldart (1972)**, para distintas velocidades superficiales del gas, U .

En la secuencia de gráficos presentada, se puede observar una muy buena concordancia entre las ecuaciones de Darton (1977) y Geldart (1972) y los valores obtenidos por CFD para velocidades cercanas a la de mínima fluidización, mientras que, para velocidades mayores, las predicciones de Geldart (1972) arrojan valores de diámetro excesivamente grandes. Para velocidades alejadas de la velocidad de mínima fluidización, la correlación de Darton (1977) comienza a apartarse de los valores obtenidos por simulación. Esta desviación posiblemente se deba a que la correlación no considera el fenómeno de ruptura (*splitting*) de las burbujas, fenómeno que se torna importante conforme aumenta la velocidad del agente fluidizante.

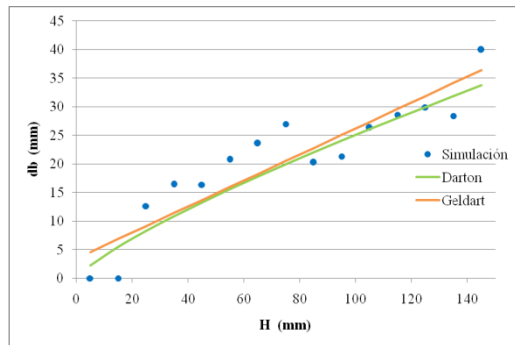


Figura 4 - Gráfico para $U = 1,32$ m/s

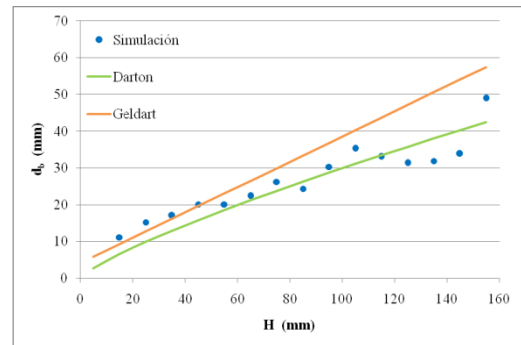


Figura 5 - Gráfico para $U = 1,40$ m/s

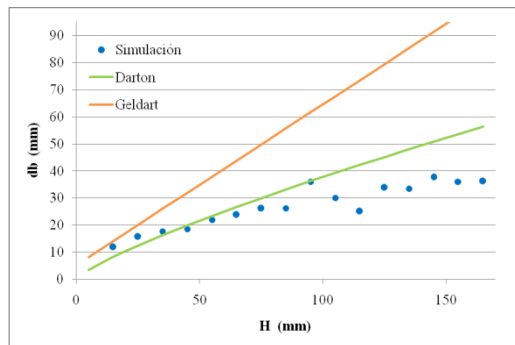


Figura 6 - Gráfico para $U = 1,58$ m/s

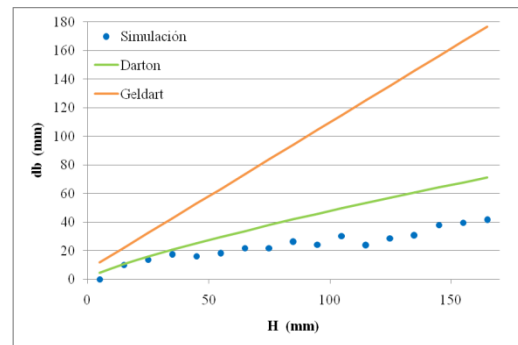


Figura 7 - Gráfico para $U = 1,90$ m/s

Esfericidad de las Burbujas

La esfericidad permite caracterizar a las burbujas según su forma o aspecto. Esta propiedad cuantifica la cercanía de la geometría de un objeto con la forma esférica.

El área real de las burbujas fue medida sobre isosuperficies en 3D definidas para una fracción volumétrica del sólido del 10%. Para realizar el análisis se utilizó el *software 3ds Max*. El área de la esfera equivalente en volumen, es el área de una esfera que posee el mismo volumen que la burbuja. La Figura 8 muestra la evolución de la esfericidad media de las burbujas en función de la altura sobre el distribuidor, para una velocidad de $1,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

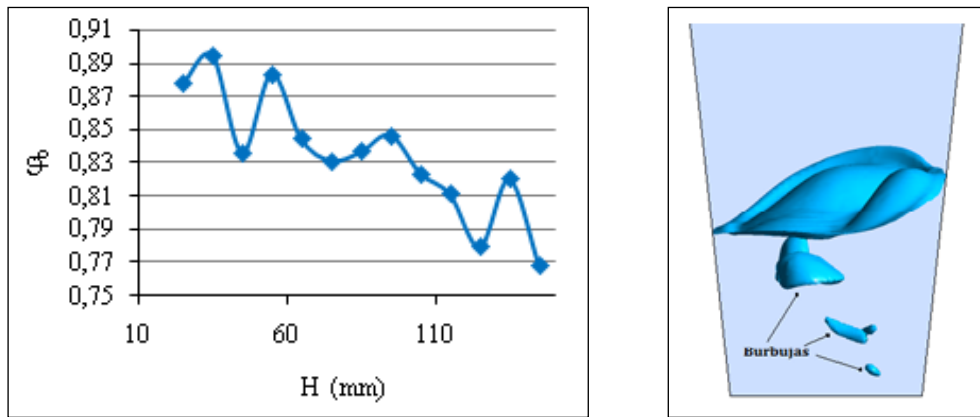


Figura 8- Esfericidad vs. Altura sobre el distribuidor, para $U = 1,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

En la Figura 8 puede observarse que la esfericidad es elevada en la zona cercana al distribuidor. Esto indica que al formarse, las burbujas presentan una forma altamente esférica, mientras que al ascender, como consecuencia de los fenómenos de coalescencia y partición, van perdiendo esta característica, llegándose a encontrar burbujas cilíndricas en la parte media del lecho y con forma de medialuna en la zona superior, cerca del *freeboard*.

Velocidad de Ascenso de las Burbujas, u_{Br}

La velocidad de ascenso de una burbuja se puede evaluar a partir de la información que brinda la CFD como el cociente entre el desplazamiento vertical del centro de masa de la burbuja calculado en un paso de tiempo y la duración de dicho intervalo. Para obtener los valores medios de velocidad en función de la altura, se dividió al lecho en secciones de 1 cm de altura y se promediaron las velocidades de las burbujas que se encuentran en una misma zona. En la Figura 9 se muestran las velocidades medias obtenidas por CFD junto con las calculadas a partir de la ecuación predictiva de Davidson y Harrison (1963) (D&H).

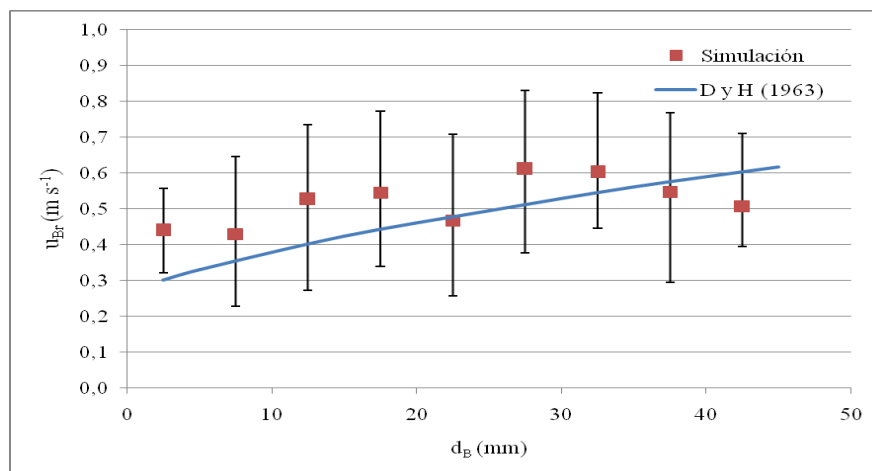


Figura 9. Comparación de las velocidades de ascenso de las burbujas vs. Diámetro, para $U = 1,32 \text{ m/s}$.

La Figura 9 muestra los valores de u_{Br} calculados (línea azul) por D&H y los valores obtenidos por CFD con las cotas de máximo y mínimo. El error medio entre la ecuación y el cálculo por CFD es de 16.5 %. Las tendencias ratifican que, aceptando la variabilidad del comportamiento de las burbujas en determinados sistemas, la ecuación de D&H es una vía útil y rápida para evaluar u_{Br} .

5. Conclusiones:

Se realizó el estudio de un lecho fluidizado de base cónica que opera en régimen burbujeante, por CFD. El sistema analizado utiliza partículas tipo D en la clasificación de Geldart, consistentes en urea granulada. La finalidad operativa del lecho es actuar como contactor en el proceso de granulación. El estudio se centra en el análisis de la capacidad del software ANSYS-FLUENT para evaluar las diferentes magnitudes que determinan el comportamiento fluidodinámico del lecho.

Se analizaron los parámetros pérdida de carga, velocidad de mínima fluidización y expansión del lecho mediante simulaciones desarrolladas en 2D y 3D. Pudo observarse, para los tres parámetros mencionados, una muy buena concordancia entre los resultados obtenidos por CFD y las mediciones experimentales. El estudio realizado pone de manifiesto, en consonancia con lo expresado por Reuge y colab. (2008), la conveniencia de la utilización de las simulaciones 2D, que permiten reducir el tiempo de computo manteniendo la precisión.

Sin embargo, para llevar a cabo la caracterización de la fase burbuja es imprescindible desarrollar las simulaciones en 3D. De las propiedades evaluadas, la más importante es, sin duda, el diámetro, ya que las restantes propiedades dependen en mayor o menor grado de este parámetro. Si bien no se dispone de información experimental para contrastar los resultados de las simulaciones, la comparación realizada con los valores calculados a partir de las correlaciones de Darton (1977) y Geldart (1972), indica una muy buena concordancia para velocidades del gas cercanas a la de mínima fluidización. Los valores obtenidos por CFD concuerdan con los calculados con la correlación de Darton (1977) en un rango de velocidades más amplio. Resultados similares se pueden encontrar en el trabajo de Cammarata y colaboradores (2003).

Se evaluó la forma de las burbujas, observándose que se originan con geometría altamente esférica, pero luego, a medida que ascienden por el lecho su esfericidad disminuye como consecuencia de los fenómenos de coalescencia y partición.

En cuanto a la velocidad de ascenso de las burbujas, los valores medidos presentan una cierta dispersión respecto del valor medio, no obstante, el valor promedio de velocidad respecto de su diámetro, es comparable con el valor predicho por la correlación de Davidson y Harrison (1963).

6. Bibliografía:

- Bertín, D.E., Mazza, G., Piña, J. y V. Bucalá (2007), Modeling of an industrial fluidized-bed granulator for urea production. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46, 7667-7676.
- Cammarata L., Lettieri P., Giorgio D., Micale M., y D. Colman (2003), 2D and 3D CFD Simulations of Bubbling Fluidized Beds Using Eulerian-Eulerian Models, *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, Vol. 1, Art. A48.
- Darton R.C., La Nauze R.D., Davidson J.F. y D. Harrison (1977), Bubble Growth due to Coalescence in Fluidized Beds, *Trans IChemE*, 55, 274-280.
- Davidson J.F. y D. Harrison (1963), *Fluidized Particles*, Cambridge Univ. Press., New York.
- Geldart D. (1972), The effect of particle size distribution on the behavior of gas fluidized beds, *Powder Technology*, 6, 201-215.
- Hosseini, S.H., Ahmadi, G., Rahimi, R., Zivdar, M. y M.N. Esfahany (2010), CFD studies of solids hold-up distribution and circulation patterns in gas-solid fluidized beds. *Powder Technology*, 200, 201-215.
- Mora Basaure, C., Zambon, M., Piña, J., Bucalá, V. y G. Mazza (2010), Simulación de un lecho fluidizado de partículas de urea por CFD. Análisis comparativo de la aplicación de

distintos modelos de arrastre. VI Congreso de Ingeniería Química (CAIQ2010).

Peng, Y. y L.T. Fan (1997), Hydrodynamic characteristics of fluidization in liquid–solid tapered beds. *Chemical Engineering Science*, 52 (14), 2277-2290.

Reuge N., Cadoret L., Coufort-Saudejaud C., Pannala S., Syamlal M. y B. Caussat (2008), Multifluid Eulerian modeling of dense gas–solids fluidized bed hydrodynamics: Influence of the dissipation parameters, *Chemical Engineering Science*, 63, 5540-5551.

Taghipour F., Ellis N. y C. Wong (2005), Experimental and Computational Study of Gas-Solid Fluidized Bed Hydrodynamics, *Chemical Engineering Science*, 60, 24, 6857-6867.

29TCQ.EVALUACIÓN POR CFD DEL COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO EN REACTORES DE LECHO FIJO CON BAJA REALACIÓN DE ASPECTO

ASENSIO, D.A.⁽¹⁾ ; ZAMBON, M.T.⁽¹⁾ ; BARRETO, G.F.⁽²⁾ ; MAZZA, G.D.⁽¹⁾

- (4) Instituto Multidisciplinario de Investigación y Desarrollo de la Patagonia Norte (IDEPA, CONICET - UNCo).
- (5) Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue- mariana.zambon@fain.uncoma.edu.ar
- (6) PROIRQ y CINDECA - Universidad Nacional de La Plata

Resumen: Los reactores de lecho fijo (RLF) constituyen uno de los equipos más utilizados en los procesos químicos. Los lechos de baja relación de aspecto, típicos de aplicaciones de reactores catalíticos con transferencia de calor hacia las paredes, como los utilizados por ejemplo en el proceso de reformado de gas natural, revisten particular interés. Cuando se analizan estos reactores, la caída de presión y el flujo de calor transferido a través del tubo deben ser evaluados rigurosamente. Por esta razón lograr una simulación apropiada, rápida y confiable del comportamiento de estas unidades es un requerimiento permanente.

En este trabajo se utiliza la fluidodinámica computacional (CFD) como herramienta de simulación para la obtención de información precisa que permita la evaluación confiable de los principales parámetros de operación de estos lechos fijos.

El sistema analizado consiste en un arreglo singular de partículas esféricas con relación de aspecto 3.92 (diámetro del tubo/diámetro de partícula), contenido en un tubo de sección circular. Esta disposición permite, utilizando un arreglo estructurado, representar un lecho con una porosidad similar a la de un arreglo *random*.

Sólo es necesario simular por CFD una fracción de la altura total del lecho, ya que se puede aplicar la condición de contorno *frontera periódica* a las secciones de entrada y salida de la corriente de gas (ya que se cumple que dichas secciones son geoméricamente idénticas). Para alcanzar la condición de periodicidad en el caso analizado se requirieron siete estratos de partículas.

Se utilizó la licencia académica del programa ANSYS 13.0, en la modalidad 3D, llevándose a cabo diferentes simulaciones con el objetivo de obtener, para un rango de condiciones de operación comprendido entre Re_p 100 y 2000, los valores de pérdida de carga.

Se presentan y analizan los valores calculados y se los compara con los resultados obtenidos a partir de correlaciones existentes en bibliografía.

Adicionalmente, se analiza la concordancia con resultados de trabajos previos obtenidos para geometrías donde, a modo de simplificación, las paredes del cilindro se consideraron planas. De este modo se puede determinar, para el arreglo simulado, la influencia de la geometría del tubo.

1. Introducción:

La simulación apropiada del comportamiento de RLF es un requerimiento permanente en la práctica industrial y en las actividades de investigación y desarrollo. Los lechos de baja relación de aspecto, típicos de aplicaciones de reactores catalíticos con transferencia de calor hacia las paredes, como los utilizados por ejemplo en el proceso de reformado de gas natural, revisten particular interés, por lo que muchos trabajos han centrado su interés en la

influencia de la relación de aspecto sobre el comportamiento térmico y fluidodinámico del reactor.

La determinación de la pérdida de carga (ΔP) en lechos fijos es un aspecto fundamental en el diseño de reactores, debido a los significativos costos asociados a la impulsión de fluidos a través del lecho.

Este artículo se inscribe en un estudio más amplio centrado en la modelización ágil de la transferencia de calor entre un lecho fijo y la pared del tubo. (Zambon et al., 2006,2007).

A pesar de existir en bibliografía un conjunto importante de trabajos publicados sobre el tema, evidenciando que la pérdida de presión en lechos fijos ha sido extensamente estudiado por diferentes autores y con concepciones diferentes, existe una importante dispersión de resultados en cuanto a la generación de expresiones predictivas y correlaciones propuestas para la evaluación de ΔP . Gran parte de la información existente no es reproducible o no resulta apropiada para la derivación de una correlación existente (Montillet et al., 2007). Investigaciones recientes han considerado nuevamente aspectos tales como: relación entre la estructura del lecho y el comportamiento del fluido en su movimiento a través del mismo, mecanismos actuantes para provocar las pérdidas de energía por términos viscosos e inerciales. Estos tópicos han sido re-analizados con nuevos aportes de información que permiten llevar a cabo estudios comparativos de interés en la predicción de ΔP (Montillet et al.,2007; Montillet, 2004; Niven ,2002)

2. Objetivo:

El objetivo de este trabajo reside en la comparación de los resultados de pérdida de carga obtenidos por CFD para lechos singulares, con los reportados por diferentes autores en la bibliografía, fundamentalmente con los más recientes, a fin de aportar información y contribuir al conocimiento y validación de diversas alternativas para la evaluación de ΔP .

3. Metodología:

En la bibliografía, se pueden hallar trabajos previos en los cuales se utiliza la CFD para sistemas constituidos por arreglos de partículas sólidas atravesados por corrientes de fluido con diferentes finalidades (Guardo et al., 2005; Dixon et al., 2005). En este trabajo se utiliza la CFD para la evaluación de la pérdida de carga en lechos fijos de baja relación de aspecto, a través de los cuales circula una corriente gaseosa, empleando el programa ANSYS 13.0, en la modalidad 3D. A través de la herramienta *ANSYS Meshing* se genera una malla no estructurada tetraédrica que regirá luego la aplicación del método de volúmenes finitos, con el programa Fluent .

Para la resolución de las ecuaciones macroscópicas de balance, en particular las de cantidad de movimiento que resultan relevantes para la determinación del valor de ΔP , se debe adoptar un esquema estructural (geométrico) para representar la disposición de las partículas en el lecho, y una metodología específica para la implementación del cálculo por CFD.

Zambon et al (2007) reportaron resultados en los cuales la estructura del lecho en estudio se describe reemplazando la curvatura del tubo por paredes planas (estrictamente válido para $dt \gg dp$). En este trabajo la presencia e influencia de la curvatura del tubo recipiente es explícitamente considerada. La estructura consiste en un arreglo singular de partículas esféricas regulares de diámetro 0.01m, con relación de aspecto 3.92, contenido en un tubo de sección circular. Esta disposición, como puede apreciarse en la figura 1, permite , representar un lecho con una porosidad similar a la de un arreglo *random*, utilizando un arreglo estructurado.

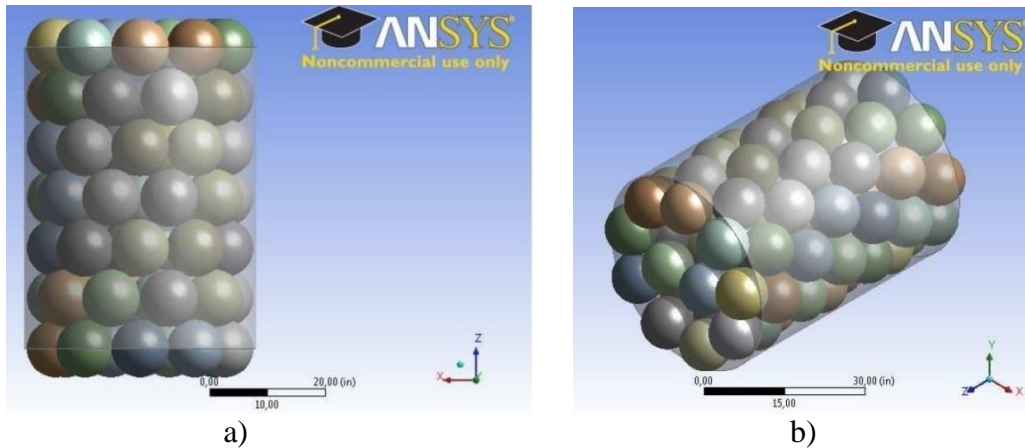


Figura 1- Arreglo espacial de la estructura: a) vista frontal, b) vista lateral

La resolución por CFD se realiza a través del programa Fluent, en estado estacionario y utilizando fronteras periódicas. Las ventajas y desventajas de este método de cálculo fueron discutidas en trabajos previos (Zambon et al., 2006, 2007).

Descripción del método numérico y del software utilizado

Las simulaciones numéricas se realizaron para un rango de condiciones de operación comprendido entre Re_p 100 y 2000, abarcando de esta manera los regímenes de fluidos desde laminar hasta altamente turbulento; siendo el fluido utilizado aire, definido como incompresible.

Tabla 1- Características Técnicas de las Simulaciones

Características Técnicas de las Simulaciones	
Método Numérico	Volúmenes Finitos
Modelo Geométrico	Tridimensional
Modelo de Turbulencia	Spalart-Allmaras
Fronteras Periódicas	Translacionales
Método de Resolución	Segregado
Precisión	Simple
Esquema de Iteraciones	Discretizado [1 ^{er} orden-2 ^{do} orden]
Factores de Sub-Relajación	Presión 0.7 Cantidad de Movimiento 0.3 Turbulencia 0.85
Residuos	10^{-5}

El modelo de turbulencia utilizado fue *Spalart Allmaras*, la selección del mismo surge de estudios previos y fundamentalmente de la atención a condiciones de tratamiento de capas límites sometidas a gradientes de presión adversos (Zambon et al., 2009).

En la tabla se pueden observar las características técnicas que complementan la descripción del método numérico y su implementación.

Modalidad de Fronteras Periódicas (FP)

Para el caso que se analiza en este trabajo se utilizó la modalidad de fronteras periódicas (FP) en (3D). Bajo estas condiciones, sólo es necesario simular una fracción de la altura total del lecho. En la resolución del sistema de ecuaciones se aplicó la condición de contorno de fronteras periódicas en las secciones de entrada y salida de la corriente de gas. Los volúmenes limitado por estos planos perpendiculares al eje z (dirección del flujo de fluido) son geoméricamente idénticos. La condición de periodicidad se alcanza luego de

siete estratos de partículas, en este caso particular. Los dos planos que conforman las FP sustituyen funcionalmente a las condiciones iniciales y finales que se establecen en una descripción completa de la extensión del lecho, y su utilización reduce notablemente el tiempo de cálculo, como la convergencia de las simulaciones.

Construcción de la geometría de la celda y generación de la malla

La fracción de la altura total del lecho con su relleno necesaria para la implementación de las simulaciones, se construyó a partir de un cilindro de diámetro 0.0392 cm, con siete estratos de partículas en su interior. Las partículas sólidas utilizadas presentan geometría esférica y el diámetro adoptado fue de 0.01m. De esta manera se obtiene una relación de aspecto igual a 3.92 .

En el lecho real las partículas se encuentran en contacto entre ellas y con las paredes del tubo. Al construir la malla respetando estas posiciones, se observó la presencia de volúmenes de control distorsionados, en las zonas que rodean estos puntos de contacto, como consecuencia de esto se obtienen mallas de muy baja calidad.

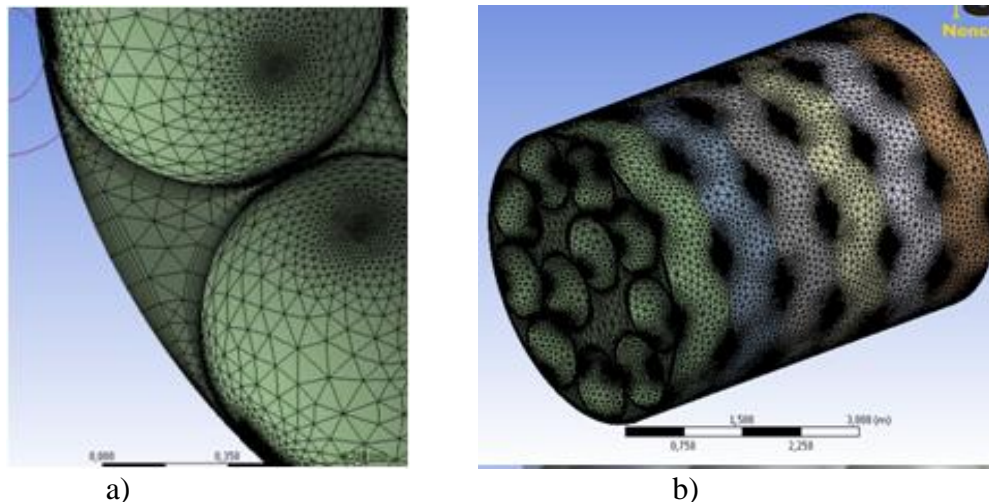


Figura 2.-Malla de 7.131.626 volúmenes de control: a) zonas críticas con refinado, b) malla con cortes de 5 planos perpendiculares

Para poder mejorar la calidad de la malla, se adoptó una disminución del 1% del diámetro de las esferas, pero manteniendo su posición en la celda, modificación reportada por Zambon et al 2007, con lo cual se eliminan los elementos distorsionados sobre los puntos de contacto, mejorando la calidad de la malla.

A pesar de eliminar los puntos de contacto, las zonas donde estos se encontraban se consideraron críticas en la realización del mallado, ya que en estas zonas la sección se estrecha dificultando el pasaje del fluido. En estas regiones es necesario refinar la malla, mientras que, en las posiciones alejadas a estas zonas es aceptable una malla más abierta. Figura 2 a).

Se utilizaron las funciones avanzadas de tamaño (*advance size functions*) para refinar la malla en las zonas identificadas como críticas, con la opción *proximity and curvature*. La función *proximity size* permite especificar el número mínimo de capas de elementos creados en las regiones que constituyen las brechas en el modelo; y la función *curvature size* examina la curvatura en los bordes y las caras, calculando los tamaños de los elementos para respetar el tamaño máximo o el ángulo de curvatura normal permitido. No obstante, debido al tamaño de la celda y la cantidad de esferas, el *software* presentaba inconvenientes para identificar las zonas críticas. Fue necesario cortar la celda con 5 planos perpendiculares al eje axial a lo largo del lecho, obteniéndose seis secciones, como se

puede apreciar en la figura 2 b). De esta manera el programa de mallado pudo reconocer las zonas críticas en cada una de estas secciones.

Para la resolución en forma correcta de la capa límite, se utilizó la función *inflation* lo que determina la altura de esta capa, con la opción *smoth transition* permitiendo lograr una tasa de cambio de los volúmenes suave, entre los tamaños de la capa límite y el resto de la geometría.

La malla obtenida finalmente se observa en la figura 2 b), la cual tiene un tamaño de aproximadamente 7 millones de volúmenes de control del tipo tetraédricos.

Con el objeto de verificar la independencia de la solución, de la malla, se llevó a cabo la validación de la misma. Se construyeron mallas de diferentes densidades hasta lograr identificar la de menor tamaño que lograba reproducir adecuadamente la variable (ΔP).

4. Resultados:

La comparación entre los valores de caída de presión, obtenidos por CFD para el arreglo descrito anteriormente, conjuntamente con los valores calculados a partir de las distintas correlaciones citadas en la tabla 2, se muestran en la figura 3. La diferencia entre ($\Delta P_{\text{Correlación}} - \Delta P_{\text{CFD}}$) se incrementa a medida que se aumenta el número de Reynolds y en consecuencia se abandona el régimen laminar para pasar a la condición de régimen turbulento. Los valores obtenidos por CFD resultan siempre menores que los calculados con la expresión de Ergun, si bien el uso de esta expresión está muy difundido, presenta algunas diferencias ya que se base en un rango estrecho de porosidades y el resultado es una funcionalidad de ΔP con la porosidad, muy débil, esto es crítico a valores altos de porosidad.

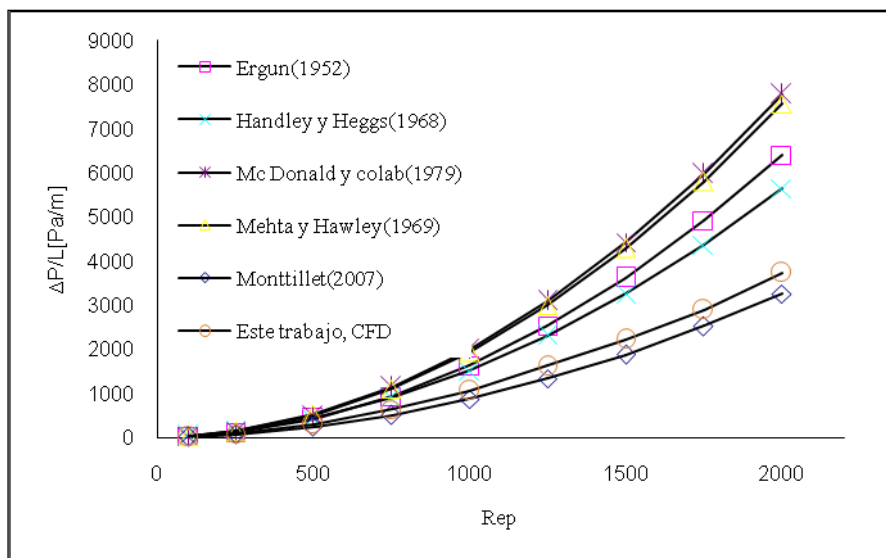


Figura 3- Comparación de resultados de ΔP_{CFD} con las expresiones de la tabla 2

Los errores relativos obtenidos para cada correlación fueron calculados en las condiciones antes mencionadas, observándose valores mayores en todas las correlaciones a medida que se aumenta el valor de Re_p .

Se destaca que el menor valor de error obtenido fue del 18 % con la correlación de Montillet y las desviaciones más elevadas fueron dadas por las correlaciones de Mc Donald y Mehta y Hawley con valores del 40% y 38% respectivamente.

Es interesante señalar que en similares rangos de condiciones operativas, Zambon (2010) reportó un valor medio del error del 8% cuando estudio lechos de baja relación de aspecto

con la hipótesis de geometría plana. El correspondiente valor de 18% en este estudio pone de manifiesto la influencia de la curvatura del tubo y, adicionalmente, cuestiona en parte la conclusión de recomendación de la ecuación de Montillet (2007). Sin embargo, los valores de la misma son los de menor error relativo obtenido en el conjunto de correlaciones pre-existentes analizadas en este estudio.

Tabla 2- Correlaciones para ΔP utilizadas en la comparación con los valores calculados por CFD

Autor(es) y Referencia	Ecuación propuesta	Observaciones
Ergun (1952)	$f = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \left[a + \frac{b(1-\varepsilon)}{Re_p} \right]$	$a = 1.75$; $b = 150$
Handley y Heggs (1968)	$f = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \left[a + \frac{b(1-\varepsilon)}{Re_p} \right]$	$a = 1.24$; $b = 368$
Mc Donald et al	$f = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \left[a + \frac{b(1-\varepsilon)}{Re_p} \right]$	Part. lisas $a = 1.8$ Part. rugosas $a = b = 368$
Mehta y Hawley (1969)	$\left(\frac{\Delta P}{G^2} \right) \left(\frac{d_p}{L} \right) \left(\frac{\varepsilon^3}{1-\varepsilon} \right) \left(\frac{1}{M} \right) = \frac{150 \mu (1-\varepsilon) M}{d_p G} + 1.75$	$3.8 \leq d_p/d_p \leq 40 - 50$ $10 < Re_p < 2500$
Montillet et al. (2007)	$\left(\frac{\Delta P}{L} \right) \left(\frac{d_p}{\rho U^2} \right) = a \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \left[\frac{D_p}{d_p} \right]^{0.2} [1000 Re_p^{-1} + 60 Re_p^{-0.5} + 12]$	$M = 1 + \frac{4 d_p}{6 D_p (1-\varepsilon)}$

5. Conclusiones:

En este trabajo la CFD fue utilizada para evaluar la caída de presión en lechos fijos de baja relación de aspecto, para un amplio rango de condiciones operativas.

Los resultados generados tienen rigurosidad puesto que se obtienen a partir de la resolución en conjunto de ecuaciones de balances microscópicos en el volumen representativo del lecho. Se han presentado resultados que evidencian los efectos de diversas variables, fundamentalmente la velocidad del fluido, el régimen de operación, la posición de las partículas, aplicando un modelo de turbulencia Spalart Allmaras.

Las características del método numérico y los parámetros de implementación de su funcionamiento en el programa Fluent se describen en detalle logrando obtener resultados en condiciones seguras de convergencia y en un tiempo aceptable.

En el caso estudiado, se observa un apartamiento sistemático con respecto a los valores arrojados por la ecuación de Ergun y correlaciones derivadas y una concordancia aceptable con la correlación generada por información experimental de Montillet y colab 2007. A diferencia de la conclusión obtenida en geometría plana por Zambon (2010)

6. Bibliografía:

- Dixon, A. G.; Nijemeisland, M.; Stitt, E. H. (2005). CFD study of heat transfer near and at the wall of a fixed bed reactor tube- Effect of wall conduction. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44:6342-6353.
- Mehta, D. ; Hawley, M. C..(1969). Wall effect in packed columns. *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, 8: 280-282.
- Montillet, A. (2004). Flow through a finite packed bed of spheres: A note on the limit of applicability of the Forchheimer-Type equation. *J. Fluids Eng.*, 126: 139-143.
- Montillet, A.; Akkari, E; Comiti, J. (2007). About a correlating equation for predicting pressure drops through packed beds of spheres in a large range of Reynolds numbers. *Chem. Eng. Process.* 46: 329-333.

Zambon, M. T.; Barreto, G. F; Mazza, G. D. (2007). Modelo de Dos Zonas para lecho fijos con información asistida por CFD. *Revista Ingeniería Mecánica, Tecnología y Desarrollo, SOMIM, México*, 2(4): 123-131.

Zambon, M. T.; Asensio, D.A; Barassi, F.J; Barreto, G. F; Mazza, G. D. (2007). Estudio de la pérdida de carga en lechos de partículas mediante la utilización de CFD. *Mecánica Computacional*, 26: 1075-1091.

Zambon, M. T.; Asensio, D.A; Barreto, G. F; Mazza, G. D. (2009). Application of Computational Fluid Dynamics (CFD) for an Efficient Evaluation of Pressure Drop and Heat Transfer in Fixed Beds. *Récents Progrés en Génie des Procédés*, 98:159-1-6.

Zambon, M. T.(2010). Modelización del comportamiento térmico de lechos fijos asistida por Fluidodinamica Computacional (CFD). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata.

30TCQ. CATALIZADORES NOVEDOSOS DE PTRU CON NANOTUBOS DE CARBÓN PARA LA ELECTROOXIDACION DE METANOL

Bavio, Marcela A.; Kessler, Teresita.

Facultad de Ingeniería, Grupo Intelymec – UNCPBA.

Avda. del Valle 5737 (7400) Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

Email: mbavio@fio.unicen.edu.ar; tkessler@fio.unicen.edu.ar

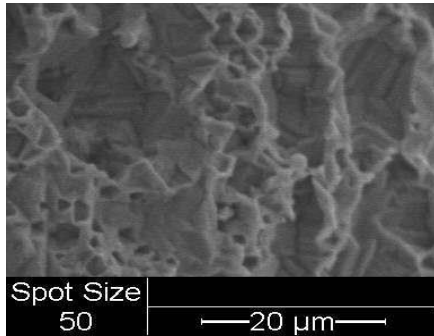
Resumen: Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos generadores de energía, que pueden operar bajo diferentes condiciones de trabajo, (combustibles-temperatura-catalizadores). Para metanol, uno de los mejores catalizadores binarios es el PtRu. En esta presentación, se compara la actividad electrocatalítica para la oxidación de metanol de catalizadores de PtRu preparados sobre nanotubos de carbón y sobre polímeros con nanotubos de carbón incorporados en la matriz polimérica. Los electrodos poliméricos resultan ser mejores catalizadores dado que presentan mayores densidades de corriente de oxidación y mejor índice de tolerancia a las especies carbonosas.

1. Introducción

Las celdas de combustible de metanol (Direct Methanol Fuel Cells) constituyen una prometedora alternativa para generar energía debido a su elevada eficiencia. Además, el metanol es un combustible que puede obtenerse de fuentes renovables y de fácil distribución. Estos dispositivos electroquímicos presentan un ánodo en el cual el metanol es electrooxidado y un cátodo en el cual el oxígeno o el aire es reducido a agua (Bockris, 1993; Breiter, 1960; Pletcher et al., 1993). Los ánodos contienen un catalizador generalmente a base de platino que puede ser dispersado sobre diversos sustratos, mientras que las combinaciones binarias ó ternarias de platino con rutenio, estaño, níquel entre otros, mejoran notablemente la actividad electrocatalítica (Hable et al., 1993; Frelink et al., 1995; Schmidt et al., 1999; Wu et al., 2004; Colmati et al., 2005; Coutanceau et al. 2008). Como material de sustrato, los polímeros conductores tales como la polianilina (PANI) y el polipirrol (PPY) tienen propiedades interesantes para su aplicación como material de ánodo tales como una buena conductividad eléctrica y una elevada área superficial (Figura 1). A efectos de mejorar las propiedades de la película de polímero se pueden agregar partículas de carbón.

Dentro de la familia del carbono, hay muy diversas formas tales como el carbón activado, el grafito, el negro de carbón entre otros (Burchell, 1999). Los nanotubos de carbón (NTC) presentan una estructura consistente en cilindros huecos de hexágonos de carbono resultantes del plegamiento de láminas de grafito (Inagaki et al., 2004). En nuestro laboratorio, se han preparado NTC de pared múltiple (Figura 2), a partir de carbón activado y grafito, de aproximadamente 50 nm de diámetro y 8 μm de longitud, caracterizados fehacientemente por diversas técnicas (Bavio et al., 2006).

Los electrodos soportados constituyen otra posibilidad de armar ánodos; en este caso, se dispersa el material catalítico directamente sobre el carbón utilizado de sustrato.



Película de PANI.

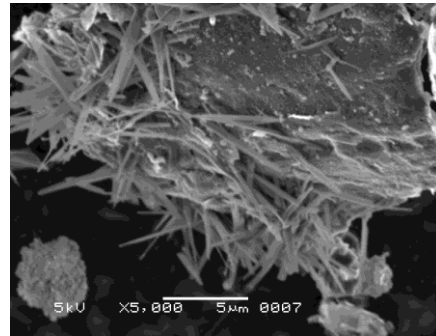


Figura 2. NTC de laboratorio

Figura 1.

2. Objetivos

Preparar electrodos de PtRu con base polimérica con el agregado de nanotubos de carbón y otros soportados sobre nanotubos de carbón, y evaluar su actividad catalítica para la electrooxidación de metanol en soluciones ácidas.

3. Metodología experimental

3.1. Preparación de electrodos poliméricos.

Los electrodos poliméricos pueden ser denotados como Sustrato/Polianilina-Partículas de Carbón/Material catalítico, en este caso Ni/PANI-NTC/PtRu. El sustrato es alambre de níquel, con 0.08 cm^2 de área geométrica. La película de PANI fue electrosintetizada por ciclado repetitivo a una velocidad de barrido de 0.1 V s^{-1} , entre 0 y 0.9 V. Se agregaron nanotubos de carbón con una concentración de 0.1 mg ml^{-1} a la solución de anilina 0.1 M en H_2SO_4 0.5 M, para lograr la incorporación de las mismas a la estructura tridimensional del polímero. La suspensión se sometió a agitación con ultrasonido para evitar la aglomeración y favorecer la dispersión; luego se realizó la síntesis de la película de PANI/NTC. Para determinar el espesor de la película se midió la carga anódica de un perfil I/E registrado a 0.1 V s^{-1} entre 0 y 1.2 V en 0.5 M H_2SO_4 , considerando que 1 mC cm^{-2} equivalen a 4.4 nm de espesor de PANI. Finalmente se agregó el material catalítico (platino-rutenio) a circuito abierto durante 15 minutos en una solución conjunta, $2.10^{-2} \text{ M H}_2\text{PtCl}_6$ y $3.3.10^{-2} \text{ M RuCl}_3$ en 0.1 M HClO_4 (Bavio et al, 2008).

3.2. Preparación de electrodos soportados.

Se suspendió una determinada cantidad de NTC en una solución de etilenglicol y agua, proporción de volumen: 3:1 y se agregó una cantidad predeterminada de los precursores de Pt y Ru, en este caso H_2PtCl_6 y RuCl_3 respectivamente. En las experiencias realizadas se utilizó una carga metálica total del 60%, correspondiendo el 30% a Pt y el restante 30% a Ru. El dispersado fue sometido a ultrasonido durante 20 minutos, se agregó Polivinilpirrolidona a la solución y se agitó con ultrasonido durante otros 20 minutos. La solución fue calentada a 140°C en un baño de aceites de siliconas bajo constante agitación magnética durante 1 hora. Posteriormente se enfrió a 80°C y se ajustó el pH a 8. Se agregó gota a gota una solución de NaHB_4 0.2 M a la solución anterior bajo agitación magnética y se mantuvo la solución final a 80°C durante 1 hora. Finalmente se filtró la solución obtenida, se lavó repetidas veces y por último se secó el catalizador PtRu/NTC en una estufa de vacío durante 12 horas (Bavio, 2011).

3.3. Caracterización de los electrodos.

Los electrodos compuestos fueron caracterizados mediante voltamperometría cíclica, utilizando un potenciostato galvanostato PAR. Se empleó una celda convencional de tres electrodos utilizando una chapa de platino como contraelectrodo y un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia. En el texto todos los valores de potencial están referidos al potencial de electrodo de hidrógeno en H₂SO₄ 0.5 M.

La caracterización física de las superficies y grado de dispersión de las partículas catalíticas de Pt-Ru se analizó con microscopía electrónica de barrido, SEM, y la composición con análisis dispersivo de rayos X, EDX.

4. Resultados

En la Figura 3 se presentan las micrografías SEM y TEM correspondientes a los catalizadores Ni/PANI-NTC/PtRu y PtRu/NTC, respectivamente. Para el catalizador polimérico compuesto, las partículas metálicas presentan una buena dispersión sobre la matriz polimérica, con un tamaño promedio de 100 nm. Para los catalizadores soportados, en la micrografía TEM se observa un depósito irregular de los catalizadores, pudiéndose determinar nanopartículas de PtRu con tamaño en el intervalo de 2-6 nm, distribuidas sobre las paredes de los nanotubos.

En cuanto a la composición, el depósito del material catalítico realizado a circuito abierto sobre los catalizadores poliméricos permite obtener una mayor cantidad de Pt que en el caso de los soportados, siendo escasa la cantidad de Ru depositada. A partir del análisis EDX, se encontró 43% Pt y 4% Ru, expresados como porcentajes en peso. Para el material soportado preparado por el método del etilenglicol, la cantidad de Pt fue de 29% y para Ru se determinó 6%. Para este catalizador, la relación Pt/Ru es menor en relación al material polimérico, dado que es mayor la cantidad de Ru. Esto puede atribuirse al propio método de preparación, dado que la adición de NaHB₄ se utiliza para ayudar en la reducción de Ru(III), debido a que es un agente con gran poder reductor e induce la formación de un mayor número de centros de nucleación de átomos del metal (Bavio, 2011).

La actividad catalítica de los materiales preparados fue probada para la reacción de oxidación de metanol en medio ácido, presentándose en la Figura 4 los voltamperogramas correspondientes, registrados a 0.02 V s⁻¹ en CH₃OH 0.5 M + H₂SO₄ 0.5 M. Para el electrodo polimérico compuesto (Figura 4,a), en el barrido anódico se observa un primer pico anódico en ca. 0.45 V correspondiente a la transformación de leucoemeraldina a emeraldina característico del polímero PANI, y un segundo pico anódico correspondiente a la oxidación de metanol que tiene su potencial de inicio de oxidación, E_{onset}, en ca. 0.49 V; los valores máximos se ubican en la región de 0.8-0.9 V. Para el electrodo soportado (Figura 4,b), el E_{onset} se encuentra en 0.4 V, y presenta un máximo de corriente claramente definido en ca. 0.9 V. En el ciclo catódico se registran corrientes de oxidación levemente menores que en el ciclo anódico para ambos catalizadores, hecho que suele ser asociado a la remoción incompleta de especies carbonosas formadas en la oxidación del metanol. La relación entre las densidades de corriente máximas del barrido anódico y catódico es usada como índice de la tolerancia del catalizador a las especies adsorbidas. Además, un mayor valor de dicha relación indica un proceso de oxidación más eficiente por mayor formación de dióxido de carbono y menor cubrimiento superficial de especies intermediarias [Liu et al., 2004]. En ese marco, los electrodos poliméricos presentan una mejor relación.

5. Conclusiones

La mayor actividad catalítica para la oxidación de metanol evidenciada en la mayor corriente de oxidación fue observada para los catalizadores poliméricos compuestos de Pt-Ru. Esto hecho puede ser atribuido a las diferencias en la morfología e interacciones entre el sustrato y el catalizador.

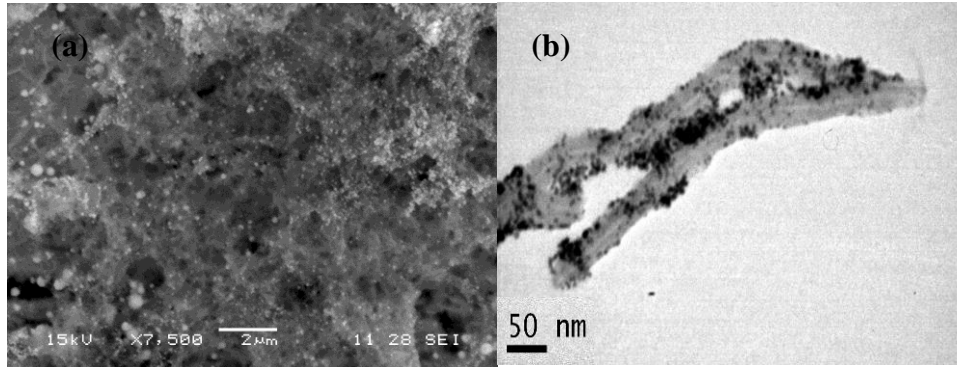


Figura 3. Micrografías (a) SEM para el catalizador polimérico y (b) TEM para el catalizador soportado.

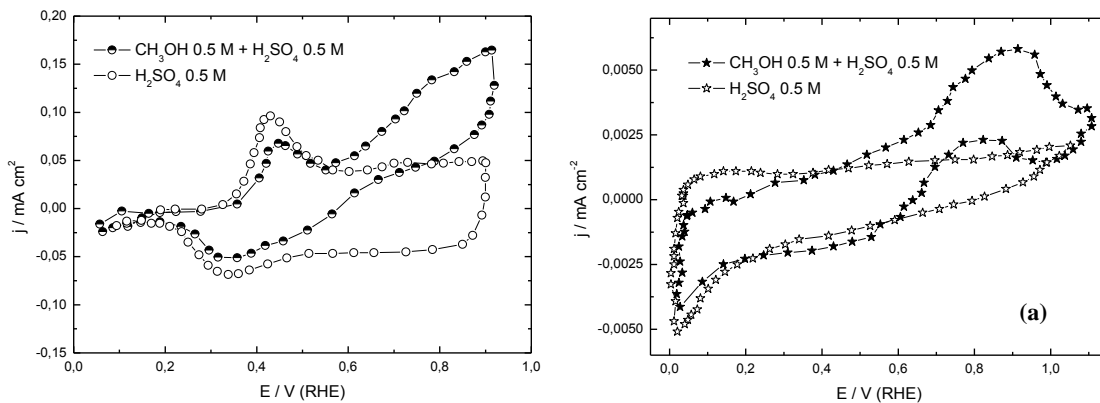


Figura 4. Voltamperogramas para la oxidación de metanol para (a) Níquel/PANI-NTC/PtRu y (b) NTC-PtRu.

Agradecimientos

Las autoras agradecen el apoyo de SECAT- Facultad de Ingeniería - UNCPBA y CICPBA. MB agradece Beca Posdoctoral CONICET. TK es Investigadora CIC.

6. Referencias

- Bavio M.A.; Kessler T. (2006). Desarrollo y caracterización de nanotubos de carbón. Anales TIECIM V, Huerta Grande-Córdoba, Argentina, 114.
- Bavio M.A.; Kessler T.; Castro Luna A.M. (2008). Preparation and characterization of composite polyaniline materials for catalytic purposes. J. Colloid and Interface Science 325: 414.
- Bavio M.A. (2011). Estudio de Materiales de Electrodo para la Detección de Contaminantes. Tesis Doctoral UNLP.

- Bockris J.O'M.; Kahn S.U.M. (1993). Surface electrochemistry, Plenum Press.
- Breiter M. (1969). Electrochemical Processes In Fuel Cells. Springer.
- Burchell T. (1999). Carbon materials for advanced technologies. Pergamon. USA.
- Colmati F.; Antolini E.; Gonzalez E.R. (2005). Pt-Sn/C electrocatalysts for methanol oxidation synthesized by reduction with formic acid. *Electrochim. Acta* 50: 5496-5503.
- Coutanceau C.; Brimaud S.; Lamy C.; Léger J.-M.; Dubau L.; Rousseau S.; Vigier F. (2008). Review of different methods for developing nanoelectrocatalysts for the oxidation of organic compounds. *Electrochim. Acta* 53: 6865-6880.
- Frelink T.; Visscher W.; van Veen J.A.R. (1995). On the role of Ru and Sn as promoters of methanol electro-oxidation over Pt. *Surface Science* 335: 353-360.
- Hable T.; Wrighton M. (1993). Electrocatalytic oxidation of methanol and ethanol: a comparison of Platinum-Tin and Platinum-Ruthenium catalyst particles in a conducting polyaniline matrix. *Langmuir*, 9: 3284.
- Inagaki M.; Kaneko K.; Nishizawa T. (2004). Nanocarbons. Recent research in Japan. *Carbon* 42: 1401-1417.
- Liu Z.L.; Ling H.P.; Hu J.S.; Jiang L.; Wan L.J. (2004). Carbon supported Pt and PtRu nanoparticles as catalysts for a direct methanol cell. *J.Phys.Chem.B* 108: 8234-40.
- Pletcher D.; Walsh F.C. (1993). Industrial electrochemistry. Chapman&Hall.
- Schmidt T.J.; Gasteiger H.A.; Behm R.J. (1999). Methanol electrooxidation on a colloidal PtRu-alloy fuel-cell catalyst. *Electrochem. Commun.* 1: 1-4.
- Wu G.; Li L.; Xu B-Q. (2004). Effect of electrochemical polarization of PtRu/C catalysts on methanol electrooxidation. *Electrochimica Acta* 50:1-10.

31TCQ. BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS (AVUs)

CAPDEVILA V.E., ORIFICI L.I., GELY M.C., PAGANO A.M.

Área de Procesos, Depto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería UNCPBA – Av. Del Valle 5737 – (7400) Olavarría – Buenos Aires – Argentina – apagano@fio.unicen.edu.ar

Resumen: Se llevó a cabo un estudio de factibilidad de la utilización de aceites vegetales usados (AVUs) para la obtención de biodiesel en la localidad de Olavarría y zona de influencia, desarrollándose la logística de recolección de AVUs, la ingeniería de proceso para la etapa de esterificación y el análisis económico de diferentes alternativas para la planta de tratamiento de los AVUs.

1. Introducción

El aceite es de origen vegetal pero no es biodegradable; si se vierte en desagües el aceite usado para freír los alimentos de consumo diario, se convierte en un contaminante potencial para las aguas impidiendo el intercambio de oxígeno y la entrada de luz. **Se estima que 1 L de AVUs contamina 1000 L de agua.** El reciclado de los AVUs es de suma importancia no sólo porque contribuye al cuidado ambiental sino porque es la materia prima de menor costo para la obtención de biodiesel; no obstante, se requiere de una buena logística en cuanto a recolección, compra y venta a fin de convertirse en un insumo rentable.

El biodiesel se obtiene mediante la reacción de transesterificación de triglicéridos con alcoholes de cadena corta, generalmente a temperaturas de 50-70°C (Foon et al., 2004), con una concentración de catalizador de 0,5-1% (Foon et al., 2004) y relación aceite/alcohol de 1/5 hasta 1/10 (Kapilakarn and Peugtong, 2007), siendo las más aconsejables 1/5 ó 1/6.

Los AVUs (cuyo origen es diverso) deben cumplir requisitos para poder ingresar un reactor de transesterificación para obtener biodiesel; entre estas exigencias existen límites para la humedad, porcentaje de impurezas y grado de acidez.

La humedad es un factor determinante en la transesterificación; siendo necesaria su eliminación para evitar que entorpezca el porcentaje de conversión y la formación de productos en solución o emulsionados difíciles de separar. El nivel permitido generalmente es menor al 0,1% en volumen (Burín et al., 2010).

El % de impurezas, referido a los sólidos suspendidos (restos de frituras) debe ser nulo, por lo que deben aplicarse tratamientos iniciales como filtrado grueso, decantación y eliminación de agua residual (Burín, 2009). Este proceso es importante para el cuidado de equipos y para que se produzcan sin inconvenientes las reacciones deseadas.

Los aceites sometidos a frituras poseen altos niveles de ácidos grasos libres (FFA), dado que cambian sus propiedades al mezclarse con los alimentos. Para llevar a cabo la transesterificación sin que suceda la saponificación es necesario disminuir la presencia de FFA por debajo de 0,5% de acidez (Zhang et al., 2003) mediante el proceso de **esterificación**, que resulta de la mezcla de AVUs con un alcohol en presencia de un catalizador. El desarrollo del presente trabajo aborda justamente este tema.

2. Objetivos

El objetivo general fue determinar la factibilidad de una planta de pre-tratamiento de aceites vegetales usados (AVUs) para la localidad de Olavarría que permita obtener un

producto que servirá como materia prima para la producción de biodiesel. Atendiendo a los objetivos específicos planteados, se caracterizó la materia prima, se definió una escala y logística de recolección para el proyecto, se estudió la reacción de esterificación, diseño y simuló en Aspen Hysys el reactor de esterificación, la columna de destilación para recuperación del alcohol y otras operaciones, analizando económicamente diferentes alternativas topológicas para la planta de tratamiento.

3. Metodología

Se trabajó sobre el diseño de una planta de acondicionamiento de los AVUs para la obtención de biodiesel para la localidad de Olavarría y zona de influencia, utilizando la herramienta de simulación de procesos Aspen HYSYS, estableciéndose a priori las características de la materia prima, las etapas involucradas y la escala de producción, y evaluándose económicamente diferentes alternativas mediante el flujo de fondos y análisis de VAN y TIR a fin de determinar la factibilidad del proyecto.

4. Discusión de resultados

Caracterización de los AVUs

Los aceites destinados a frituras experimentan diversos cambios en sus componentes como consecuencia de las reacciones –hidrólisis, oxidaciones, polimerizaciones- que ocurren por la elevada temperatura y la presencia de oxígeno y agua.

En la hidrólisis la cantidad de FAA aumenta (Valenzuela et al., 2003), acelerándose este proceso por la presencia excesiva de partículas sólidas residuales en el aceite.

El oxígeno reacciona con el aceite produciéndose la desaparición de los dobles enlaces de los ácidos insaturados y disminuyendo de esta forma principalmente los ácidos grasos poli insaturados, dando lugar a compuestos intermedios inestables (peróxidos, hidroperóxidos) que forman de radicales libres (Sonntag, 1982; Hamilton, 1989).

En la producción de biodiesel no es conveniente el uso de los aceites compuestos mayoritariamente por ácidos insaturados (contribuyentes de enlaces dobles) dado que este biocombustible es susceptible a reacciones de oxidación, por ello se debe cumplir con cierto límite que se determina a través del índice de iodo. En Argentina se encuentra reglamentado según la EN 14214 en 150 como máximo. Durante el proceso de fritura al reaccionar el aceite con el oxígeno, este índice disminuye. Por otro lado, los aceites que se reutilizan en la fritura deben contener cierto límite de ácido linoleico (superior al 2% de los ácidos grasos) de lo contrario ya no son aptos y deben ser desechados (CAA, Art. 552, Res 2012,19.10.84).

En las reacciones de polimerización los radicales libres tienden a combinarse entre ellos ó con otros ácidos grasos y forman compuestos ramificados o cíclicos de mayor tamaño y peso molecular, aumentando la viscosidad del aceite y la formación de espuma. Los aceites menos estables y susceptibles a reacciones de oxidación (Valenzuela et al., 2003) en la fritura son los constituidos mayoritariamente por ácidos insaturados.

En los últimos años en Argentina se ha incentivado el uso de aceites de alto oleico para frituras, puesto que resultan más estables en comparación con los que contienen mayor proporción de poli insaturados; no obstante, aún se consume mayoritariamente girasol y soja. Para este trabajo se asumió que los AVUs contienen elevado porcentaje de oleico, por lo que se consideró la composición del aceite de canola (Tabla 1). En cuanto al triglicérido constituyente del aceite, se consideró la trioleína ($C_{57}H_{104}O_6$) que es el ácido graso mayoritario.

Tabla 1. Composición en ácidos grasos.

Ácidos grasos		Composición (%)
Saturados		7
Mono insaturados	Oleico (C18:1)	61
Poli insaturados	Linoleico (C18:2)	23
	Linolenico (C18:3)	9

Etapas del proceso

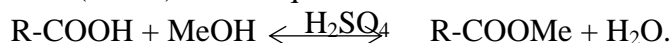
Las etapas para la obtención de biodiesel a partir de AVUs de alto % FFA son:

- reacción con metanol y catálisis ácida (H₂SO₄)
- separación de productos
- reacción con metanol y catálisis alcalina
- separación y purificación del biodiesel.

ESTERIFICACION

TRANSESTERIFICACION

En este trabajo se abordaron las primeras etapas correspondientes a la **esterificación**, que involucran la reacción para reducir el contenido de FFA hasta niveles menores del 0,5% (Zhang et al., 2003) para evitar una posible reacción de saponificación en la posterior etapa de transesterificación que dificultaría la separación de los ésteres de la glicerina y reduciría la tasa de rendimiento y formación de biodiesel. La **esterificación** de Fisher consiste en la reacción entre un alcohol y un ácido carboxílico empleando un ácido Brønsted como catalizador. En este caso el ácido carboxílico es el oleico, el alcohol seleccionado fue metanol (MeOH) por su bajo costo, y como catalizador se optó por el ácido sulfúrico (H₂SO₄) por ser el más usado para esta clase de reacciones, correspondiendo como éster producido el metiloleato (C19:1). La estequiometría de la reacción de esterificación es:



La reacción es heterogénea (dado que el metanol es parcialmente soluble en el aceite usado) y se lleva a cabo a 70°C y 400 kPa.

Escala de producción

Al momento de determinar la escala del presente proyecto se consideró implementar una planta de funcionamiento continuo que atendiera la problemática de los AVUs en la región centro-SE de la Provincia de Buenos Aires. Considerando que Olavarría es una ciudad ubicada en el centro de la Provincia de Buenos Aires y que se encuentra rodeada por rutas importantes como la Ruta Nacional 3 y las Rutas Provinciales 226, 76 y 51, se decidió involucrar a Partidos aledaños a Olavarría tales como Daireaux, Bolívar, Tapalqué, Gral. Alvear, Laprida, Gral. Lamadrid, Cnel. Pringles, Azul, Rauch, Tandil, Gral. Puerreydón, Juárez, González Chávez, Cnel. Dorrego, Tres Arroyos y Bahía Blanca, alternando ciudades de diversos tamaños poblacionales.

Considerando que cada habitante genera 4,1 kg de aceite usado por año (Zhang et al. 2003) y los datos poblacionales de los 17 Partidos seleccionados (INDEC, 2010) se determinó la cantidad de AVUs a procesar para el área que resultó de 680,66 kg/h (caudal másico utilizado en el proceso). La logística de recolección planteada se esquematiza en la Fig. 1 y Tabla 2, donde se muestran los 5 circuitos diagramados para recorrer los Partidos involucrados y las frecuencias de viajes programados para llevar a cabo la recolección con un camión cisterna chico (capacidad aproximada 9500 L).



Partido	Habitantes
<i>Olavarría</i>	111320
<i>Azul</i>	65174
<i>Bolívar</i>	34058
<i>Gral. Lamadrid</i>	10747
<i>Laprida</i>	10180
<i>Tapalqué</i>	9166
<i>B. Juárez</i>	20402
<i>Daireaux</i>	16804
<i>Gral. Alvear</i>	11013
<i>Rauch</i>	15061
<i>Tandil</i>	123343
<i>Gnal. Pueyrredón</i>	614350
<i>Bahía Blanca</i>	301531
<i>Tres arroyos</i>	58179
<i>Cnel. Dorrego</i>	15826
<i>González Chávez</i>	12029
<i>Cnel. Pringles</i>	22898
Total	1452081

Fig. 1. Recorridos y datos poblacionales.

Tabla 2. Frecuencia de recorridos y logística de recolección de AVUs.

Nº	Recorrido	AVUs (kg/día)	Viajes
1	Daireaux-Bolívar-Olavarría-planta tratamiento	1824,55	cada 5 días
2	Alvear-Tapalqué-Azul-Rauch-planta tratamiento	1129,66	cada 8 días
3	Cnel. Pringles-Gral. Lamadrid-Laprida-planta tratamiento	493,03	cada 19 días
4	Gral. Pueyrredón-Tandil-planta tratamiento	8299,05	cada 1 días
5	B. Blanca-Cnel. Dorrego-Tres Arroyos-González Chávez-Juárez-planta	4589,63	cada 2 días
	Total	16335,91	

En base a esta escala, se efectuó una planificación anual de abastecimiento de AVUs a la planta de tratamiento para la obtención de biodiesel, dimensionándose el tanque de almacenamiento considerando los 5 recorridos y sus respectivas frecuencias, asumiendo que los domingos/feriados, si bien la planta funciona, los recorridos no se realizan sino que pasan al siguiente día hábil (Capdevila, 2011). A través de este análisis se aseguró el abastecimiento a la planta considerando 3 días de amortiguamiento, y se evaluaron las

alternativas de contar una flota propia de camiones ó subcontratar el flete, determinándose que sería suficiente contar con dos camiones propios y el resto subcontratarlos.

Esquema del proceso

En la Fig. 2 se muestra el esquema del pretratamiento de los AVUs para su posterior ingreso al reactor de transesterificación. Una vez filtradas las impurezas, los AVUs se mezclan en el reactor de esterificación junto con el catalizador (H_2SO_4) y el alcohol (metanol) donde ocurre la reacción de esterificación. Seguidamente la mezcla ingresa a una torre de lavado donde se elimina el catalizador y el agua formada utilizando glicerol, obteniéndose el aceite acondicionado para la etapa de transesterificación y una mezcla de metanol, glicerol, agua y H_2SO_4 que ingresa a una columna de destilación, con el objeto de recuperar el metanol en exceso y recircularlo.

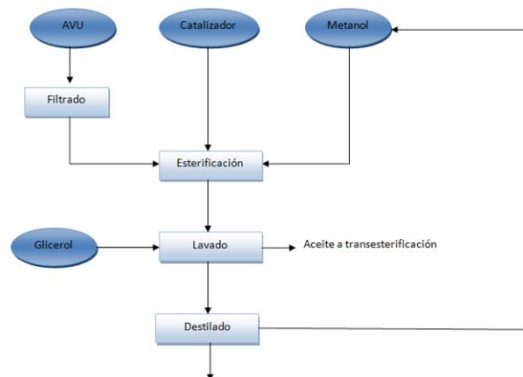


Fig. 2. Esquemización del proceso.

Simulación del proceso en el entorno de Aspen Hysys

Para la simulación del pre-tratamiento de los AVUs mediante Aspen Hysys, tanto en estado estacionario como dinámico, los pasos a seguir fueron los siguientes:

- selección y/o definición de componentes
- selección del paquete de predicción de propiedades
- definición de la reacción cinética correspondiente
- desarrollo del flowsheet del proceso en el entorno de simulación
- incorporación de estrategias de control y optimización del proceso.

Selección de componentes: Los componentes metanol, H_2SO_4 , agua, ácido oleico y glicerol se seleccionaron de la librería de Hysys, pero los AVUs y el biodiesel debieron definirse como compuestos hipotéticos en base a datos de propiedades y estructura molecular (Fig. 3).

Name	NBP [C]	MW	Liq Density [kg/m3]	Tc [C]	Pc [bar]	Vc [m3/kgmole]	Acentricity
Troleína	846.00	885.43	915.00	1366.00	4.70	3.0900	-0.3775
Biod Oleato de	325.65	296.49	870.00	465.05	10.90	1.1081	0.8990

Fig. 3. Definición de compuestos hipotéticos.

Selección del paquete de predicción de propiedades: Para predecir los coeficientes de actividad de los compuestos, se eligió el paquete Peng-Robinson Stryjek-Vera (PRSV) que es una modificación de Peng-Robinson (PR) aplicable a sistemas no ideales tales como

agua-alcohol, hidrocarburo-alcohol, obteniéndose tan buenos resultados como Wilson, NRTL o UNIQUAC.

Ingreso de la reacción de esterificación: La reacción de esterificación fue definida como cinética, ingresándose los parámetros cinéticos correspondientes. Se consideró un tiene 6% de FFA (ácido oleico) en el aceite (equivalente a 12 mg de KOH/g de aceite) (Zhang et al., 2003), pretendiéndose llegar al 0,5% de FFA como máximo. Como modelo cinético se asumieron las siguientes hipótesis:

- la reacción de esterificación es reversible heterogénea, pero al estar el catalizador disuelto en alcohol y considerarse mezcla ideal en el reactor se asume un micro fluido donde las condiciones están controladas por la reacción;
- la velocidad de la reacción no catalizada es insignificante en relación con la catalizada;
- la relación molar metanol/aceite usada es 6/1 por lo cual se considera que la concentración de metanol permanece constante a través del proceso.

Bajo estas condiciones la reacción se consideró como pseudo-homogénea de primer orden en avance y de segundo orden para el retroceso con la siguiente ley cinética:

$-\frac{d[A]}{dt} = K_1 [A] - K_2 [C][D]$ donde [A]: concentración de FFA (mg KOH/g aceite); [C] y [D]: concentraciones de éster (FAME) y agua, respectivamente, ambas referidas a 1 g de aceite; K_1 y K_2 : constantes cinéticas para el avance y el retroceso, respectivamente. Si [D] y [C] son asumidas nulas al inicio y $A = A_0 - E$ ($E =$ acidez removida) (Carberry, 1976):

$$\frac{dE}{dt} = K_1 (A_0 - E) - K_2 E^2 \text{ donde } A_0: \text{concentración inicial de FFA (mg KOH/g aceite)}$$

A partir de los valores de K_1 y K_2 publicados por Berrios et al. (2007) para concentraciones de catalizador entre 5 y 10% p/p (FFA/catalizador) y relaciones molares de metanol/ácido oleico 10/1 a 80/1, se determinó la energía de activación (E) y el factor pre-exponencial (A) de Arrhenius (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros cinéticos.

	A	E (J/mol)
K_1 (5%)	$2,869 \times 10^6$	50745,2
K_2 (5%)	37,068	31007,3
K_1 (10%)	$3,913 \times 10^5$	44558,8
K_2 (10%)	707,166	42761,4

Desarrollo del flowsheet del proceso en el entorno de simulación: El aceite usado (corriente AVUs almacenamiento), ingresa al tanque de almacenamiento (V-100), de allí circula a través de una válvula (VLV-100) que representa el actuador del sistema de control de nivel del tanque (PIC-100); es impulsado por la bomba (P-100) a 400 kPa e ingresa a un intercambiador de calor (E-100) donde es calentado a 70°C antes del ingreso al reactor (Fig. 4). Las corrientes de metanol y catalizador provenientes de los tanques V-101 y V-102 se mezclan, bombean (P-103) para elevar su presión y pasan a formar parte de la corriente metanol- H_2SO_4 que se calienta a 70°C (corriente Al reactor 1) antes de ingresar al reactor CSTR-100 junto con la corriente AVUs2. En el reactor se produce la esterificación a 400 kPa y 70°C; a continuación el aceite con menor %FFA es enfriado hasta 46°C, ingresando a una columna de extracción líquido-líquido (T-100) donde se elimina el H_2SO_4 y agua excedente, por medio de lavado con una corriente de Glicerol que ingresa por la parte superior proveniente del tanque almacenamiento V-103 y de la bomba P-101.

Seguidamente se utilizan splitters para simular la separación de fases y la decantación del glicerol, obteniéndose las corrientes de AVUs-Pretratados y Metanol a destilar. La primera, correspondiente al aceite listo para la obtención de biodiesel en la planta de transesterificación, circula a través de la válvula VLV-101 y el enfriador E-102 para llevarlo a condiciones (101,3 kPa y 25 °C) de almacenamiento (V-104). La segunda corriente ingresa a una columna de destilación (T-101) para recuperar el metanol en exceso para ser reutilizado en el reactor de esterificación. Del separador de corrientes (TEE-100) se bifurcan dos corrientes con la misma composición en metanol pero diferentes caudales, para evitar el sobreacumulamiento de impurezas al recircular el metanol recuperado. La corriente Reciclo cierra el ciclo de recirculación, mientras que la corriente Out puede ser de útil como materia prima para la transesterificación ó para la venta. El flujo de la corriente Out circula a través de la válvula VLV-102, por el enfriador E-105 y finalmente ingresa al tanque de almacenamiento V-105.

Para poder ajustar las variables flujo másico y temperatura se utilizó la opción Adjust, logrando que el reciclo sea factible, manteniendo las condiciones necesaria de flujo másico y temperatura.

Se simularon diferentes alternativas del proceso, partiendo de la definición de un reactor (y reacción) de conversión completa (Zhang et al., 2003) para analizar la convergencia del sistema, incorporándose luego de un reactor de mezcla perfecta donde se obtuvo una conversión del 98,66% bajo las condiciones indicadas en la Tabla 4. La columna de destilación necesaria para la recuperación de metanol no reaccionado se modeló como una columna binaria previa incorporación de dos splitters (Fig. 4), a fin de trabajar con un sistema más sencillo, lográndose obtener un caudal de destilado y una composición muy similar a la columna de destilación (Tabla 5). Por último, con el objeto de poder recuperar el metanol, se incorporó una función reciclo, evaluándose económicamente esta alternativa (Fig. 4).

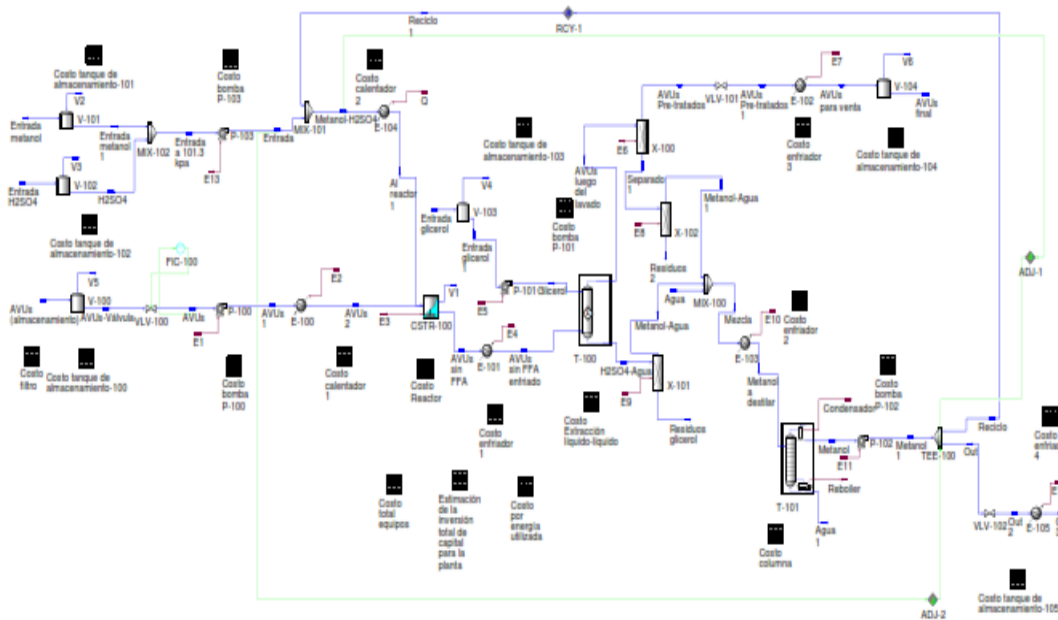


Fig. 4. Flowsheet del proceso de esterificación de AVUs.

Tabla 4. Comparación entre los reactores de conversión completa y de mezcla perfecta.

		Reactor (y reacción) de conversión			Reactor de mezcla perfecta (reacción cinética)		
Conversión		100 %			98,66 %		
Volumen (m ³)					2,19		
Corriente	Entrada		Salida	Entrada		Salida	
	Metanol-H ₂ SO ₄	AVUs ₂	AVUs sin FFA	Al reactor 1	AVUs ₂	AVUs sin FFA	
T (°C)		28,1	60	70	70	70	
P (kPa)		400	400	400	400	400	
Caudal (kg/h)		141,3	680,7	822	141,3	680,7	
Fracción másica	Metanol	0,954		0,15839	0,954	0,15847	
	H ₂ SO ₄	0,045		0,00774	0,045	0,00774	
	Agua	0,001		0,00334	0,001	0,00329	
	Trioleína		0,94	0,77838		0,94	0,77838
	Ac. Oleico		0,06			0,06	0,00067
	Biodiesel 1			0,05215			0,05145

Tabla 5. Comparación entre una columna multicomponente y una columna binaria.

Columna		Multicomponente			Binaria		
Corriente		Entrada (Mezcla)	Destilado (Metanol)	Residuos	Entrada (Metanol a destilar)	Destilado (Metanol)	Residuo (Agua 1)
T (°C)		45,04	35,46	46,88	48	35,48	68,26
P (kPa)		190	20	30	101,3	20	30
Caudal (kg/h)		210,6	118,5	92,12	217,8	122,6	95,27
Fracción másica	Metanol	0,618396	0,999978	0,127684	0,598	0,999111	0,081786
	Agua	0,012870	0,000022	0,029392	0,402	0,000889	0,918214
	Glicerol	0,338541		0,773902			
	H ₂ SO ₄	0,030193		0,069021			
Platos		5			9		
Plato alimentación		3			6		

A partir del proceso simulado en estado estacionario, se realizó la simulación en estado dinámico para diseñar los sistemas de control correspondientes a las variables principales del proceso; entre ellas, se controló la presión del tanque de almacenamiento de AVUs (V-100) mediante un sistema feedback proporcional de ganancia unitaria para asegurar las condiciones requeridas a la entrada al reactor de esterificación (CSTR-100) (Fig. 5).

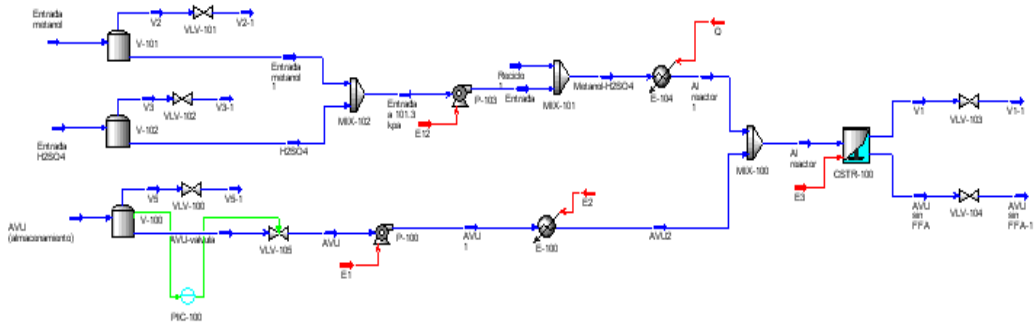


Fig. 5. Flowsheet de la etapa del proceso con control de presión feedback.

5. Conclusiones

En este trabajo se evaluó la factibilidad de implementar el proceso de pretratamiento de los AVUs para la producción de biodiesel en la región aledaña a Olavarría, desarrollándose el diseño, modelado y control de la planta de tratamiento, y la evaluación económica del proceso que permitió establecer un precio de venta para los AVUs de 537,72 U\$\$/tn, permitiendo una recuperación de la inversión en 10 años, considerando que el proyecto resulta ser factible.

6. Referencias

- Berrios M., Siles J., Martín M.A., Martín A. (2007). A kinetic study of the esterification of free fatty acids (FFA) in sunflower oil. Elsevier.
- Burín M. (2009). Utilización de aceite de fritura usado para fabricación de biodiesel en plantas medianas para autoconsumo. Área Generación Distribuida de Energías Renovables, INTI, Argentina.
- Burín M., Rodríguez G. y Ribeiro M. (2010). Plantas de biodiesel de aceite vegetal usado. Área Generación Distribuida de Energías Renovables, INTI, Argentina.
- Capdevila V.E. (2011). Estudio de la factibilidad del pre-tratamiento de los AVUs (aceites vegetales usados) para la obtención de biodiesel. Proyecto Final de Carrera, Facultad de Ingeniería UNCPBA.
- Foon C.S., May C.Y., Ngan M.A. and Hock C.C. (2004) .Kinetics study on transesterification of palm oil. Journal of Oil Palm Research, 16(2), pp. 19-29.
- Hamilton, R.J. (1989). The chemistry of rancidity in foods. En: Rancidity in Foods, 2ªEd. Editor J. C. Allen and R. J. Hamilton. Elsevier Applied Science. London.
- Kapilakarn K. and Peugtong A. (2007). A comparison of costs of biodiesel production from transesterification. International Energy Journal, 8, pp. 1-6.
- Sonntag, N.O.V. (1982). Reactions of fats and fatty acids. En: Bayley's industrial oil and fat products, Vol. 1, Editor D. Swern, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Valenzuela A., Sanhueza J., Nieto S., Petersen G. y Tavella M. (2003). Estudio comparativo en frituras, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. A&G 53(4), pp. 568-573.
- Zhang Y., Dubé M.A., McLean D.D. and Kates M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. Elsevier.

32TCQ. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS FINAS

PETIT, H.A.; SOSA, G.G.; PICO, L.O.; BARBOSA, M.R.

Facultad de Ingeniería. UNCPBA. Av. A. del Valle 5737. 7400 – Olavarría.

Resumen: Los ciclones constituyen una de las formas más económicas de clasificación de material particulado. En la Facultad de Ingeniería se desarrolla un proyecto de diseño y construcción de ciclones, en el marco del cual se estudian las variables de diseño, y se realiza la simulación del flujo complejo que tiene lugar en el separador. Se establecen modelos para la eficiencia fraccional de separación, cuya validación requiere de datos experimentales. El proceso de separación consta de un ventilador, un dosificador de polvo, el ciclón y un filtro de mangas. En este trabajo se presenta el diseño y montaje del equipamiento para lograr la separación de partículas finas. Se analiza la versatilidad del sistema en cuanto al rango de las variables de operación y las variables geométricas de ciclones y la capacidad de separar partículas de distinto tamaño. Para el proyecto de planta piloto se adopta como base de diseño del equipo experimental un ciclón de tipo Stairmand, de 20 cm de diámetro. Para el rango de tamaños de partícula elegido y en una primera etapa, se toma la temperatura ambiente de 20°C. Se utiliza un ventilador centrífugo para el transporte del gas portador de los sólidos que controla el caudal entre 400 m³/h y 650 m³/h. El contenido de polvo se controla por medio de un dosificador volumétrico para un rango de dosificación de 100 a 850 g/h. El filtro de mangas posee un área filtrante total de 5 m², con un caudal admisible es de 0.130 m³/s. En posteriores etapas, se contempla la posibilidad de trabajar a otras temperaturas, que se regularán mediante una resistencia eléctrica. Las mediciones de las distribuciones de tamaños de partículas se determinarán a través del Laboratorio de Micropartículas de la Facultad de Ingeniería.

El dispositivo experimental diseñado permitirá recoger polvos con diferentes granulometrías de acuerdo a las condiciones de trabajo. Los resultados experimentales permitirán la validación de los modelos matemáticos obtenidos previamente en el grupo de trabajo. El control del caudal de aire, la precisión de la dosificación del material a separar y la calidad de retención del filtro son determinantes para el correcto funcionamiento del sistema de separación. A esto debe añadirse la importancia de un adecuado control de temperatura.

1. Introducción:

La industria moderna demanda material particulado fino y superfino para diversos usos. Industrias tales como la de los plásticos, gomas, pinturas, materiales cementantes, cerámicos y asfálticos, tintas, productos abrasivos y de limpieza, la industria de filtros de agua y la del papel son ejemplos clásicos de dicha demanda. Así, los requerimientos apuntan a diversos materiales tales como alúmina, caliza, talcos, sílice, grafito, feldespato, baritina, mica, caolín, cuarzo, silicatos de litio, boro y aluminio, metafosfato de calcio y carburo de silicio, entre otros, son requeridos como diversos tipos de carga de refuerzo en materiales compuestos y en pigmentos de pinturas.

En general, estos materiales resultan costosos debido a la necesidad de realizar una separación y clasificación de partículas que requiere procesos de separación relativamente complejos. Una de las formas menos costosas de obtenerlos consiste en emplear ciclones de alta eficiencia. Estos equipos son económicos tanto desde el punto de vista de la

inversión como de la operación. Son de simple construcción dado que no presentan partes móviles, lo que además facilita el mantenimiento.

Los separadores ciclónicos son esencialmente cámaras de sedimentación en las que la aceleración gravitacional se sustituye por la aceleración centrífuga. Se los puede fabricar en una amplia gama de materiales y pueden ser diseñados para trabajar a altas temperaturas y presiones de operación.

Considerando las proporciones de los ciclones, se los clasifica en tres grandes grupos: convencionales, de alta eficiencia y de alta capacidad. Cada uno de ellos tiene diferente eficiencia de separación. Los de alta eficiencia son los que logran mayor separación de partículas pequeñas. (Hoffmann y Stein, 2008; Echeverri Londoño, 2006).

En Argentina no se fabrica maquinaria separadora de alta eficiencia para obtener polvos con las características descriptas anteriormente. En la Facultad de Ingeniería se desarrolla un proyecto de diseño y construcción de ciclones, en el marco del cual se analizan las variables geométricas y de operación además de realizarse la simulación del flujo complejo que tiene lugar en el separador. Con las características fluidodinámicas determinadas por medio de las simulaciones se establecen modelos para la eficiencia fraccional de separación. La validación de ellos requiere de datos experimentales, por lo que se hizo necesario el montaje del sistema completo para lograr la separación.

El proceso de separación consta de un sistema impulsor de aire, constituido por un ventilador, un dosificador de polvo, el ciclón donde ocurre la clasificación de las partículas y el filtro para la recolección de las mismas.

2. Objetivos:

En este trabajo se presenta el diseño y montaje del equipamiento para lograr la separación de partículas finas. Se analiza la versatilidad del sistema en cuanto al rango de las variables de operación (temperatura, presión y concentración de partículas), las variables geométricas (tamaño y tipo) de un ciclón y la capacidad de separar partículas de distinto tamaño.

3. Fundamentos Teóricos:

En la Figura 1 se esquematiza la disposición de los principales elementos del sistema de separación.

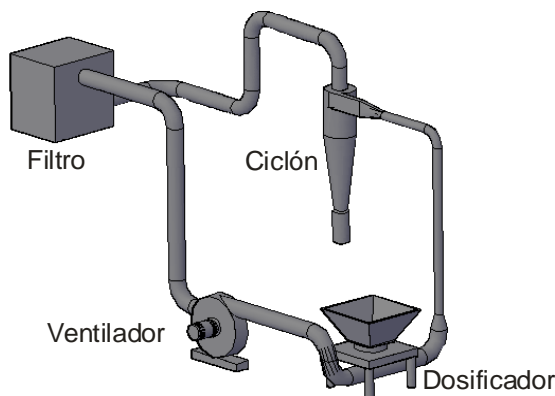


Figura 1 - Esquema del sistema de separación.

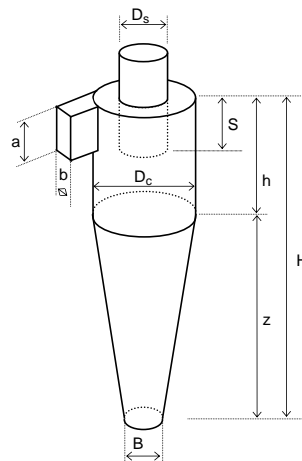


Figura 2 - Esquema de un ciclón de entrada tangencial.

El ciclón constituye el elemento esencial para la separación de partículas. La Figura 2 muestra un esquema de un ciclón de entrada tangencial.

En este trabajo se diseña un ciclón de alta eficiencia, de tipo Stairmand. Empleando el modelo del número de vórtices (Hoffmann y Stein, 2008; Echeverri Londoño, 2006) para el cálculo de la eficiencia fraccional (Ecuación 1) se obtienen las familias de curvas correspondientes a la variación de los parámetros involucrados. En particular, la temperatura de operación influye notablemente sobre las propiedades físicas y fluidodinámicas.

$$\eta_i = 1 - \exp\left[\frac{-\pi N \rho_p D_p^2 V_i}{9 \mu b}\right] \quad (1)$$

donde: N: Número de giros
 ρ_p : Densidad de la partícula, en kg/m³.
 D_p : Diámetro de la partícula, en m.
 V_i : Velocidad de entrada del gas, en m/s.
 μ : Viscosidad del gas, en Pa s.

Sin embargo, para entender la variación de la eficiencia con la temperatura es necesario interpretar previamente el concepto de velocidad de saltación (V_s), el cual se halla ligado al fenómeno de resuspensión de las partículas. Se ha definido una expresión semiempírica (Ecuación 2) para dicha velocidad (Kalen et al., 1974), de manera de describir la disminución de la eficiencia de recolección cuando la velocidad de entrada supera determinado valor.

$$V_s = \frac{4.913 W K_b^{0.4} D_C^{0.067} \sqrt[3]{V_i^2}}{\sqrt[3]{1 - K_b}} \quad (2)$$

donde $K_b = b/D_C$ y W es la velocidad equivalente, parámetro que depende de las propiedades del fluido y de la partícula. Las correlaciones experimentales obtenidas por Kalen y Zenz muestran que la máxima eficiencia se obtiene para $V_i = 1.25 V_s$. Por otro lado, para que no se produzca la resuspensión del material ya recolectado, se debe respetar que $V_i \leq 1.35 V_s$. En la Figura 3 se muestra la dependencia de la eficiencia con el diámetro del ciclón y el efecto de la temperatura, para tamaño de partícula de 10 μm . Las curvas se obtuvieron empleando las ecuaciones 1 y 2 y la condición $V_i = 1.25$.

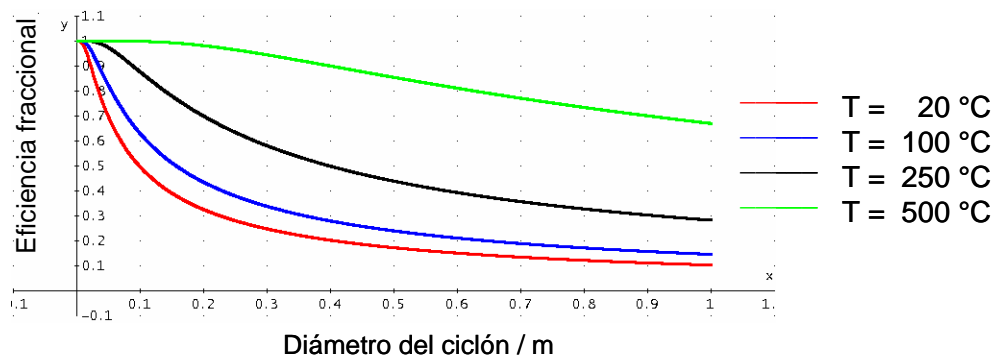


Figura 3 - Dependencia de la eficiencia fraccional con el diámetro del ciclón.

Se observa que cualquiera sea la temperatura de operación, los ciclones resultan más eficientes a medidas que son más pequeños, por lo que si se requiere una producción importante es necesario utilizar una batería de éstos. En la Figura 4 se muestra la variación de la eficiencia en función del diámetro de partícula.

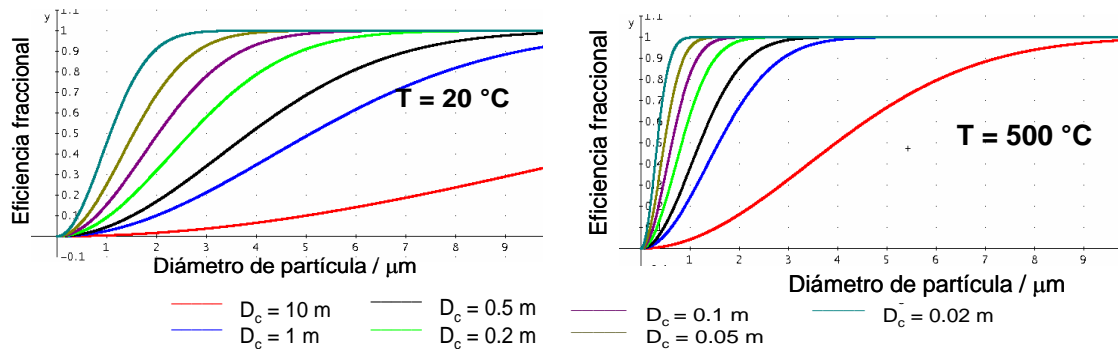


Figura 4 - Dependencia de la eficiencia fraccional con el diámetro de partícula.

Por otra parte, la eficiencia total se define como el porcentaje de la masa de partículas entrantes que es separado en el ciclón. Debido a que no existe un método teórico sencillo para su cálculo, se han desarrollado teorías basadas en el comportamiento experimental de los ciclones (Dirgo y Leith, 1985; Leith y Licht, 1972; Hsiao et al., 2011). Estas teorías establecen diferentes relaciones entre la eficiencia de colección con el tamaño de las partículas, las relaciones geométricas, el caudal de aire, la temperatura de operación y su influencia sobre las propiedades del gas.

Si bien la geometría del ciclón es sencilla, el campo de flujo corresponde a un comportamiento altamente turbulento, describiendo dos helicoides coaxiales, el externo descendente y el interno ascendente. Este flujo puede describirse matemáticamente mediante las ecuaciones de Navier-Stokes. Sin embargo, la complejidad del movimiento hace que no sea posible resolver de manera analítica estas ecuaciones, por lo que normalmente se recurre a una simulación del comportamiento del flujo mediante modelos numéricos de turbulencia que se implementan computacionalmente.

Los trabajos realizados en el grupo de investigación (Petit et al., 2011; Pico et al., 2012) han permitido la simulación del flujo en ciclones para analizar la distribución de velocidades tangenciales. Se utilizó el modelo LES (Large Eddy Simulation) para flujo turbulento aplicando técnicas de fluidodinámica computacional (CFD: Computacional Fluid Dynamics). Por otra parte se ha analizado también el efecto del largo de la parte cónica sobre la eficiencia de recolección de polvo (Azadi et al., 2010; Chuah et al, 2006; Chung, 2002).

4. Resultados:

Una vez realizado el análisis de las variables involucradas en el diseño del ciclón y las simulaciones de flujo, se proyectó la construcción del equipo experimental a nivel de planta piloto. Con este objetivo se acotaron las variables para establecer los requerimientos específicos del ciclón y de acuerdo a ellos diseñar el resto del equipamiento. Se adopta como base un ciclón de tipo Stairmand, de 20 cm de diámetro. Para el rango de tamaños de partícula elegido y en una primera etapa, se toma la temperatura ambiente de 20°C; el resto del sistema de separación se adecua de modo que los demás equipos: ventilador,

dosificador y filtro satisfagan las exigencias. La figura 5 muestra el plano de planta piloto proyectada.

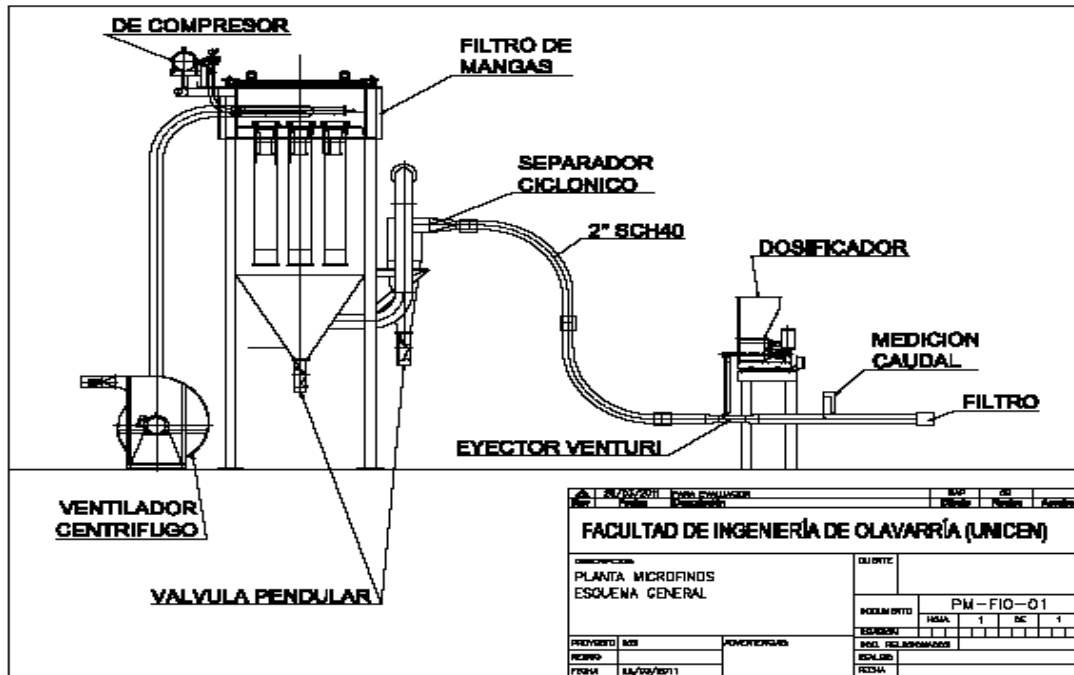


Figura 5 - Plano de planta de microfinos proyectada.

Las características de los equipos complementarios del sistema de separación son:

Ventilador

El transporte del gas portador de los sólidos a separar utiliza un ventilador centrífugo colocado a la salida del filtro de mangas. La regulación del caudal se realiza por medio de una válvula tipo mariposa. Con este sistema se controla el caudal entre 400 m³/h y 650 m³/h, a 20°C. La presión estática máxima es de 400 mm de columna de agua.

Dosificador de sólidos

El contenido de polvo se controla por medio de un dosificador volumétrico de acero inoxidable, que consta de una tolva de aproximadamente 5 kg, vibrador magnético para mantener peso volumétrico constante, rosca sinfín de velocidad variable para un rango de dosificación de 100 a 850 g/h.

Filtro de mangas

Posee un área filtrante total de 5 m². Las mangas están suspendidas desde la cámara limpia con sistema de limpieza automático por aire comprimido del tipo pulse-jet con válvulas de apertura de alto caudal. Este sistema es regulado por una placa temporizadora que habilita tiempos y frecuencias de los pulsos de limpieza. El equipo cuenta con una cámara sucia y tolva colectora con válvula doble pendular para la recolección de sólidos retenidos. Adicionalmente, un presostato diferencial acciona el sistema de limpieza cuando se colmata la tela del filtro. El máximo caudal admisible es de 0.130 m³/s.

Compresor

El sistema de limpieza de mangas es alimentado por un compresor de una etapa con recipiente de 0.09 m³ y presión máxima de 9 bar. La alimentación de aire comprimido al filtro de mangas contiene una trampa para eliminación de condensados. El dispositivo permite operar a diferentes temperaturas.

En posteriores etapas, se contempla la posibilidad de trabajar a otras temperaturas, para lo cual se la podrá regular mediante una resistencia eléctrica.

Parte del equipamiento descrito ya ha sido adquirido y se encuentra en etapa de montaje. Los resultados experimentales que se espera obtener, serán la fuente de validación de los modelos numéricos hallados en trabajos previos del grupo de investigación. Las mediciones de las distribuciones de tamaños de partículas serán determinadas a través del Laboratorio de Micropartículas de la Facultad de Ingeniería. El mismo cuenta con un Analizador Láser de tamaño de partícula (Granulómetro). Mastersizer 2000E, con módulo para sólidos secos y un Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) de bajo vacío EVO MA10, Carl Zeiss.

5. Conclusiones:

El dispositivo experimental diseñado permitirá recoger polvos con diferentes granulometrías de acuerdo a las condiciones de trabajo. Se destaca la versatilidad del sistema para operar en un rango relativamente amplio de caudales, de temperaturas y de contenido de partículas, pudiéndose incluso cambiar el ciclón.

El análisis de la distribución de partícula del polvo colectado permitirá la validación de los modelos matemáticos obtenidos a partir de simulaciones previas.

El control del caudal de aire, la precisión de la dosificación del material a separar y la calidad de retención del filtro son determinantes para el correcto funcionamiento del sistema de separación. A esto debe añadirse la importancia de un adecuado control de la temperatura.

6. Bibliografía:

Azadi, M.; Azadi, M; Mohebbi, A. (2010). A CFD study of the effect of cyclone size on its performance parameters. *J. Hazardous Mat.*, 182: 835-841.

Chuah, T.G.; Gimbin, J.; Choong, T.S.Y. (2006). A CFD study of the effect of cone dimensions on sampling aerocyclones performance and hydrodynamics. *Powder Tech.* 162: 126-132.

Chung, T.J. (2002). *Computational Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, U.K. Part Five, Chapter Twenty-one. Pages 683-705.

Dirgo, J.; Leith, D. (1985). Performance of theoretically optimized cyclones. *Filtration and Separation.* 22: 119-125.

Echeverri Londoño, C.A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. *Rev. Ing. Univ. Medellín:* 5(09), 123-139.

Hsiao, T.; Chen, D.; Greenberg, P.; Street, K. (2011). Effect of geometric configuration on the collection efficiency of axial flow cyclones. *J. Aer. Sci.:* 42: 78-86.

Hoffmann, A.C.; Stein, L.E. (2008). *Gas Cyclones and Swirl Tubes*, Springer Verlag, Berlín. Chapter fifteen.

Kalen, B.; Zenz, F.A. (1974). Theoretical Empirical Approach to Saltation Velocity in Cyclone Design. *AIChE Symp.:* 70: 137, 388.

Leith, D.; Licht, W. (1972). The collection efficiency of cyclone type particle collectors-a new theoretical approach. *AIChE Symp.* 68: 126, 196-206.

Pico, L.; Barbosa, M. (2011). Influencia de la temperatura sobre la eficiencia de separación en un ciclón de alta eficiencia. XVII Congreso Argentino de Fisicoquímica, Córdoba, 3 al 6 de mayo de 2011.

Petit, H.A.; Pico, L.O.; Barbosa, M.R. (2012). Influencia de la longitud del cono de un ciclón sobre las variables de flujo. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería.* 3: 3. (En prensa). La Serena, Chile.

33TCQ. LÍQUIDO IÓNICO PRÓTICO 2-HIDROXIETANOLAMIN FORMIATO (2-HEAF) PARA DESHIDRATACIÓN DE METIL TERT-BUTIL ÉTER (MTBE)

M. IGLESIAS¹; R. GONZALEZ-OLMOS²

(1) Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador-Brasil (2) Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA), Universitat de Girona, Facultat de Ciències, Campus Montilivi s/n, E-17071 Girona-Espanya (E-mail: miguel.iglesias@ufba.br)

Resumen: En este trabajo se estudia el equilibrio de fases líquido-líquido de la mezcla ternaria (Agua + 2-HidroxiEtanolAmin Formiato (2-HEAF) + Metil tert Butil Eter (MTBE)) a diferentes temperaturas para determinar el potencial del líquido iónico prótico como solvente deshidratante del éter. Las curvas de equilibrio de fase son de tipo II de acuerdo a la clasificación de Treybal, mostrando los datos obtenidos consistencia termodinámica en todas las temperaturas por el test de Othmer-Tobias. Los resultados del estudio ponen de manifiesto la fuerte interacción entre los iones en medio polar y la modificación de la estructura de iceberg de las moléculas de agua a baja concentración de éter. Los impedimentos estéricos son el factor clave en el proceso de mezclado y ordenamiento de los iones de 2-HEAF. Como consecuencia de las fuertes interacciones existentes, es posible obtener excelentes separaciones de agua y éter por extracción a baja concentración de líquido iónico prótico. Los resultados confirman 2-HEAF como agente potencial para deshidratación y purificación de MTBE. El bajo coste de fabricación y biodegradabilidad del líquido iónico reafirman su interés en diferentes áreas de aplicación industrial.

1. Introducción:

En procesos químicos industriales, la optimización y el diseño de los equipos de separación está condicionada por un conocimiento suficiente de la termodinámica de mezclas. En lo que se refiere al área de extracción o destilación heterogénea, es clave su estudio de la termodinámica de equilibrio entre fases, pudiendo abordarse experimentalmente o por predicción sobre la base de un modelo teórico adecuado y un conjunto de datos. Una de nuestras actividades de investigación en los últimos años fue el estudio de agentes de separación en la rectificación modificada y procesos de extracción, así como, modelos de estimación de propiedades físicas (Iglesias et al., 2006; Silva et al., 2006; Iglesias et al., 2007). Los líquidos iónicos (ionic liquids en inglés, IL's) son una clase de nuevos solventes que están siendo aplicados en diferentes usos industriales debido a sus peculiares propiedades. En esta área también hemos desarrollado parte de nuestro trabajo de investigación (Iglesias et al., 2008; Alvarez et al., 2010; Alvarez et al., 2011). Este tipo de compuestos se pueden dividir en dos categorías principales, líquidos iónicos apróticos y líquidos iónicos próticos. Estos últimos son producidos a través de la transferencia de protones de ácidos a bases de Brønsted. En los últimos años, a pesar de la escasez de estudios y trabajos experimentales desarrollados, existe un creciente interés en líquidos iónicos próticos, así como en sus aplicaciones potenciales (Greaves y Drummond, 2008), debido fundamentalmente a su bajo coste de fabricación, síntesis sencilla y buen perfil de biodegradación y toxicidad potencial (Peric et al., 2011).

Metil tert-butil éter (MTBE) fue autorizada en EEUU para su uso como aditivo de la gasolina a finales de 1979. A partir de este momento, el MTBE se ha utilizado en todo el mundo por su compatibilidad con la gasolina y el beneficio funcional de sus características antidetonantes. Este compuesto no sólo puede aumentar el número de octano, sino también

reducir las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna. MTBE presenta, sin embargo, gran capacidad de dispersión en medio acuoso debido a su alta solubilidad y resistencia a la descomposición ya que no se ve afectada significativamente por los microorganismos. Este compuesto químico es un contaminante persistente del medio natural y no es fácil de recuperar por técnicas convencionales (adsorbentes de resina sintética, separación por aire, procesos de oxidación catalizada, o carbón activado granular). Con estos factores en mente, y como continuación de un proyecto amplio sobre el desarrollo y estudio de las aplicaciones de los nuevos líquidos iónicos próticos, este trabajo está enfocado a estudiar la aplicabilidad de 2-hidroxietanolamin formiato (2-HEAF) como disolvente de extracción potencial para la deshidratación de MTBE. Con este fin, se presentan nuevos datos de equilibrio líquido-líquido (LLE) del sistema de agua + 2-hidroxietanolamin formiato (2-HEAF) + MTBE a 278,15, 298,15 y 308,15 K. Atendiendo a los resultados obtenidos, como resultado de las intensas interacciones polares, la separación de mezclas de agua y éter por extracción en fase líquida es viable a cualquier temperatura y con pequeñas cantidades de disolvente iónico. La recuperación de líquido iónico es posible por la simple evaporación del agua, sin pérdidas debido a su baja presión de vapor, mostrando 2-HEAF un perfil de economía y biodegradación que lo hacen atractivo para el desarrollo de procesos industriales limpios, como el propuesto en este trabajo.

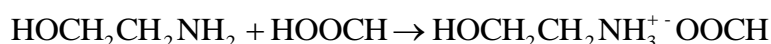
2. Experimental:

Materiales

Se usó agua calidad Millipore con masa orgánica <5 ppb con resistividad 18.2 MΩcm. El MTBE, el ácido fórmico y el 2-etanol amino usado en este estudio fueron suministrados por Merck con pureza superior a 99.5 mol%. Durante los experimentos, se controló la pureza de los solventes mediante mediciones de densidad (Tabla 1) y cromatografía de gases. Los productos químicos se almacenaron a temperatura constante y protegido de la luz. Los procedimientos de purificación y manipulación en nuestro laboratorio, se comentan con detalle en publicaciones previas (Iglesias et al., 2008).

Preparación del líquido iónico

Se colocó el 2-aminoetanol en un reactor de vidrio de triple boca con reflujo en condensador, con control de temperatura mediante un sensor termoresistivo PT-100 y un dispositivo para goteo de reactivos. Todo el equipamiento se instaló en baño de hielo dado el carácter altamente exotérmico del proceso. El ácido fórmico se añadió gota a gota en el matraz en agitación con una barra magnética. Se continuó la agitación durante 24 horas para garantizar el agotamiento de los reactivos, a la temperatura del laboratorio, obteniéndose finalmente, un líquido amarillo viscoso. No se formaron cristales sólidos o precipitación alguna, después de completada la reacción, ni después de un largo período de almacenamiento a baja temperatura. La reacción es una simple neutralización ácido-base tipo Brönsted, creándose una sal de etanolamina formiato de la siguiente manera:



Debido a que la reacción del ácido fórmico y etanolamina es altamente exotérmica, una refrigeración adecuada es esencial a lo largo del proceso, de lo contrario la liberación de calor puede producir la deshidratación de la sal para dar la formamida correspondiente como en el caso de las sales de nylon (sales de diaminas con ácidos dicarboxi). Como se observó en nuestro laboratorio, durante la síntesis de líquidos iónicos, la deshidratación

comienza a unos 150 °C. A fin de disminuir la cantidad de agua, se secó el líquido iónico durante otras 48 h a temperatura ambiente y vacío de 20 kPa con agitación antes de su uso. La medición de propiedades físicas garantiza la pureza del líquido iónico, posteriormente a su limpieza y secado. Los valores experimentales de los compuestos puros se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Peso molecular y comparación de datos con bibliografía científica de los componentes de la mezcla a 298.15 K

Componente	Molar Weight ^a g·mol ⁻¹	ρ (g·cm ⁻³)		u (m·s ⁻¹)	
		Exptl.	Lit. ^b	Exptl.	Lit. ^b
agua	18.015	0.99704	0.99712 ^c	1496.89	1496.687
2-HEAF	107.110	1.17709	n a	1719.59	n a
MTBE	88.150	0.734406	0.73529	1036.94	1035

^a Poling et al., 2001

^b TRC Thermodynamic Tables, 1994

^c Riddick et al., 1987

Espectroscopía

Se obtuvieron espectros de ¹H-NMR y FT-IR con el fin de caracterizar el producto de síntesis y confirmar su estructura iónica. El espectro ¹H-NMR (medido con un Varian 400 MHz spectrometer, usando DMSO-d₆ como solvente con TMS como standard interno) δ : 8.4 ppm (s, 1H, H-COO⁻); 6.4-6.8 ppm (broad signal, 4H, -NH₃⁺OH); 3.6 ppm (t, 2H, -CH₂-N); 2.8 ppm (t, 2H, -O-CH₂-). El espectro FT-IR spectrum fue realizado en un Jasco FT/IR 680 plus model IR spectrometer, usando un disco de NaCl. La banda ancha en el rango 3500-2400 cm⁻¹ presenta las características típicas de la estructura de amonio. En esta banda está incluida la vibración del grupo OH. La banda ancha centrada en 1600 cm⁻¹ es una combinación de la banda de carbonilo y la vibración del plano N-H.

Aparatos y procedimiento experimental

Las muestras se prepararon por pesada, cubriendo todo el rango de composiciones de las mezclas en la zona de miscibilidad. Cada tubo fue pesado con precisión ($\pm 2 \cdot 10^{-5}$ g) mediante una balanza digital (GRAM-VXI Serie Analytical Balance). Todas las disoluciones se conservaron selladas para minimizar la absorción de humedad ambiente, realizándose las mediciones inmediatamente después de su preparación. Las densidades y velocidades de sonido de compuestos puros y mezclas se midieron con un densímetro-analizador de sonido Anton Paar DSA-5000 digital (Anton Paar, Alemania). La incertidumbre fue ± 0.01 K para la temperatura (método Peltier), $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ gcm⁻³ para las mediciones de densidad y ± 1 ms⁻¹ para la velocidad de sonido. Se usó aire deshumidificado y agua destilada como fluidos de referencia para el calibrado del equipo en las temperaturas de trabajo. Las muestras fueron termostalizadas para medición mediante un baño termostático Frigiterm (J.P. Selecta S.A., España) con estabilidad de temperatura ± 0.1 K.

El dispositivo de estudio de equilibrio de fases líquido-líquido (LLE) consistió en una celda de vidrio encamisada para mantener isoterma el proceso, conectada a un baño termostático. El control de temperatura permitió garantizar una temperatura constante de $\pm 5 \cdot 10^{-2}$ K de desviación dentro de la celda. Un agitador magnético, facilitó la homogeneización durante la primera etapa de mezclado de los componentes. Las mezclas a estudiar heterogéneas, se agitaron en la celda durante 1 h, posteriormente dejándolas

reposar para la separación de las fases líquidas por 24 h. Las muestras tomadas de cada fase (1 mL) se tomaron cuidadosamente y de forma simultánea, para no perturbar la interfase. A continuación fueron analizadas a 298,15 K, del mismo modo que las mezclas preparadas anteriormente para caracterizar la parte homogénea del diagrama de composiciones. Los valores de densidad y velocidad de sonido de las muestras tomadas de cada fase fueron usados para determinar las composiciones en fracción molar por interpolación de los valores medidos en la fase homogénea (Δx_i mejor que 10^{-3}).

Teoría:

Correlación de datos de equilibrio líquido-líquido

Las composiciones de equilibrio se muestran en la Tabla 2. La ecuación NRTL (Abrams y Prausnitz, 1975) se usó para correlacionar los datos experimentales de la mezcla. La expresión del coeficiente de actividad para mezclas multicomponentes según el modelo NRTL es:

$$\ln \gamma_i = \frac{\sum_j^N \tau_{ji} G_{ji} x_j}{\sum_l^N G_{li} x_l} + \sum_j^N \frac{x_j G_{ij}}{\sum_l^N G_{li} x_l} \left[\tau_{ij} - \frac{\sum_l^N x_l \tau_{li} G_{lj}}{\sum_l^N G_{li} x_l} \right] \quad (1)$$

$$\tau_{ij} = \left(\frac{B_{ij}}{T} \right) \quad (2)$$

$$G_{ji} = \exp(-\alpha_{ji} \tau_{ji}) \quad (3)$$

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji} \quad (4)$$

donde T es la temperatura en grados Kelvin. Los parámetros de correlación B_{ij} y α_{ij} (Tabla 3) reproducen los datos experimentales con precisión en todas las temperaturas, es decir, el modelo NRTL describe adecuadamente los datos experimentales para esta mezcla ternaria a todas las temperaturas. Los parámetros optimizados para cada par de componentes fueron determinados usando los datos de equilibrio, los cuales describen la interacción energética entre las moléculas i y j de cada par de compuestos. En este trabajo se usó la técnica de mínimos cuadrados con todos los puntos con igual peso.

Tabla 2. Datos experimentales de equilibrio líquido-líquido del sistema agua + 2-HEAF + MTBE en el rango de temperaturas 278.15 - 328.15 K

278.15 K				298.15 K				308.15 K			
x_1^I	x_2^I	x_1^{II}	x_2^{II}	x_1^I	x_2^I	x_1^{II}	x_2^{II}	x_1^I	x_2^I	x_1^{II}	x_2^{II}
0.00000	0.01916	0.00000	0.95695	0.00000	0.02268	0.00000	0.95749	0.00000	0.02356	0.00000	0.95833
0.01300	0.01500	0.17901	0.76060	0.02980	0.01047	0.12894	0.82100	0.03000	0.01000	0.10500	0.83196
0.02992	0.00955	0.30706	0.65205	0.03156	0.00973	0.30655	0.65290	0.03860	0.00787	0.17950	0.75980
0.05638	0.00098	0.46053	0.50890	0.05432	0.00201	0.40803	0.55900	0.07364	0.00000	0.43860	0.53150
0.07027	0.00004	0.50847	0.46308	0.06100	0.00020	0.47863	0.49244	0.08120	0.00000	0.62861	0.34960

0.08174	0.00055	0.63897	0.33868	0.07613	0.00020	0.63244	0.34545	0.08430	0.00000	0.73159	0.25084
0.08172	0.00002	0.69501	0.28607	0.08421	0.00011	0.66490	0.31488	0.08842	0.00004	0.82272	0.16250
0.08201	0.00000	0.98135	0.00000	0.08500	0.00010	0.82486	0.16105	0.09583	0.00000	0.99311	0.00000
				0.08959	0.00000	0.98913	0.00000				

Tabla 3. Parámetros de correlación del modelo NRTL B_{ij} (K) y α y desviación cuadrática media (Root Mean Square Deviation) (σ) para el sistema agua + 2-HEAF + MTBE

278.15 K						
α	12	13	21	23	31	32
0.2	1040.6	1451.7	-300.15	445.03	247.95	936.54
		$\sigma(x_1^I)$	$\sigma(x_2^I)$	$\sigma(x_1^{II})$	$\sigma(x_2^{II})$	
		0.033	0.006	0.029	0.018	
298.15 K						
α	12	21	13	31	23	32
0.2	-130.16	1063.9	521.58	549.5	293.68	1031.2
		$\sigma(x_1^I)$	$\sigma(x_2^I)$	$\sigma(x_1^{II})$	$\sigma(x_2^{II})$	
		0.009	0.008	0.005	0.010	
308.15 K						
α	12	21	13	31	23	32
0.2	246.73	1399.4	251.99	421.59	262.76	1249.2
		$\sigma(x_1^I)$	$\sigma(x_2^I)$	$\sigma(x_1^{II})$	$\sigma(x_2^{II})$	
		0.006	0.008	0.020	0.009	

La función objetivo se estableció en términos de diferencias de concentración (fracción molar) de los valores experimentales y calculados en cada línea de reparto. La función tiene la siguiente forma:

$$F = \sum_i^n \min \sum_j^3 \sum_k^2 [x_{jk}^{\text{exp}}(i) - x_{jk}^{\text{cal}}(i)]^2 \quad (5)$$

La calidad de la correlación se evaluó en términos de la raíz cuadrática media (root mean square deviation (σ)). Atendiendo a los valores de estas desviaciones se puede observar como la precisión de las correlaciones disminuye levemente al aumentar la temperatura. Los diagramas de composición con las rectas de reparto a las temperaturas de estudio (278,15, 298,15 y 308,15 K) aparecen incluidos como Figuras 1a-1c, respectivamente.

Figura 1a

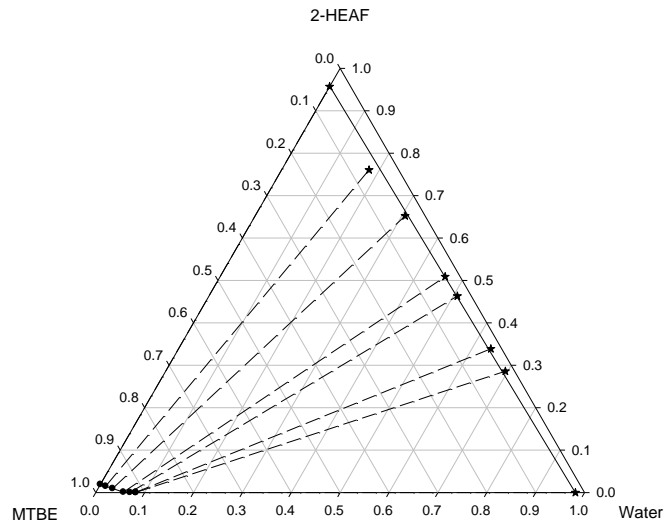


Figura 1b

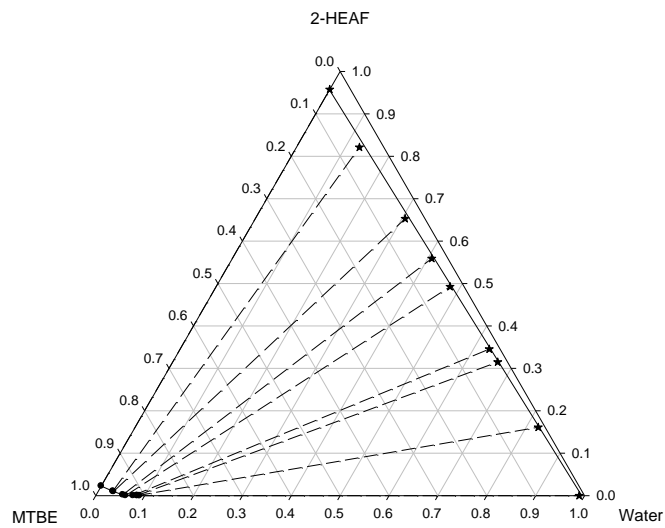


Figura 1c

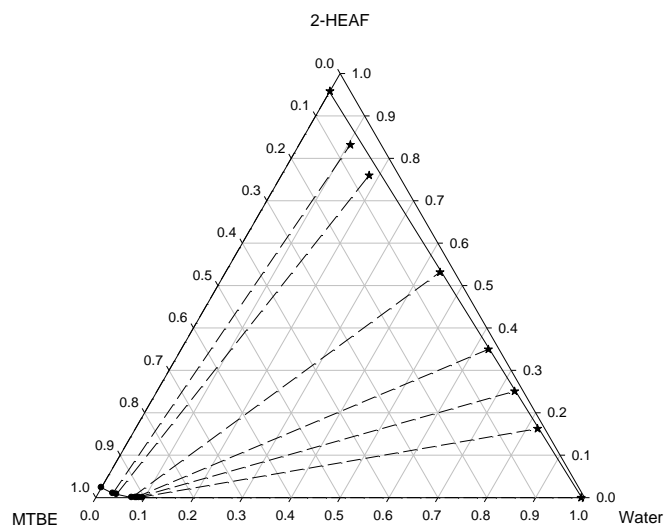


Figura 1 Diagramas de fase para el sistema agua + 2-HEAF + MTBE en (a) 278,15, (b) 298,15 y (c) 308,15 K

La mezcla ternaria muestra un comportamiento tipo II de acuerdo a la clasificación de Treybal. La influencia de la temperatura es pequeña en el sistema ternario estudiado. La mezcla binaria agua + MTBE muestra una tendencia inversa tal como se observó en trabajos previos (disminuye la solubilidad al aumentar la temperatura) (Iglesias y Gonzalez-Olmos, 2008). A todas las temperaturas se observó casi composiciones constantes para el sistema 2-HEAF + MTBE. Solo el binario agua + 2-HEAF es homogéneo, tal como se observó en trabajos previos (Iglesias et al., 2008). No existen trabajos previos de equilibrio líquido-líquido de la mezcla ternaria estudiada, en la bibliografía científica. Las rectas de reparto muestran en la fase acuosa/líquido iónico poca cantidad de MTBE, aunque con tendencia creciente hacia el vértice de 2-HEAF. La fase orgánica contiene poca cantidad de agua y líquido iónico. Se observó que en cantidades altas de MTBE, la solubilidad de agua es mayor. La forma de la línea binodal es cóncava debido a la sinergia en solubilidad de los dos compuestos polares.

Consistencia termodinámica de los datos experimentales

Los datos experimentales se correlacionaron a cada temperatura para comprobar su consistencia termodinámica mediante el método de Othmer-Tobias (Othmer y Tobias, 1942), los resultados se presentan en la Tabla 4 y Figura 2. En esta tabla se indica como las correlaciones presentadas son casi lineales a cada temperatura, lo que pone de manifiesto la consistencia de los datos termodinámicos. Los coeficientes de correlación (a y b) y los factores de correlación (R^2) fueron calculados por el método de mínimos cuadrados con el algoritmo de Marquardt. Un factor de correlación próximo a 1 indica mayor grado de consistencia de los datos. La ecuación propuesta por Othmer y Tobias para mezclas ternarias se expresa:

$$\ln\left(\frac{1-\omega_1^{\text{organic}}}{\omega_1^{\text{organic}}}\right) = a \cdot \ln\left(\frac{1-\omega_3^{\text{aqueous}}}{\omega_3^{\text{aqueous}}}\right) + b \quad (6)$$

donde ω es la fracción másica, el subíndice indica el componente en la mezcla (1 para agua, 2 para 2-HEAF y 3 para MTBE), el superíndice indica la fase de equilibrio y a, b son los coeficientes de correlación, los cuales se indican en la Tabla 4.

Figura 2

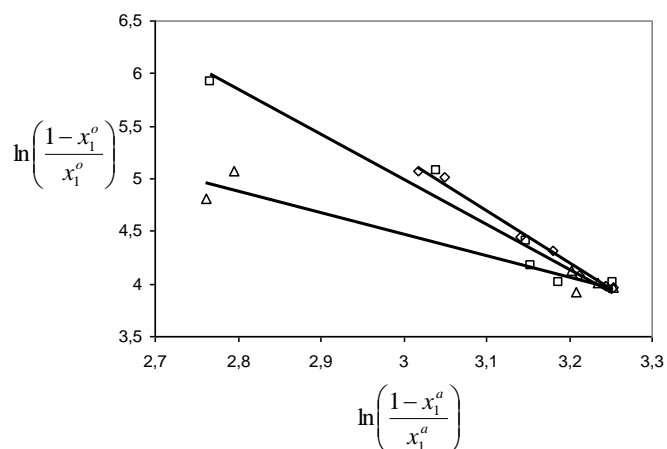


Figura 2. Test Othmer-Tobias a (□) 278.15 K, (◇) 298.15 K y (Δ) 308.15 K

Table 4. Parámetros de ajuste de la ecuación Othmer-Tobias Equation y desviaciones para el sistema en el rango de temperaturas estudiadas (ec. 5)

T (K)	a	b	R ²
278.15	-4.272	17.804	0.952
298.15	-5.023	20.269	0.991
308.15	-2.054	10.634	0.937

3. Resultados y discusión:

Los datos fisicoquímicos de líquidos iónicos son importantes para diseño de nuevos procesos y para comprender las interacciones de este tipo de compuestos en diferentes medios. En este trabajo presentamos nuevos datos experimentales relacionados con el uso del líquido iónico prótico 2-HEAF para la deshidratación de MTBE por extracción.

El equilibrio líquido-líquido depende de las composiciones de las mezclas y la estructura de los grupos funcionales en las sustancias químicas de la mezcla. En general, las interacciones moleculares en fase líquida dependen de dos factores principales: a) variación de fuerzas intermoleculares cuando los componentes entran en contacto y b) variación del empaquetamiento molecular como consecuencia de las diferencias de forma y tamaño de las moléculas e iones de los componentes.

En el sistema ternario estudiado tienen lugar interacciones complejas, puentes de hidrógeno y atracciones polares así como efectos estéricos de los grupos alifáticos contenidos en los aniones y cationes del líquido iónico y del eter. De hecho, los factores geométricos y espaciales son el factor clave para entender el equilibrio de fase multicomponente con líquidos iónicos.

En esta mezcla, la modificación de la estructura espacial tipo iceberg del agua en medio iónico por la presencia de moléculas de MTBE es muy intensa. En términos de acomodación espacial, el efecto del agua y del 2-HEAF es opuesto, pues el líquido iónico presenta por un lado interacciones polares y relativos impedimentos estéricos por los radicales alifáticos eter-iones. 2-HEAF y agua muestran total miscibilidad debido al reducido volumen molecular de los grupos alifáticos del líquido iónico. Ambos compuestos presentan polaridad suficiente para la completa solvatación de los iones. A bajas concentraciones, ya fueron reportadas estructuras clatrato a bajas concentraciones de 2-HEAF en medio acuoso (Iglesias et al., 2008).

Como se esperaba, las mezclas ternarias agua + 2-HEAF + MTBE presentan separación de fases líquidas. Solo a bajas concentraciones de eter o componentes polares aparece una situación estable y, por tanto, una mezcla homogénea.

Esta mezcla es poco sensible al efecto de la temperatura, y presenta un comportamiento especial:

- 1) Cuando la temperatura aumenta, se observa menor tolerancia de MTBE a agua o a 2-HEAF en la fase polar
- 2) Cuando la temperatura aumenta, se observa mayor tolerancia de 2-HEAF a MTBE en la fase orgánica
- 3) Las mismas tendencias se observan en la mezcla ternaria

La separación de fases observada se corresponde con la siguiente interpretación; un aumento de temperatura produce un leve pero progresivo desplazamiento de las dos curvas binodales hacia menores composiciones de MTBE.

Las moléculas de éter destruyen la estructura tridimensional de los iones solvatados en agua, y así pequeñas cantidades de 2-HEAF y agua se dispersan mejor en MTBE cuando la temperatura aumenta. Este fenómeno se debe explicar a la luz de dos factores principales, en primer lugar, la fase polar es fuertemente perturbada por impedimento estérico de los residuos alifáticos de las moléculas de MTBE. Debido a ello, se reduce el potencial de los átomos de oxígeno para establecer interacciones polares. En segundo lugar, el bajo número de iones y moléculas de agua disponibles en la fase orgánica lleva a establecer una fase homogénea en altas concentraciones de MTBE, independientemente del bajo potencial polar del grupo eter.

Los datos experimentales se correlacionaron con la ecuación de Othmer-Tobias para comprobar su consistencia termodinámica, observándose una tendencia lineal a cada temperatura. La correlación de datos experimentales con la ecuación NRTL muestra precisión y una adecuada descripción del comportamiento de equilibrio líquido-líquido. De los datos experimentales se deduce que la mezcla ternaria estudiada presenta una tolerancia mutua muy pequeña a todas las temperaturas.

4. Conclusión

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la interacción de iones en medio polar y la fuerte reorganización de las moléculas hidroxiladas a bajas concentraciones de éter. El impedimento estérico se pone de manifiesto como el factor clave en el proceso de mezcla y empaquetamiento de iones. Como resultado de estas interacciones intensas, las separaciones de agua y éter son posibles por procesos de extracción a baja concentración de líquido iónico, en las temperaturas estudiadas. Los resultados obtenidos confirman 2-HEAF como un agente potencial para la deshidratación y purificación de MTBE.

5. Referencias

Abrams, D.S., Prausnitz, J.M. (1975) Statistical thermodynamics of liquid mixtures: a new expression for the excess Gibbs energy of partly or completely miscible systems, *AIChE J.*, 21, 116

Alvarez, V.H., Dosil, N., Gonzalez-Cabaleiro, R., Mattedi, S., Martin-Pastor, M., Iglesias, M., Navaza, J.M. (2010) Brønsted ionic liquids for sustainable processes: synthesis and physical properties, *J. Chem. Eng. Data*, 55, 625

Alvarez, V.H., Mattedi, S., Martin-Pastor, M., Aznar, M., Iglesias, M. (2011) Thermophysical properties of binary mixtures of {ionic liquid 2-hydroxy ethylammonium acetate + (water, methanol, or ethanol)}, *J. Chem. Thermodyn.* 43, 997

Cota, I., Gonzalez-Olmos, R., Iglesias, M., Medina, F. (2007) New short aliphatic chain ionic liquids: synthesis, physical properties and catalytic activity in aldol condensations, *J. Phys. Chem. B*, 111, 12468

Greaves, T.L., Drummond, C.J. (2008) Protic ionic liquids: properties and applications, *Chem. Rev.*, 108, 206

Iglesias, M., Gonzalez-Olmos, R. (2008) Study of fuel oxygenates solubility in aqueous media as a function of temperature and tert-butyl alcohol concentration, *Chemosphere*, 71, 2098

Iglesias, M., Gonzalez-Olmos, R., Salvatierra, D., Resa, J.M. (2007) Analysis of methanol extraction from aqueous solution by n-hexane: equilibrium diagrams as a function of temperature, *J. Mol. Liq.*, 130, 052

Iglesias, M., Gonzalez-Olmos, R., Torres, A., Salvatierra, D. (2008) Effect of temperature on mixing thermodynamics of a new ionic liquid: {2-Hydroxy ethylammonium formate (2-HEAF) + short hydroxylic solvents}, *J. Chem. Thermodyn.*, 40, 119

Iglesias, M., Mattedi, S., Santana, M.C., Carvalho-Santos, N.A. (2006) Fluid phase topology of ethanol+benzene+cyclohexane at 101.3 kPa, *Phys. Chem. Liq.*, 44, 607

Othmer, D.F., Tobias, P.E. (1942) Tie Line Correlation, *Ind.Eng.Chem.* 34, 693

Peric, B., Marti, E., Sierra, J., Cruañas, R., Iglesias, M., Garau, M.A. (2011) Terrestrial ecotoxicity of short aliphatic protic ionic liquids, *Env. Tox. Chem.* 30, 000

Poling, B.E, Prausnitz, J.M., O'Connell, J.P., *The Properties of Gases and Liquids*, fifth ed., McGraw-Hill, New York, 2001

Riddick, J., Bunger, W., Sakano, T.K. (1986). *Organic Solvents*. Wiley Interscience. New York.

Silva, L.M.C., Mattedi, S., Gonzalez-Olmos, R., Iglesias, M. (2006) Azeotropic behaviour of (benzene+cyclohexane+chlorobenzene) ternary mixture using chlorobenzene as entrainer at 101.3 kPa, *J. Chem. Thermodyn.*, 38, 1725

TRC Thermodynamic Tables; Thermodynamic Research Center, Texas A&M University: College Station, TX, 1994.

34TCQ. NOVEDOSO COMPOSITE BIOACTIVO PARA REGENERACIÓN DE TEJIDO ÓSEO

M. J. Santillán⁽¹⁾, S. Clavijo⁽¹⁾, E. González⁽¹⁾, F. Membrives⁽¹⁾, A. R. Boccaccini⁽²⁾

(1) Facultad de Ciencias. Aplicadas a la Industria. UNCuyo. Argentina.

(2) Institute of Biomaterials. University of Erlangen. Germany

mjsanti@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: Buscando nuevas alternativas que mejoren la osteointegración y consecuentemente la regeneración del tejido óseo, se investigó la obtención de un nuevo material compuesto en base a Bioglass[®] (BG) y TiO₂ dopado con Ag (TiO₂-Ag) y su posterior deposición electroforética (EPD). Las condiciones óptimas de EPD se lograron a 5V durante 12 min. La caracterización estructural por SEM, mostraron recubrimientos homogéneos, de alta densidad y escasas fisuras. Dichas fisuras son favorables ya que actúan de sitios de anclajes a los osteoblastos y favorecer la proliferación celular. La bioactividad de los composites se evaluó *in vitro* a través de tests de inmersión en líquido corporal simulado (SBF) por períodos de 21 días, determinando posteriormente la formación de hidroxiapatita (HA).

Palabras clave: Deposición electroforética, Bioglass[®], Ag, titania.

1. Introducción

A causa de la escasez de donantes, la transmisión de enfermedades, la morbilidad del sitio de extracción y la incapacidad de los materiales para remodelarse y reaccionar ante condiciones fisiológicas, ninguno de los tratamientos convencionales ha podido suplir las necesidades a la hora de tratar problemas relacionados con la pérdida o deterioro del tejido óseo; por lo tanto, se hace necesaria la búsqueda de soluciones alternativas, surgiendo así la medicina regenerativa. Esta última tiene como objeto mejorar o reemplazar funciones biológicas que se encuentran carentes o dañadas en un ser vivo. Es común que se presenten problemas de integración del implante con los tejidos adyacentes ya que no pueden adherirse a éste de forma correcta, generando deficiencias de tipo mecánico. En nuestro caso, el Bioglass[®] es un excelente biomaterial, pero presenta gran fragilidad. Una forma de solucionar este problema es combinándolo con otros materiales cerámicos, como por ejemplo titania. Es conocido el efecto que tiene el TiO₂ en los vidrios al fosfato, lo que permite mejorar el comportamiento mecánico de los vidrios a causa del alto número de coordinación del ión Ti⁴⁺ lo que genera una mayor reticulación vítrea (Hench, 2004). Paralelamente, el agregado de Ag al recubrimiento le otorgaría propiedades bactericidas, generando así un material multifuncional prometedor en el campo de la implantología y de la ingeniería de tejidos

Emplear la deposición electroforética (EPD) como método de fabricación de películas, es altamente atractivo por la versatilidad y rapidez de la técnica, el bajo costo, además de presentar la posibilidad de emplear sustratos de geometría variada. La EPD es una técnica electroquímica de procesamiento de materiales micro y nanoestructurados basada en el movimiento direccional de partículas con cargas dentro de un seno líquido, al aplicar un campo eléctrico externo. Como resultado de ello, las partículas coagulan formando un film sobre el sustrato (electrodo de trabajo) o impregna una matriz porosa con el material

bioactivo. La EPD es utilizada en el procesamiento de materiales en diversas áreas, tales como biomedicina (Santillán y col., 2010), (Radice y col. 2007), cátodos de celdas de combustibles (Santillán y col., 2009), entre otros. En este contexto, la EPD ha mostrado ser un método muy conveniente para la manipulación de nanopartículas de TiO_2 (Santillán y col., 2009), (Santillán y col., 2009¹) y de composites bioactivos de TiO_2 -Ag (Santillán y col., 2010), como así también de numerosos materiales.

2. Procedimiento experimental

2.1. Materiales de partida.

El nanocomposite de TiO_2 -Ag (10%Ag) (TAG10) se sintetizó a través de reacciones de catálisis básica según la ruta de síntesis indicada en reportes previos (Santillán y Col., 2010). Se empleó TiO_2 nanoestructurado, Degussa, con tamaño de partícula del 21nm y superficie específica de $50\text{m}^2/\text{g}$. El Bioglass[®] (*gentileza de Prof. Boccaccini*) posee un tamaño medio de partículas de 5 μm .

Las deposiciones se realizaron a partir de suspensiones acuosas al 5% de etanol de BG con 10% de TiO_2 -Ag. Como sustratos de deposición se emplearon placas de titanio (>99%, Aldrich) de 15x7x0.25 mm.

2.2. Deposición electroforética y Caracterización microestructural.

Para la fabricación de las películas, el sustrato metálico fue empelado como cátodo y el ánodo se confeccionó de acero inoxidable. La distancia entre electrodos fue de 15 mm.

Se utilizó como base una suspensión acuosa al 5% etanol conteniendo 15%wt de Bioglass[®] y agregando posteriormente a esta solución un 10 % en peso de nanopartículas TAG10. La estabilización de la suspensión para la deposición se realizó por agitación ultrasónica seguida de 15 min de agitación magnética.

Considerando que la EPD del BG se realiza a $\text{pH} \sim 12$ y que la deposición del TiO_2 -Ag ocurre a $\text{pH} \sim 7$, se procedió a agregar alícuotas de etanol a la suspensión para lograr la deposición del sistema compuesto Bioglass[®]- TiO_2 -Ag (BG-TAG) a $\text{pH} \sim 10$.

Las condiciones de EPD del composite BG- TiO_2 -Ag se evaluó en el rango de 3V a 20V por periodos de 30-210 s. Después de la deposición, las muestras se secaron en aire y se sinterizaron en vacío a 900°C durante 2 h ($5^\circ\text{C}/\text{min}$).

La caracterización microestructural de las probetas se realizó por microscopía electrónica de barrido (SEM, Philips 515) con EDS, y difracción de RX (XRD, Philips diffractometer 1700), con radiación $\text{CuK}\alpha$ usando un paso de 0.04° con 2 s por paso. La identificación de las fases cristalinas se realizó usando el programa "X'Pert HighScore" aplicando la base de datos PDF-2 y PDF-4 del ICDD.

2.3. Estudios in vitro de bioactividad.

Se Evaluó la bioactividad del recubrimiento a través de ensayos de inmersión en fluido corporal simulado (simulated body fluid, SBF) siguiendo el protocolo de Kokubo et al. (T. Kokubo y col., 1990) por periodos de 3 semanas a 36.5°C .

3. Resultados y discusión

3.1. Deposición y caracterización de recubrimientos.

Dos series de experimentos de EPD se llevaron a cabo. En una serie se trabajó a tiempos de deposición constante y otra a voltaje constante. En la *fig. 1* se presenta la relación entre la masa de material depositado con el tiempo de EPD, manteniendo constante el voltaje

aplicado. Se puede observar que no se obtiene una gran cantidad de BG-TAG depositado. Esto indica que se requiere altos t de EPD para lograr un espesor interesante. En los perfiles obtenidos para todos los voltajes se observa cierta proporción lineal de la variación de la cantidad depositada en función de t , lo que parece indicar que el espesor del recubrimiento aún no genera una resistencia eléctrica lo suficientemente alta como para disminuir el campo eléctrico actuante. De acuerdo a los resultados obtenidos las mejores condiciones de EPD para este sistema son: voltaje aplicado de 5 V y tiempo de deposición de 12 min.

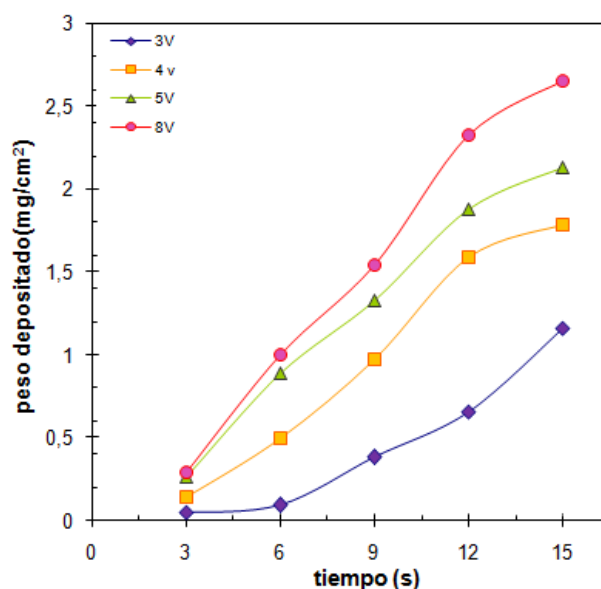


FIGURA 1. Peso de BG-TAG depositado sobre Ti en función del tiempo de EPD para diferentes voltajes

Al aplicar voltajes < 5 V no se obtiene un buen grado de cubrimiento del sustrato, incluso a tiempos prolongados de proceso. Para voltajes ≥ 8 V se observó que el recubrimiento era muy irregular con zonas que indicaban desprendimiento de la película, posiblemente debido a la generación de gases en la superficie de los electrodos por la electrolisis del agua.

La *fig. 2* muestra micrografías de SEM a diferentes magnificaciones donde se puede ver la homogeneidad de la microestructura del depósito poroso obtenido por EPD.

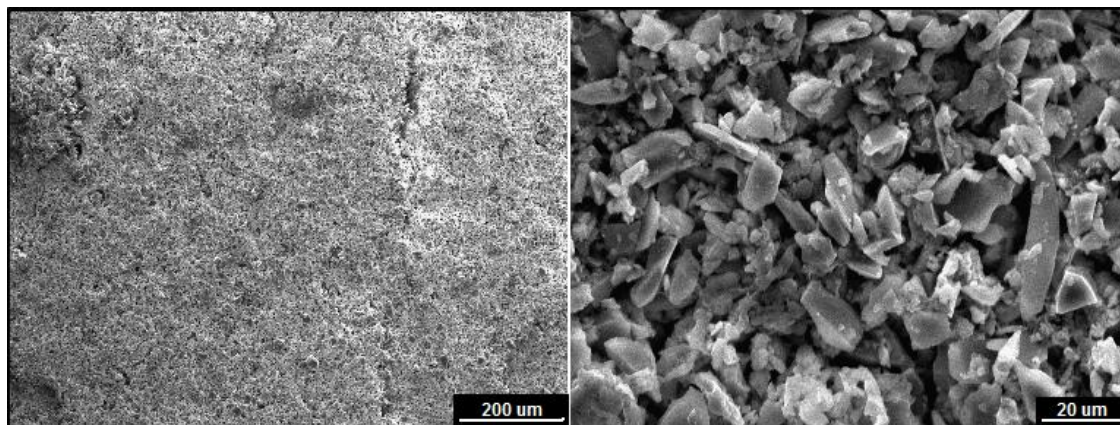
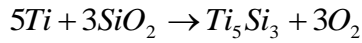


Figura 2: Micrografías de SEM de recubrimientos de BG-TAG obtenidos por EPD a 5 V y $t=12$ min a baja (a) y alta (b) magnificación.

Por encima de la T° fusión, es de esperar que exista reacción química entre el TiO_2 y el BG después de un Tratamiento Térmico formando entre otros compuestos Ti_5Si_3 . (Lopez y col., 2003). Por otro lado, el Ti proveniente del sustrato también reacciona con el BG y puede formar una capa nanométrica de Ti_5Si_3 , de acuerdo a la siguiente ecuación:



Esta capa de Ti_5Si_3 puede ser la responsable de la adhesión del recubrimiento al sustrato para lo cual debe tener un espesor suficiente para promover la adhesión del recubrimiento. La *fig. 3* muestra un difractograma de rayos X del material compuesto previo al ensayo de inmersión en SBF. Puede verse reflexiones típicas del vidrio bioactivo parcialmente cristalizado,

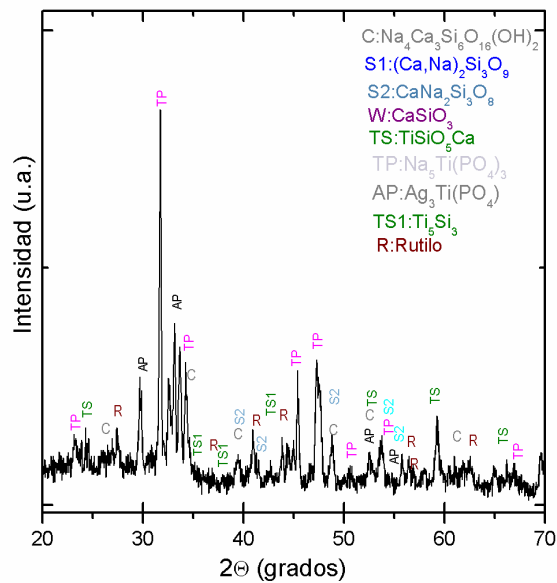


Figura 3: Difractograma de rayos X de un recubrimiento de Bioglass®-TAG posterior a un TT a 900 °C durante 1h.

La presencia de Ag_3PO_4 (PDF 006-505) puede atribuirse a la reacción entre la Ag proveniente del TAG y el P_2O_5 del BG. Por último, se individualizan ciertas reflexiones de Si_3Ti_5 (PDF 029-1362) típicas de la reacción interfacial entre el Ti del sustrato y el Si proveniente del BG, confirmando lo discutido anteriormente sobre la formación de esta capa intermedia.

3.2. Ensayos de bioactividad

Los ensayos de bioactividad muestran la capacidad que tiene un material en poder generar una capa de hidroxiapatita (HA) sobre su superficie, la cual es el precursor óseo que se produce como medio de enlace entre el biomaterial presente en el implante y el hueso. La *fig. 4* muestra micrografías de SEM de los recubrimientos del compuesto BG-TAG luego de periodos de inmersión en SBF de 21 días a 36,5 °C. Después de este ensayo, la superficie del recubrimiento está completamente cubierta por HA, donde se puede observar su morfología típica en forma de roseta.

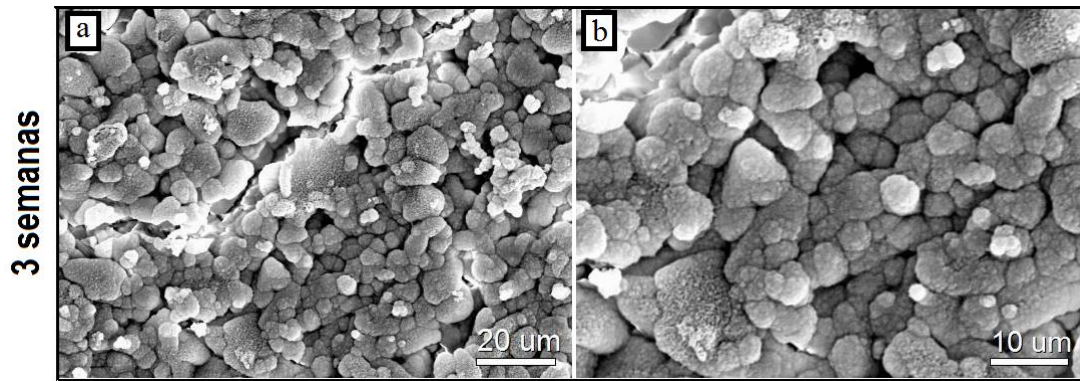


Figura 4: Micrografías de SEM a diferentes magnificaciones de la superficie de recubrimientos de Bioglass®-TiO₂-Ag obtenidos por EPD luego de 21 días de inmersión en SBF.

En la *fig. 5* se presenta el difractograma de la muestra de BG-TAG después de 21 días de inmersión en SBF. Los resultados permiten afirmar que el material compuesto presenta una alta bioactividad ya que las reflexiones de HA presentan una gran intensidad. Aún es posible identificar la presencia de algunas fases provenientes de la cristalización parcial del BG y de TiNa₅(PO₄)₃, lo que refuerza la suposición que este último compuesto proviene de la reacción del BG y TiO₂. No fue posible identificar rutilo y las reflexiones de Ag₃PO₄ son poco distinguibles debido al alto grado de formación de HA sobre el recubrimiento de BG-TAG. Esto permite considerar que este material es potencialmente aplicable en reconstrucción de tejido óseo y como recubrimiento bioactivo de implantes.

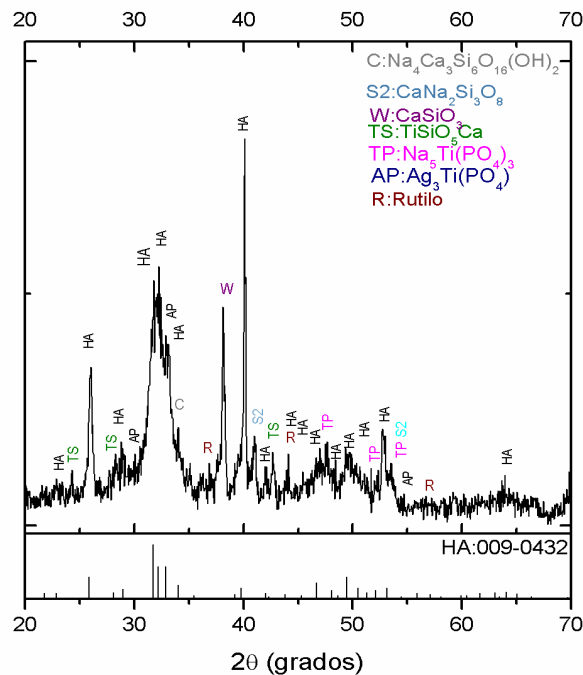


Figura 5: Difractograma de rayos X de un recubrimiento de BG-TAG luego de 21 días de inmersión en SBF.

4. Conclusiones

En este trabajo hemos logrado obtener recubrimientos uniformes de un nuevo composite basado en Bioglass® y TiO₂-Ag empleando la deposición electroforética como técnica de procesamiento. Los estudios *in vitro* de bioactividad revelaron una alta capacidad de formación de HA sobre la superficie de los composites, lo cual indica una elevada

bioactividad y consecuentemente una buena capacidad de regeneración de tejido óseo, convirtiéndose de este modo, en una interesante alternativa dentro de la medicina regenerativa.

La EPD es una interesante técnica de aplicar en la fabricación de materiales para medicina regenerativa debido a la rapidez y facilidad de procesamiento. Sería interesante en futuras investigaciones evaluar el efecto antibacteriano de los composites

5. Referencias

- Hench, L. L. and Best, S., (2004). *Ceramics, Glasses and Glass- Ceramics en Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*, Ratner, P. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J. y Lemons, J. E. Ed. 2da. Elsevier Academic Press, California.
- Radice S., Kern P., Burki G., Michler J., Textor M., (2007). *J. Biomedical Materials Research, Part A(82A) (2)*, 436-444.
- Santillán M.J., Caneiro A., Quaranta N. and Boccaccini A.R., (2009). *J. Eur Ceram. Soc*, 29 1125.
- Santillán, M.J., Quaranta, N., Membrives, F., Boccaccini, A.R. (2008). *J. Nanopart Res.*, (10) 787.
- Santillán, M.J., Quaranta, N., Membrives, F., Roether, J.A., Boccaccini, A.R. (2009) (412) 189.
- Santillán, M.J., Quaranta, N., A.R., Boccaccini, A.R., (2010) *Surface Coating Technology*. (205) 2562.
- Kokubo, T., Kushitani, H., Sakka, S., Kitsugi, T., Yamamuro, T., (1990). *J. Biomed. Mater. Res.*, (24) 721.
- Lopez-Estebana S., Saiz E., Fujino S., Oku T., Suganuma K., Tomsia A.P., (2003) *J. Eur. Ceram. Soc.*, **23** 292.

ÁREA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

TRABAJOS COMPLETOS

ÍNDICE

01TCAM. APROXIMACIÓN AL DISEÑO DE UN SISTEMA SUSTENTABLE DE GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNC.....	3
02TCAM. NUEVA TECNOLOGÍA PARA DESCUBRIR ANTIGUA TECNOLOGÍA: GEOMATICA QUE DEVELA ANTIGUA INGENIERIA SUBTERRÁNEA	10
03TCAM. CARACTERIZACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL COMPLEJO MINERO CAPILLITAS	16
04TCAM. ABSORCION QUIMICA CON SOLUCIONES DE AMINAS PARA PURIFICAR BIOGÁS.	21
05TCAM. ENFOQUE ERGONÓMICO PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACTIVIDADES REALIZADAS A LA INTEMPERIE.....	28
06TCAM. CONCEPTOS, DEFINICIONES Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DEL CARBONO	34
07TCAM. INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO TUNUYÁN SUPERIOR (MENDOZA, ARGENTINA)	41
08TCAM. DESEMPEÑO DE UN REACTOR DE BARROS ACTIVADOS CON PRECIPITACION SIMULTÁNEA DE FÓSFORO MEDIANTE CLORURO FÉRRICO. EFECTO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR	48
09TCAM. EL REUSO DE LEJÍAS: UNA ALTERNATIVA PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN AGUAS RESIDUALES OBTENIDAS EN LA ELABORACIÓN DE ACEITUNAS VERDES	55
10TCAM. REDUCCIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN DE UNA CALERA.....	62
11TCAM. INDICES Y MAPAS AMBIENTALES.....	68
12TCAM. EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE MEZCLAS DE ALPEORUJO DE OLIVA DURANTE SU COMPOSTAJE.....	74
13TCAM. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS (RAEES) EN SAN RAFAEL, MENDOZA.....	83
14TCAM. PRESENCIA DE CICLOS PARASITARIOS QUE AFECTAN A ANIMALES Y AL HOMBRE, EN AGUAS EUTRÓFICAS DEL CENTRO-SUR DE MENDOZA.....	90
15TCAM. AGRESIVIDAD DEL AGUA NATURAL DEL SUR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA SEGÚN EL MÉTODO DE CÁLCULO	97
16TCAM. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL DRENAJE PLUVIAL URBANO – ALTERNATIVA CLÁSICA VS SUSTENTABLE.....	104
17TCAM. SIMULACIÓN POR CFD DE LA COMBUSTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LECHOS FLUIDIZADOS	110
18TCAM. APORTES AL DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, MENDOZA, ARGENTINA.....	117
19TCAM. EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA, ARGENTINA – SEGUNDA FASE	124

01TCAm. APROXIMACIÓN AL DISEÑO DE UN SISTEMA SUSTENTABLE DE GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNC

PONTELLI D.*, CONFORTE J.*, BOAGLIO L.*, ZANAZZI J.*, SALAMON A.*

***LIMI –Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial– Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba-
jmconforte@yahoo.com**

Resumen: En el presente trabajo se aborda la problemática de la gestión de residuos patógenos en unidades dependientes de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Esta casa de altos estudios, tiene bajo su órbita varias dependencias que generan estos residuos, cabe mencionar que, entre otras fuentes de generación, cuenta con dos hospitales: Hospital Nacional de Clínicas y Hospital de Maternidad y Neonatología. Dada las características de atención masiva de estos centros de salud, resulta importante la cantidad de residuos generados y por lo tanto se magnifica el problema que puede generarse con un tratamiento no adecuado. En el presente artículo se trabaja en función del “Ciclo de vida” de los residuos patógenos, esto es, se consideran las siguientes fases en el proceso de gestión de los residuos: generación, disposición transitoria, transporte, tratamiento y disposición final. Este posicionamiento implica considerar determinados aspectos que se vinculan con la seguridad en todo el proceso y la preservación del ambiente, lo cual lleva a analizar posibles alternativas de tratamiento que resulten sustentables en el tiempo. En lo que sigue se presenta una delimitación del problema a la vez que se caracterizan sus aspectos fundamentales. En función de lo realizado se logra identificar factores que resultan relevantes a la hora de tomar decisiones en cuanto a la modalidad de tratamiento según el tipo de residuos. Es importante destacar que la caracterización y delimitación elaboradas se realizaron a partir de opiniones emanadas de agentes directamente involucrados en el proceso bajo análisis. Esta última observación contribuye en gran medida a que las decisiones que se adopten tengan mayores posibilidades de sostenerse en el tiempo.

1. Introducción:

Es intención de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) trabajar en la elaboración y puesta en funcionamiento de un Programa de Gestión Sustentable de los residuos patógenos generados en sus dependencias. Este propósito hace necesario establecer las bases de un sistema de gestión adecuado.

El diseño de un sistema de gestión de este tipo de residuos que logre sostenerse en el tiempo debe tener en consideración variables relacionadas con la contaminación ambiental, con lo económico y, especialmente, debe contar con el compromiso de las personas involucradas. Este motivo hace conveniente efectuar diversas aproximaciones en la exploración preliminar de posibles alternativas de solución para el problema.

A las consideraciones mencionadas, el caso de la UNC agrega restricciones adicionales importantes. Tal vez la más significativa sea que tiene diversas unidades con gran potencial de generación de este tipo de residuos (dos hospitales y una planta que fabrica medicamentos derivados del plasma). Otro obstáculo radica en que estos establecimientos no se encuentran concentrados en un mismo punto geográfico, sino que se distribuyen en distintos sitios de la ciudad de Córdoba.

Respecto del abordaje del problema, se recurre al modelo de gestión del ciclo de vida, Life Cycle Management, LCM, (Hunkeler et al. 2004), lo cual comprende también al estándar de evaluación del ciclo de vida (Standardized Life Cycle Assessment, LCA), planteado en (ISO14040, 1997).

Conforme a las consideraciones anteriores y a experiencias difundidas en la literatura especializada la gestión de residuos patógenos, a nivel técnico – operativo, exige elaborar definiciones respecto a las cuestiones siguientes:

- a) Generación, segregación, tratamiento y acondicionamiento en el lugar de origen
- b) Recolección y almacenamiento interno
- c) Transporte, tratamiento y disposición final

Cada una de estas etapas requiere soluciones diferentes. En principio, en los puntos de emisión no se dispone de una determinación adecuada de volúmenes y tipología. Por ello, resulta necesario identificar las fuentes, hacer una tipificación de los residuos generados en cada una y determinar las cantidades a tratar.

Conforme a este modelo, el ciclo de vida de los residuos patógenos inicia con la segregación de los mismos; continúa generalmente con una fase de acondicionamiento, transporte y almacenamiento; prosigue con el tratamiento y concluye con la disposición final. A lo largo del mismo, los puntos de exposición de personas a estos residuos pueden ser considerados como restricciones al sistema.

Cada fase del ciclo tiene diversos componentes, como por ejemplo el transporte entre los puntos de generación y de tratamiento, o la selección de áreas para almacenamiento y para la disposición final (Pruss et al., 1999).

El presente trabajo hace una descripción de la problemática planteada en la Universidad Nacional de Córdoba, presenta los resultados de las entrevistas realizadas a personas que trabajan en los puntos de generación: médicos, enfermeras, personal de limpieza y personal encargado de la gestión y un mapa cognitivo que muestra la vinculación existente entre los diferentes aspectos del problema. Con base en la diversidad de elementos obtenidos se realiza una clasificación de los residuos según criterios que resultan útiles a la hora de tomar decisiones en cuanto al tratamiento final de los mismos.

2. Objetivos:

- 1.-Delimitar la problemática particular de la gestión de los residuos patógenos en la UNC.
- 2.-Identificar características y relaciones en referencia al ciclo de vida de los residuos.

3. Metodología y justificación:

Descripción de la situación en la UNC

La UNC es una institución académica que cuenta con múltiples dependencias donde se producen residuos patógenos y se encuentra inscripta como generador de residuos peligrosos en la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba. Es por ello que se gestionan los residuos peligrosos y patógenos conforme el procedimiento impuesto por Ley provincial 8973 y su decreto reglamentario 2149/03.

En esta Universidad los residuos infecciosos tienen diversas fuentes de generación:

- Producción industrial (Laboratorio de Hemoderivados)
- Atención sanitaria a la comunidad (Hospital Nacional de Cínicas y Hospital de Maternidad y Neonatología, Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología, Dirección de Asuntos Estudiantiles, Banco de Sangre)
- Investigación y desarrollo (Instituto de Virología, Instituto de Biología Celular, Institutos de Investigaciones Biológicas, Instituto de Zoología Aplicada)
- Enseñanza (Cátedra de Anatomía Normal, Campo Escuela Facultad de Agronomía, Facultad de Odontología)

En rigor, no se dispone de datos sobre la composición y los volúmenes de producción de residuos patógenos en los diversos puntos de generación. Si bien se dispone de valores

promedio mensuales, no existen estadísticas ni bases de datos de la generación por puntos, es decir hay registros, pero no están sistematizados.

Por otro lado existen evidencias de que en el ámbito de la UNC ocurren anomalías originadas, por un lado, por la falta de claridad en las normas de gestión y por el otro, por errores en la recolección de estos desechos.

En la Tabla 1 se presenta una lista producto del relevamiento de las unidades que integran la UNC con especificación de los tipos de residuos que genera cada una y los volúmenes potenciales.

Establecimiento	Peso total promedio mensual (kg)	Residuos provenientes de zonas de aislamiento	Cultivos de agentes infecciosos y cultivos celulares	Sangre y hemoderivados	Elementos cortantes y punzantes usados	Residuos orgánicos	Material de uso clínico y de laboratorio descartable	Residuos de unidades de diálisis	Cadáveres de animales de laboratorio y sus partes	Sustancias citostáticas
HN CLINICAS	3750	REDUCIDO	REDUCIDO	MODERADO	ELEVADO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	REDUCIDO
MATERIDAD	2700	REDUCIDO	REDUCIDO	REDUCIDO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO
LAB HEMOD.	4780	NO APLICA	REDUCIDO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
BENESTAR EST										
FAC ODONTOL.		NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO	ELEVADO	NO APLICA	ELEVADO	NO APLICA	MODERADO	NO APLICA
BCO DE SANGRE	220	MODERADO	NO APLICA	MODERADO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
FAC CS QUIMICAS										
INST VIROLOG.	160	MODERADO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO
MICROSCOP ELEC Y BIOLÓG. MOL.	80	MODERADO	MODERADO	REDUCIDO	REDUCIDO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO
FCEyN CENTRO	5	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO	NO APLICA
FCEyN CU	4	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO	NO APLICA

Tabla 1: Tipos de residuos y distribución por dependencia

En esta instancia, la tipificación de los residuos se hace conforme a la adoptada con el Decreto 706/2005 (modificatorio del Dec 1886/2001), para la Ciudad Autónoma de Bs. As.

Entrevistas

Dada la diversidad de residuos patógenos existentes, es posible pensar en diferentes formas de tratamiento. Según el tipo de residuo puede resultar conveniente, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, su tratamiento mediante una metodología u otra. La existencia de estas alternativas de tratamiento hace necesaria una clasificación de los mismos en su punto de generación. Ahora bien, si se pretende diseñar un sistema de gestión de residuos patógenos sustentable en el tiempo, se debe contar entre otras cosas con el consenso del personal que interviene en las diferentes etapas del mismo.

Conforme a las consideraciones anteriores, a fin de conocer la perspectiva de los agentes de las unidades generadoras de residuos, se realizan entrevistas estructuradas mediante un instrumento diseñado para indagar acerca de la forma en que cada uno agruparía los diferentes residuos conforme su propio juicio y experiencia.

Esta tarea se apoya en que las estructuras mentales de los individuos presentan un ordenamiento jerárquico de manera que cada grupo está incluido en otro de orden superior (Saez Martínez, 2003) y, a su vez, aglutina a varios de orden inferior (Rosch, 1978; Anderson, 1985). Las teorías de clasificación se centran en las categorías y en las relaciones jerárquicas entre conceptos.

En la construcción del instrumento se utiliza un listado exhaustivo de residuos patógenos generados en la UNC, producto de un relevamiento preliminar. Un modelo de la planilla utilizada se muestra en la Tabla 2.

Entrevistado:

Descripción residuo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo ...
Gasas con sangre y otras secreciones				
Tubulaciones con secreciones				
Guantes				
Papeles con sangre (envolturas internas)				
Bolsas de polietileno (envolturas internas)				
Bolsas colectoras (orina)				
Sondas vesicales (Pezzer, Nelaton)				
Catéteres				
Perfus				
Apósitos, vendas, malla tubular utilizados				
Agujas				
Sobres de suturas utilizadas				
Linos y tanzas				
Drenajes				
Sachets plásticos				
Gorros y barbijos usados (fiselina)				
Botas utilizadas (Polietileno)				
Campanas pleurales				
Descartadores para cortopunzantes				
Sangre				
Fluidos				
Bisturíes				
Amputaciones				
Piezas anatómicas				
Piel y grasa				
Medicación citostática				

Tabla 2. Instrumento utilizado para clasificación de residuos

Mediante este instrumento se realizan entrevistas a 12 personas de diversas jerarquías responsables directamente involucradas en el manejo de residuos pertenecientes a los distintos establecimientos generadores de los mismos.

Mapas cognitivos

Un mapa cognitivo es una técnica de modelación que permite captar ideas, creencias, valores, así como las interrelaciones de una situación problemática, de modo que se facilite su estudio y análisis.

Este instrumento consiste en una red de nodos y flechas como vínculo, donde la dirección de estas flechas implica causalidad (Eden 2004). Por ello, a estos mapas también suele llamárselos, Mapas Causales.

El procedimiento para la construcción de un mapa cognitivo es el siguiente:

1. Identificar la situación objeto de estudio que se expresa a través de conceptos.
2. Elegir una disposición conveniente de los conceptos –nodos- y enlazar cuando corresponda a los mismos mediante flechas conforme a cada percepción específica o con base en una relación causal lógica. Los nodos intermedios deben leerse como polos o dicho de otro modo, resultados opuestos. Utilizar líneas punteadas para representar incertidumbre en la relación entre conceptos.
- 3- Asociar a cada enlace causal un signo (+, -) que refleje el sentido de la relación y permita formar circuitos entre los conceptos.
- 4- Identificar los conceptos neurálgicos entre los circuitos construidos. Un concepto neurálgico es aquel que cuando se aumenta o disminuye su influencia, el circuito modifica su dinámica significativamente.
- 5- Finalmente con el propósito de reducir la complejidad del mapa es posible agrupar los circuitos en categorías que en su conjunto se relacionan o tienen un significado específico.

El proceso de construcción de mapas cognitivos es muy útil para la estructuración de problemas complejos, posibilita un análisis del problema con una gran cantidad de información difícil de obtener sin el uso de esta herramienta. Además si la construcción la hace un grupo de personas permite un intercambio enriquecedor y la obtención de resultados compartidos.

En este trabajo, se utilizan los mapas cognitivos propuestos por el profesor Eden para ordenar el conocimiento instalado sobre tipos de residuos y su vinculación con efectos, tratamientos y productos.

4. Resultados y discusión:

A partir de la Tabla 1 y de la información recopilada en las entrevistas realizadas (Tabla 2) se obtiene una clasificación en tipologías conforme a la situación. Es importante destacar que la clasificación obtenida en cinco tipos de residuos, explicitada en la base de la Figura 1, responde al agrupamiento realizado de manera espontánea e independiente por las personas entrevistadas en las distintas reparticiones.

Para la construcción del mapa cognitivo se utiliza la orientación desde abajo hacia arriba. En la parte inferior, primera línea, se plantean los cinco diferentes tipos de residuos, según la clasificación obtenida. En la región intermedia del diagrama se especifican tanto los posibles tratamientos como riesgos y efectos de la operación y almacenamiento de estos materiales. Finalmente en la parte superior se especifican los productos a obtener, objetivos o criterios de valoración.

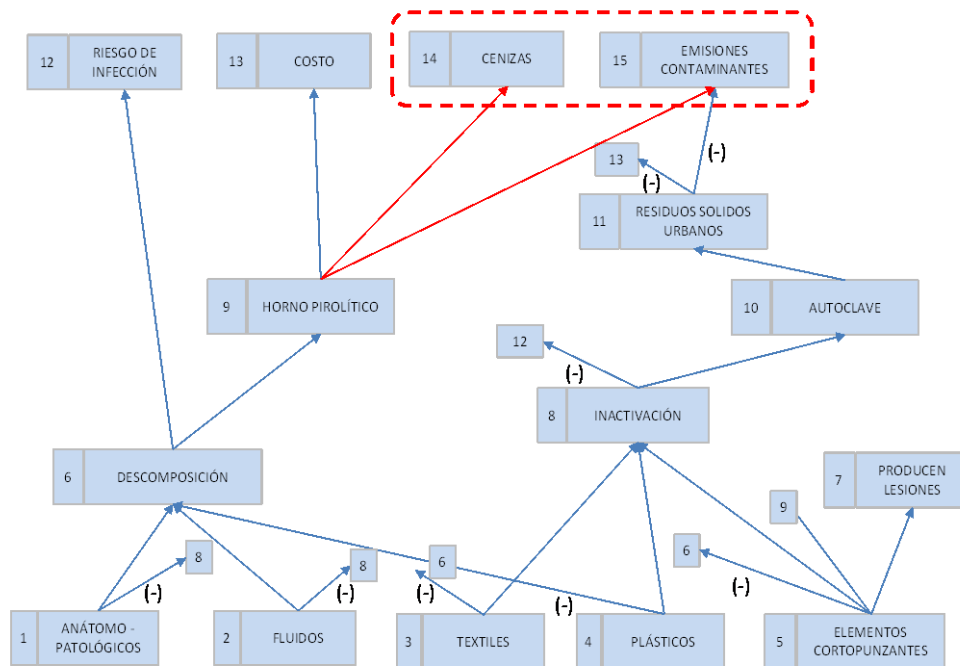


Figura 1 – Mapa cognitivo de residuos y sus tratamientos

En la Figura 1, se indican solo los signos negativos, con la intención de descargar la imagen se omiten los signos positivos.

El mapa cognitivo incorpora la clasificación obtenida vinculándola con otros aspectos del proceso. Discrimina características de los residuos que inciden en su tratamiento y disposición final. Se destaca la relación de cada tipo de tratamiento y su efecto sobre el ambiente. Asimismo, es posible deducir alternativas de tratamiento. Estas son las siguientes:

- Horno Piroclítico exclusivamente
- Combinación de Autoclave con Horno Piroclítico
- Autoclave y tratamiento de residuo urbano

Por otra parte, en el diagrama se muestran posibles criterios a utilizar para valorar las alternativas y riesgos que deben ser considerados en operaciones de manejo y tratamiento. Así, se ha logrado un primer ordenamiento de la información en relación a los criterios a considerar y las posibles alternativas de tratamiento que aún requieren un exhaustivo análisis de costos y factibilidad.

A los fines de completar el diseño del sistema de gestión, aún es necesario incorporar el análisis de consideraciones tales como: desagregación en el punto de generación, disposición transitoria (contenedores, cámaras de frío, etc.), existencia de procedimientos escritos, entre otras que requieren información adicional.

5. Conclusiones:

Como ya se mencionó, el problema de los residuos patógenos en la Universidad Nacional de Córdoba, es de alta complejidad ya que involucra una gran cantidad de factores a tener en cuenta en su análisis. Agregado a esto, no tomar una buena decisión puede poner en riesgo no solo la salud de las personas involucradas en el manejo y también la de terceros sino también de toda la comunidad dada la contaminación ambiental que algunos tratamientos pueden producir. De ahí que resulte de particular importancia la correcta caracterización de la situación y la participación en ella de los involucrados. En este punto, cobra relevancia el logro de consensos; se mostró de qué modo puede recurrirse a la teoría de los constructos personales y utilizar herramientas como la entrevista, apoyándose en la teoría de las clasificaciones y los Mapas Cognitivos. Mediante la primera de ellas, se logró establecer un consenso sobre cuál sería la posible clasificación de los residuos y por ende su desagregación con miras al posterior tratamiento. La segunda permitió vincular los diferentes tipos de residuos con sus características principales y la forma de tratamiento más adecuado con el objetivo de reducir los efectos contaminantes del proceso; también se estableció la conveniencia de cada tratamiento analizado en términos de la contaminación que produce.

Luego de la aplicación de las herramientas mencionadas anteriormente, se logra una primera aproximación al conocimiento de la situación que permite, por un lado realizar un plan de muestreo con una base realista apoyada en la clasificación generada previamente.

6. Bibliografía:

- Anderson, J.R. (1985). Cognitive Psychology. Nueva York. Foreman.
- Eden, C. (1988). Cognitive Mapping. European journal of operational research - vol 36- pgs. 1-13.
- Eden C., (2004). Analysing cognitive maps to help structure issues or problems. European Journal of Operational Research Vol 159, No. 3, pp. 673-686
- Fransella, F. (1977). The self and the stereotype. In: New Perspectives in Personal Construct Theory. D. Bannister (ed). London: Academic Press.
- Hunkeler, D.; Saur, K.; Rebitzer, G.; Finkbeiner, M.; Schmidt, W; Jensen, A. A.; Stranddorf, H.; Christiansen, K., (2004). Life cycle management, setac Press, Pensacola
- Kelly, G. (1955). The psychology of personal constructs. Volume 1: A Theory of Personality. Volume 2: Clinical Diagnosis and Psychotherapy. New York. Norton.
- Kelly G. (1969). Man's construction of his alternatives. In: *clinical psychology and personality. The selected papers of george kelly*. Ed. Maher, b. New york. Wiley.
- Ley Provincial 8973 (2001). Decreto reglamentario 2149/03. Pcia. Córdoba.

- Organización internacional para la estandarización (1997). Norma ISO 14040. Análisis del ciclo de vida.
- Rebitzer. G.; Hunkeler, D., (2003). Life cycle costing in lcm: ambitions, opportunities, and limitations - discussing a framework. The international journal of life cycle assessment vol 8 (5): pgs. 253-256.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization, en rosch y lloyd [ed.]: cognition and categorization, pp. 24-48 new jersey. Erlbaum
- Pruss A., Giroult E. and Rushbrook P. (1999). Health impacts of health-care waste en safe management of wastes from health-care activities, Pruss, A., Giroult, E.; Rushbrook, P. Editores, World Health Organization – who, geneva, 20-30.
- Saez Martinez F.J. (2005). Las configuraciones cognoscitivas como herramienta de análisis de la estructura sectorial. Revista europea de dirección y economía de la empresa. Vol 14 n°3 pp. 111 – 134.

**02TCAm. NUEVA TECNOLOGÍA PARA DESCUBRIR ANTIGUA
TECNOLOGÍA: GEOMÁTICA QUE DEVELA ANTIGUA INGENIERIA
SUBTERRÁNEA**

Cañete, L. *

* Departamento de Tecnologías Industriales de la Universidad de Santiago de Chile (USACH) – Santiago de Chile – Chile – lucio.canete@usach.cl

Resumen: Ahora que varios países latinoamericanos conmemoran 200 años de vida independiente, el estudio del pasado para comprender el presente y proyectarse hacia el futuro ha tomado importancia en las sociedades actuales. Sin embargo, existe otro pasado algo más lejano pero muy interesante que ha sido postergado debido a la escasa aplicación de tecnologías adecuadas para develarlo. Este abandono ha retrasado la investigación de la riqueza críptica de parte del patrimonio cultural heredado, donde ciertas tecnologías pretéritas han tenido a la sazón un rol protagónico y sin embargo debido a un débil conocimiento de ellas, han sido frecuentemente subestimadas. En efecto, la región que hoy conocemos como Latinoamérica, comenzó a ser poblada por seres de nuestra especie hace más de 13 000 años. Desde aquel entonces hasta el apogeo de la Época de la Colonia, nuestros antecesores se enfrentaron a ambientes hostiles, logrando asentarse en el desierto más árido del mundo y en el extremo austral de la Patagonia entre otros notables logros ¿Qué tecnología permitió someter tales ambientes extremos? Considerando que el quehacer tecnológico tiene una dimensión espacio-temporal y aceptando que tal manifestación puede dejar huellas tangibles, es de suponer que las ingenierías antiguas dejaron evidencias que posteriormente fueron afectadas por los agentes ambientales una vez abandonadas. Por lo tanto, la respuesta a éstas y otras preguntas similares están ocultas bajo capas de sedimentos y/o vegetación, pudiendo ser descubiertas con tecnología actual. En tal sentido, la geofísica, teledetección y retro-simulación están realizando aportes para encontrar testimonios de actividad humana pretérita, sin disturbar dichas evidencias durante las campañas de prospección y con ello sin afectar la información de la cual son portadoras. La integración de estas y otras tecnologías propias del siglo XXI ha develado que en periodos anteriores a la constitución de las actuales repúblicas latinoamericanas, ya en algunos casos existía un notable desarrollo artefactual para explotación minera y pesquera de alto rendimiento, como también un eficiente uso de la energía. También gracias a estas tecnologías avanzadas se ha encontrado evidencias de obras subterráneas de alto impacto en los sistemas productivos antiguos. Estas ingenierías antiguas pero de descubrimiento reciente, pueden ser emuladas para provecho actual y así a través de metáforas y analogías pertinentes, contribuir a enriquecer la tecnología que el presente demanda.

1. Introducción

La motivación para emprender una investigación intitulada “Nueva tecnología para descubrir antigua tecnología” surge al observar desempeños exitosos en el continente americano ocurridos desde los albores del arribo de los primeros cazadores desde Asia hasta la formación de las jóvenes repúblicas (Massone, 1989). Y tal como su nombre lo indica, dicho descubrimiento se realiza empleando tecnología hasta ahora escasamente aplicada a este propósito (Slingerland y Kump, 2011).

2. Objetivos

El propósito de emprender este trabajo es, a través de modernas tecnologías; identificar ingenierías antiguas que sirvan para comprender el pasado, comprender el presente y proyectar un mejor futuro.

3. Metodología

A través de la Geomática donde destaca la teledecepción (Parcak, 2009), geofísica (Campana y Piro, 2009) y retro-simulación (Robertson et al, 2006) (Korn, 2007), se develan variables ambientales pretéritas y el desempeño de seres humanos ante ellas. Particularmente en el presente artículo se prospecta una obra subterránea críptica construida a finales del siglo XVII y refaccionada a inicios del siglo XIX en la zona central de Chile, la cual a la luz de los antecedentes recogidos, demuestra que a la sazón los constructores y usuarios de aquella obra disponían de notable ingeniería.

4. Resultados

La ciudad de El Monte se localiza a 40 Km al oeste de Santiago de Chile, adyacente a la autopista que vincula a dicha capital con el puerto de San Antonio. Los indicadores de bienestar de esta comuna tradicionalmente agrícola y de servicios son insatisfactorios y como una manera de desarrollo local, se consulta la explotación de un bien patrimonial críptico (Nafzinger, 1997).

En efecto, según antecedentes verbales entregados por el cura párroco de la iglesia de El Monte, por el propietario de la viña Doña Javiera y por otros antiguos habitantes de El Monte; existiría un túnel o restos de él entre la iglesia y la viña, el cual se extendería a lo largo de aproximadamente un kilómetro de longitud.

Este túnel habría sido construido por los franciscanos a finales del siglo XVI; quienes fueron los primeros humanos no indígenas que se asentaron en lo que hoy es El Monte a principios de la época de La Colonia. Posteriormente, la familia Carrera liderada por José Miguel habría refaccionado y usado dicho túnel para sus proyectos independentistas.

De existir el túnel, éste se habría construido sobre un relleno cuaternario en una terraza aluvial de granulometría gruesa. Aparte de haber sido solicitado por los terremotos de 1647, 1850 y 1985 entre otros de magnitud superior a los 7 Richter; el túnel debe haber sufrido la acción de los ascensos del nivel freático, cuya superficie piezométrica en periodo normal se encuentra a menos de 6 metros de la superficie. Por lo tanto, es altamente probable que estos procesos entrópicos hayan contribuido a deteriorar la obra.

Atendiendo a la observación anterior, resulta de particular interés determinar la configuración inicial que habría tenido el túnel y el estado que quedó una vez abandonado. En efecto, resulta imprescindible determinar las trayectorias de los estados temporales. Si el túnel no fue revestido ni sostenido, los agentes naturales habrán logrado un resultado diferente a que si éste hubiese sido reforzado en albañilería por ejemplo. En tal sentido, resulta imprescindible realizar simulaciones retrospectivas que muestren con sus respectivas probabilidades el estado en que actualmente se encuentren los restos.

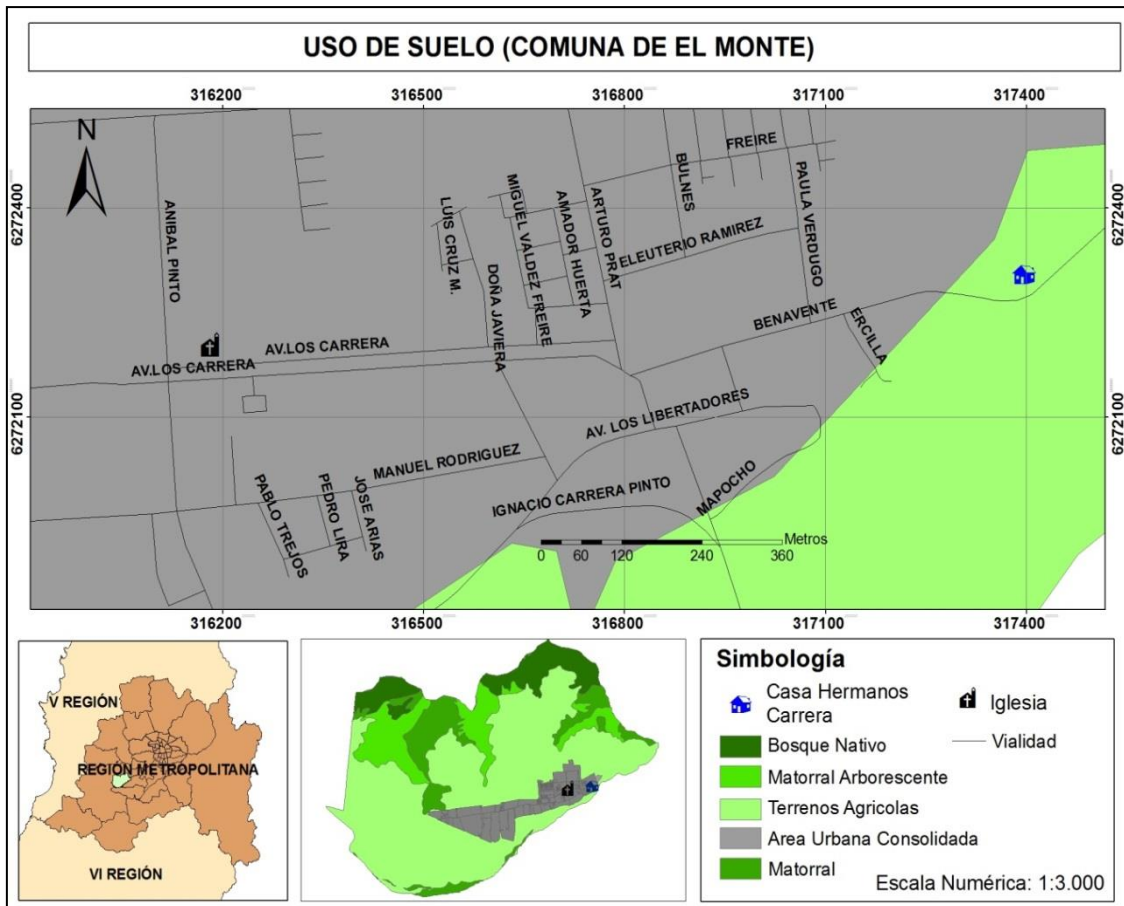


Figura 1: Contexto geográfico actual de la obra antigua subterránea buscada

El suelo de El Monte en la época de asentamiento de los franciscanos estaba constituido por una formación sedimentaria con dos grandes estratos horizontales: un depósito aluvio-fluvial y un horizonte orgánico. El depósito aluvio-fluvial es el sedimento transportado por el río Mapocho y alojado en sus márgenes, el cual estaba al igual que hoy compuesto por bolones, gravas, arenas y material más fino que otorgaban buena compactación. El horizonte orgánico era el superficial y se localizaba sobre dicho sedimento, superando los 0,5 m de profundidad. Cualquier excavación tipo túnel debió haberse realizado evitando este horizonte orgánico pues estructuralmente es muy inestable (dicho horizonte es aprovechado para fines agropecuarios). De acuerdo a estimaciones de carga, el relleno aluvio-fluvial debió tener como mínimo un espesor de 1,5 m sobre el techo del túnel. En consecuencia, cualquier excavación debió haberse localizado más debajo de los dos 2 m de profundidad.

Sin embargo, de acuerdo a sondeos hidrogeológicos, la napa freática aflora en años húmedos a menos de los 4 m de profundidad, por lo tanto el túnel tendría una holgura de a lo más 2 m de alto (gálibo).

En cuanto al ancho, bajo condiciones ergonómicas de circulación bidireccional, el túnel tendría un ancho máximo de 2 m; especialmente para facilitar el giro de una mula.

En cuanto a la forma, por condiciones constructivas, la parte baja se supone rectangular y la superior de semi-arco, conservando la filosofía de diseño franciscana.

Es importante mencionar que siempre la parte baja del túnel estaría con agua, llegando ésta normalmente a los 0,2 m de altura. Esto debido a que el túnel actuaría como un gran dren para canalizar los escurrimientos subterráneos. Tal vez la presencia de dicho cuerpo de agua justifica las oquedades encontradas en el actual socavón descubierto por terceros bajo la iglesia, donde aproximadamente cada 4 m. a lo largo del túnel se encontraron en forma

alternada ciertos espacios excavados a la altura del hombro, probablemente para mantener objetos alejados de la humedad del suelo.

Sin embargo, cualquiera sea el estado actual del túnel, debe haber dejado algunas improntas. Estas evidencias pueden estar bajo tierra como algunos restos de herramientas y roca antrópicamente labrada. También el suelo rellenado puede tener una densidad diferente al del entorno. Estas y otras diferencias geomecánicas causadas por la obra subterránea pueden alterar otras propiedades superficiales, tales como el drenaje.

De existir el túnel, sin duda su hallazgo constituye todo un evento cultural de máxima relevancia para la nación. Por ello es imprescindible que las técnicas de búsqueda sean no destructivas, de tal forma de no disturbar el patrimonio histórico altamente valorado. Atendiendo a esta restricción se ha propuesto un conjunto de técnicas geofísicas; cuya integración permitirá indirectamente localizar los restos del túnel. En efecto, tal como su nombre lo indica, las técnicas geofísicas miden el comportamiento de variables físicas de la tierra, las cuales en el presente caso fueron alteradas por el Hombre cuando se construyó la obra. En todo caso, las técnicas geofísicas que más adelante se explican son pasivas, por cuanto para medir alguna variable de interés el instrumento utilizado no emite energía alguna; sino capta la ambiental. Esto es importante pues se garantiza que al no emitir energía propia, no se provoca alteración alguna del patrimonio heredado que se investiga y que no debe alterarse.

Cualquier otra tecnología que emita energía propia (activa) que se aplique en terreno, puede generar algún efecto perturbante y por ende deberá contar con la aprobación del Consejo de Monumentos Nacionales, órgano rector máximo en cuanto a búsqueda y preservación del patrimonio cultural.

Variables físicas de tipo electromagnético La construcción de un túnel requiere por el Hombre de ciertas herramientas, entendidas éstas como artefactos amplificadoras de sus capacidades. Si la tecnología a la sazón demandó palas y picotas con partes metálicas y si restos de ellos aún se conservan; es posible localizarlos con detectores de metales. Igual técnica puede emplearse para clavos y otros restos de elementos de sujeción.

Variables físicas de tipo gravimétrico La construcción de un túnel requiere del retiro de una masa de suelo de rocas y/o suelo compactado naturalmente, luego una vez abandonada la obra, es probable que se hubiese rellenado con el material adyacente sin que éste logre el nivel de consistencia que el cuerpo matriz por donde se labró el túnel. En términos simples, es probable que el material que rellena el túnel, sea menos denso que el circundante, éste último nunca antropizado. Esta diferencia de densidad puede ser detectada a través de la Ley de Atracción Universal, donde una bolita de prueba será atraída con más fuerza por un suelo más denso que otro. Un aparato que mide este ligero cambio es el gravímetro. Entonces, al localizar este instrumento sobre diferentes sectores del suelo desnudo de la iglesia, se identificó sin necesidad de remover roca o suelo alguno, un material menos denso que la matriz aluvial donde se emplaza la iglesia, suponiendo que corresponde a una masa areno limosa, tal vez realizado para rellenar alguna excavación.

Variables físicas de tipo acústico La construcción de un túnel no sólo altera la densidad de una matriz de tierra; sino además crea ciertas singularidades en la roca y el suelo como discontinuidades en el tipo de material. Estas discontinuidades provocan a su vez cambios en las propagaciones de perturbaciones mecánicas, tales como las ondas acústicas. Estas singularidades son detectadas por un receptor de las ondas mecánicas conocidas el origen y tipo del emisor de las mismas. Estos instrumentos son los sonómetros.

Variables físicas de tipo sísmico No solo se pueden detectar alteraciones en la dirección y velocidad de las ondas que viajan por el suelo; sino además los movimientos que experimenta el mismo suelo. De particular interés es la aceleración; es decir cómo varía la velocidad del movimiento a través del tiempo (Kearey *et al*, 2002). Para ello se ocupó un

acelerómetro, el cual registra los cambios de velocidad en los tres ejes del espacio. En efecto, al captar las perturbaciones que los vehículos pesados provocaban en el suelo de la iglesia, se notó diferentes respuestas de éste, asiendo presumir que el suelo tiene diferente composición y que presumiblemente tal heterogeneidad es producto de alguna acción humana.

VARIABLES FÍSICAS DE TIPO HÍDRICO Un túnel generalmente actúa como una obra de drenaje, conduciendo las aguas subterráneas en forma libre a lo largo de su pendiente. Cuando el túnel se encuentra cercano a la superficie, el efecto de dicho drenaje puede observarse al medir la humedad inmediatamente arriba de éste y compararla con la adyacente. Es altamente probable que el suelo localizado sobre el túnel esté algo más seco. Debido a la extensión de la zona donde estaría el túnel, lo mejor manera de identificar esta diferencia de humedad es a través de una visión aérea donde la vegetación por medio de su vigor y cobertura acusen el fenómeno. Por ello resulta útil el recorrido de un vehículo aéreo no tripulado con cámara sobre la zona en estudio. En efecto, la ventajas de tal vehículo con sus sensores artificiales son tres: mayor cobertura (los ojos se localizan alrededor de 1,6 m de altura y el vehículo al elevarse abarca más área), visión perpendicular (los ojos sobre el suelo y la vegetación tienen preferentemente una visión oblicua) y amplitud espectral (los ojos solo son sensibles a la luz visible, no cubriendo otras longitudes de ondas del espectro electromagnético)

SIMULACIÓN A través de una simulación con apoyo computacional se pudo recrear el estado probable del túnel para tres instantes del tiempo, resultando lo que se muestra en la Figura 2.

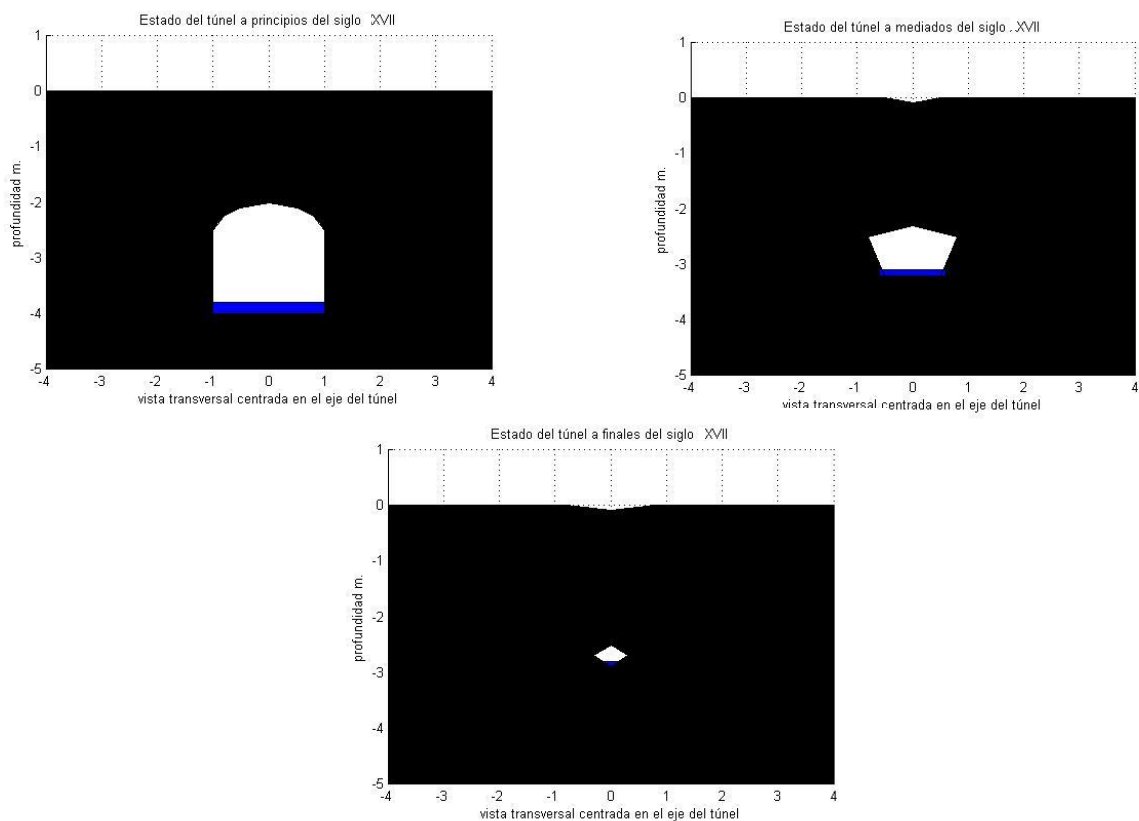


Figura 2: Trayectoria temporal del perfil transversal del túnel

Estas simulaciones y la integración de los demás datos, demuestran que los franciscanos del siglo XVI disponían de avanzada ingeniería de construcción de obras subterráneas,

donde los dispositivos de soporte y ventilación de túneles demuestran un completo manejo de mecánica, termodinámica. En efecto, haber diseñado una obra como la que se está descubriendo requiere necesariamente de conocimientos de dicha rama de la física.

Esta obra no sólo fue diseñada; sino además construida y en tal sentido los conocimientos de ergonomía fueron también fundamentales. De hecho el manejo de la hidrología y el drenaje fueron actividades de buena factura.

5. Conclusiones

El presente trabajo expuso la aplicación de técnicas geofísicas no invasivas entre otras para describir bienes patrimoniales con alto valor económico, demostrando en este caso en particular, que una antigua obra fue concebida con avanzada tecnología pretérita.

Esto tiene dos connotaciones no mutuamente excluyentes. La primera se relaciona con la aplicación de tecnología para recoger abundante y difusa información de terreno, la cual una vez procesada contribuye a reducir incertidumbre de elementos no conspicuos tales como sitios arqueológicos y/o paleontológicos.

La segunda connotación se refiere a lo descubierto con esta nueva tecnología, evidencias de que en pasados lejanos los seres humanos disponían de avances tecnológicos dignos de emular en lo pertinente en escenarios actuales.

En síntesis, la investigación cuyos resultados parciales se exponen en el presente artículo, hace un llamado a abrir nuevas líneas de desarrollo tecnológico para estudiar un pasado que como latinoamericanos, nos hace sentir cada vez más orgullosos en función de las creaciones que como herencia de nuestros antepasados estamos descubriendo.

6. Bibliografía

Campana, S. y Piro, S. (2009) *Seen the unseen: geophysics and landscape in archaeology*. Londres: Taylor and Francis.

Kearey, P., Brooks, M., y Hill, I. (2002) *An introduction to geophysical exploration*. Oxford: Blackwell.

Massone, M. (1989) *Los cazadores de Tierra del Fuego. Prehistoria, desde su origen hasta los albores de la conquista*. Santiago de Chile: Andrés Bello.

Nafzinger, W. (1997) *The economics of developing countries*. New Jersey: Prentice-Hall.

Ortiz-Troncoso, O. (1989) *Ancestros de los pescadores australes. Prehistoria, desde su origen hasta los albores de la conquista*. Santiago de Chile: Andrés Bello.

Parcak, S. (2009) *Satellite remote sensing for archaeology*. New York: Routledge.

Korn, G. (2007) *Advanced dynamic-system simulation*. New Jersey: John Wiley and Sons.

Robertson, E., Seibert, J., Fernández, D. y Zender, M. (2006). *Alberta: University of Calgary Press*.

Slingerland, R. y Kump, L. (2011) *Mathematical modeling of Earth's dynamical systems*. Oxford: Princeton University Press.

03TCAm. CARACTERIZACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL COMPLEJO MINERO CAPILLITAS

Regalado, O.T. *, Torres, F., Orellana, A.

()Profesor Adjunto Cátedra Impacto Ambiental Minero. Universidad Nacional de Catamarca. Maximio Victoria N° 55. C.P.4700, San Fernando del Valle de Catamarca. Tel/Fax: 3833-435112. teregal34@hotmail.com*

Resumen: El área de estudio se ubica en el distrito minero de la sierra de Capillitas, en el Departamento Andalgalá de la provincia de Catamarca, distante 250 Km al oeste de la capital provincial.

Existen antecedentes de laboreos mineros en el Complejo Minero Capillitas desde 1856.

El descarte de la operación extractiva se ha distribuido en toda la región en distintos volúmenes con criterios convencionales a la época, procurando ubicar los materiales con la mínima distancia de acarreo, es decir lo más cercano posible a la boca mina, carentes de la visión de preservación del ambiente que requiere un acopio de esta naturaleza. El material extraído durante los primeros años se clasificaba en el sector extractivo y se procesaba la fracción correspondiente a la mena, compuesta principalmente por sulfuros polimetálicos, para recuperar el cobre a través de procesos pirometalúrgicos.

Desde 1950 se extrae la rodocrosita, que corresponde a la ganga, y la mena polimetálica es desechada. En las escombreras establecidas desde éste período a la actualidad, se ha dispuesto material rocoso - descarte de la operación extractiva - compuesto mayoritariamente por sulfuros polimetálicos.

Los desechos de la extracción minera han estado sometidos a condiciones climáticas por varias decenas de años.

Algunos acopios de los antiguos pasivos ambientales mineros, PAM, han resultado según el análisis preliminar, con la potencialidad de oxidarse, lo que implica un riesgo de afectar el medio receptor.

1. Introducción

La Sierra de Capillitas, en cuya vertiente oriental se encuentra ubicado el depósito homónimo, consisten en un bloque de basamento de rumbo noroeste-suroeste, de unos 15 Km. de largo por 5 Km. de ancho, perteneciente a las Sierras Pampeanas (Bonorino, F.G.).

Los menas del complejo volcánico Capillitas está integrada por sulfuros polimetálicos principalmente cobre, plomo y cinc, con arsénico, antimonio, oro y plata como elementos accesorios y wólfram, estaño, bismuto y germanio como elementos traza, con ganga de rodocrosita, cuarzo y alunita. (Dirección de Minería, 2001)

La zona minera del distrito Capillitas se encuentra en actividad exploratoria y extractiva desde el siglo pasado.

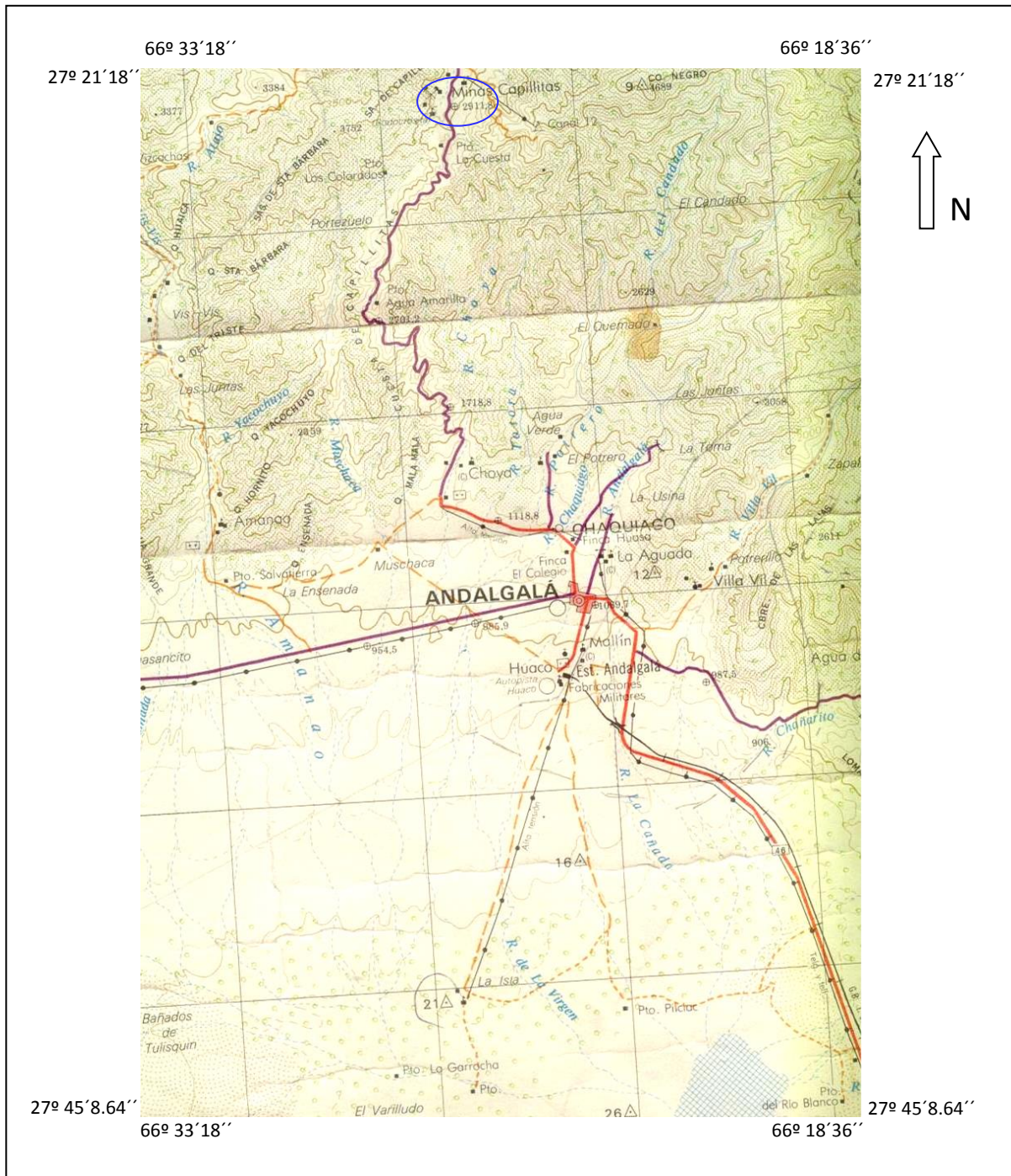


FIGURA N° 1: Ubicación Minas Capillitas.

Existen antecedentes de laboreos mineros en la región desde 1856 (Argerich, 2003) El material extraído durante los primeros años se clasificaba en el sector extractivo y se procesaba la fracción correspondiente a la mena, compuesta principalmente por sulfuros polimetálicos, para recuperar el cobre a través de procesos pirometalúrgicos en hornos de fundición ubicados al pie del foco volcánico, en Santa María y Andalgalá – en sectores de algarrobales.

Alrededor de 1950 se extrae la rodocrosita, que corresponde a la ganga, y la mena polimetálica es desechada. En las escombreras establecidas desde éste período a la actualidad, se ha dispuesto material rocoso - descarte de la operación extractiva - compuesto mayoritariamente por sulfuros polimetálicos.

Los distintos montículos de descarte se han distribuido en toda la región en volúmenes variables con criterios convencionales a la época, carentes de la visión de preservación del ambiente que requiere un acopio de esta naturaleza.

Los desechos de la extracción minera han estado sometidos a condiciones climáticas por varias decenas de años. Es probable que la exposición a los agentes atmosféricos – precipitación, viento, temperatura – haya modificado, por un lado las características químicas originales del material rocoso depositado, como también las condiciones naturales del entorno de emplazamiento.

La problemática más relevante de las antiguas escombreras es la posibilidad de evolución geoquímica del material, produciendo una modificación en las características naturales del entorno de emplazamiento.

Las fracciones rocosas depositadas con contenido de sulfuros de hierro en condiciones atmosféricas – presencia de oxígeno y agua – pueden oxidarse y si existe recurso hídrico en las inmediaciones transformarlo en aguas ácidas, que al escurrir lixivian e incorporan metales pesados al fluido.

Marco de referencia

Este trabajo se encuadra dentro de la problemática de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) considerando como tales a aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas, en donde no se haya realizado un cierre de minas regulado y certificado por la autoridad correspondiente y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. (Robilliard, 2005).

Las viejas prácticas mineras y el manejo inadecuado de estos residuos como también la inexistencia de normas precisas que regulen el cierre de minas ha devenido en la acumulación de pasivos ambientales mineros (PAM) a lo largo de extensas áreas. (Albavera, 2005)

Los Gobiernos de los países cuya problemática es relevante están trabajando en definir una normativa apropiada y la manera adecuada de destinar fondos para remediar estos residuos mineros históricos, además de desarrollar investigaciones para elaborar el diagnóstico de cada caso. (Krugger, 2005).

Argentina tiene una larga historia de operaciones mineras en su extenso territorio. Durante los primeros cien años de nuestra vida independiente, siglo XIX, los cuatro metales oro, plata, y sus asociados cobre y plomo, tuvieron un rol importante en nuestro incipiente desarrollo minero y trazaron la débil línea de su devenir histórico en el campo de los minerales metalíferos. (Catalano, 2004).

Las minas de la formación Capillitas en Catamarca se explotaron desde la época precolombina, como también en tiempo de los jesuitas.

A principio de la década de 1850 comienzan a funcionar las primeras actividades minero metalúrgicas y fundiciones de cobre y oro en Catamarca, entre ellas, la perteneciente al

empresario Samuel Fisher Lafone. En 1860 se instala en Pilciao, buscando mayores reservas de leña de algarrobo y retamo y mejores vías de transporte para los productos de fundición a los puertos del litoral. En este establecimiento se llegaron a emplear hasta 600 empleados y operó como el más importante centro metalúrgico catamarqueño, hasta 1891 fundiendo el mineral de la veta Restauradora considerada una de la más rica en ley de la región.

2. Objetivos

Para abordar la problemática de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) se deben llevar adelante cuatro fases de estudio. Se comienza con estudios en terreno para establecer el estado de situación del problema. Luego de ésta caracterización del pasivo ambiental se efectúa una evaluación del impacto ambiental, después se plantean medidas mitigadoras o correctoras y finalmente se valida en terreno la gestión final propuesta.

En este trabajo se ha desarrollado la primera etapa de estudio, cuyo objetivo es caracterizar en forma preliminar el material de escombreras a través de un parámetro indicador geoambiental.

3. Metodología

Se han tomado muestras representativas de los montículos de descartes y se las caracterizó a través de un parámetro geoambiental que determina si existe posibilidad de generación ácida. Se empleó el método Balance Acido-Básico (Sobek modificado), un análisis de tipo estático de predicción del Drenaje Acido de Minas (DAM) que determina el balance entre los minerales potencialmente productores de ácido, APP, en función de la cantidad de sulfuro reactivo y los minerales con capacidad de neutralización ácida, ANC, por la presencia de sales tales como carbonatos e hidróxidos.

Se obtuvo el Potencial Neto de Neutralización, PNN, y el Potencial de Neutralización/Potencial de Acidez: ANC/APP.

Entre los criterios para caracterizar el material depositado se ha tomado el índice ANC/APP. Cuando la fracción es mayor que tres el material no es generador de acidez, si el resultado es menor que uno es un material generador de ácido. Los resultados entre uno y tres merecen un estudio de detalle.

4. Resultados

Los resultados del Balance Ácido-Básico en 15 muestras representativas de las escombreras, se muestran en la Tabla N° 1.

Muestra	APP	Cu	S	SO4	ANC	PNN	ANC/APP
	Kg H2SO4/T	(%)	(%)	(%)	Kg H2SO4/T	ANC-APP	
M1	5	0,07	0,4	0,99	7	2	1,40
M2	39	1,96	6,5	0,62	8	-31	0,21
M3	3	0,41	3,7	1,16	17	14	5,67
M4	29	2,01	9,8	0,68	13	-16	0,45
M5	1	0,57	1,9	1,09	17	16	17,00
M6	< 0,5	0,59	3,8	6,32	41	41	82,00
M7	31	0,86	6,3	1,58	4	-27	0,13
M9	23	3,34	5,8	2,62	< 1	-23	-
M10	14	1,77	3,2	0,35	6	-8	0,43
M11	6	0,04	0,8	0,84	< 1	-6	-
M11A	15	0,08	1,2	0,51	3	-12	0,20

M11B	58	0,09	6,1	0,74	4	-54	0,07
M12	23	0,83	4,3	1,16	< 1	-23	-
M13	49	0,44	9,1	2,96	27	-22	0,55
M14	56	0,39	5,9	1,40	< 1	-56	-

TABLA N° 1: Test Acido Básico

Si se toma el índice ANC/APP se observa que las muestras M3, M5 y M6 no generan acido. La muestra M1 necesita un análisis posterior. En el resto de las muestras se obtuvieron valores menores a uno lo que implica que se trata de un material generador de acidez.

5. Conclusiones

La caracterización geoambiental a través del índice ANC/APP establece una forma para la clasificación de los montículos de descarte de operaciones mineras históricas y crea un camino para interpretar la evolución geoquímica de los desechos.

Alrededor del 70 % de las muestras presentan valores de ANC/APP menores a uno, que significa que son potenciales productoras de drenaje ácido.

Por lo tanto el análisis preliminar efectuado al material depositado en las escombreras de la antigua explotación minera en el complejo minero Capillitas, presenta una alta potencialidad de alterarse geoquímicamente, lo que implica un riesgo de afectar el ambiente.

6. Bibliografía

- Albavera, Fernando Sánchez. Economía, Minería y Medio Ambiente en América Latina. CEPAL Naciones Unidas. II Conferencia Internacional sobre Pasivos Ambientales Mineros. 2005
- Argerich, F.R. Historia Económica de Catamarca. Desde la era Lítica hasta el presente. 2003.
- Bonorino, F.G. Hoja Geológica 13d Andalgalá.
- Catalano, Edmundo, Antecedentes y estructura histórica de la minería Argentina. Historia de la Minería Argentina. SEGEMAR. Anales 40. 2004.
- Kruger, Montalbán A. PAM en Chile. SERNAGEOMIN / Chile. II Conferencia Internacional sobre Pasivos Ambientales Mineros. 2005.
- Robilliard, César Polo. Redimensionando la Minería en el Perú: los Pasivos Ambientales y la Nueva Agenda. Ministerio de Energía y Minas de Perú. II Conferencia PAM/Chile. Mayo de 2005
- Secretaría de Minería Catamarca. Ficha Minera Minas Capillitas. 2001.

**04TCAm. ABSORCION QUIMICA CON SOLUCIONES DE AMINAS
PARA PURIFICAR BIOGÁS.**

MORERO, B. ¹; GROPELLI, E. ²; CAMPANELLA, E. A. ³

1. Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Güemes 3450, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: bmorero@intec.unl.edu.ar

2. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Grupo de Energía No Convencional, Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: gropellieduardo@arnet.com.ar

3. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Ruta Nacional N° 168 Km 472.4, (3000) Santa Fe, Argentina.

Email: tquique@santafe-conicet.gov.ar

Resumen: El biogás es un biocombustible con gran futuro porque su utilización soluciona problemas relacionados con la contaminación de diferentes desperdicios biológicos y a la vez contribuye a diversificar la matriz energética actual. La presencia de compuestos diferentes al metano es perjudicial para los equipos de procesamiento de biogás, producen malos olores y problemas de salud y disminuye su capacidad calorífica. De las tecnologías que existen para purificar biogás, la absorción con aminas es una opción con gran desarrollo tecnológico. El objetivo de este trabajo es discutir la influencia de los principales parámetros operativos, comparar distintos tipos de aminas y discutir modificaciones al sistema básico absorbedor-regenerador. Para ello se simuló un proceso convencional de absorción-desorción para seis tipos de aminas o mezclas de ellas (MEA, DEA, DGA, MDEA, MDEA + MEA, MDEA + DEA), donde se utilizó el simulador de procesos ProMax® con TSWEET® y PROSIM®. Las variables analizadas fueron la concentración de metano, anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico en el gas endulzado, el consumo de energía en el proceso y la tasa de vapor utilizada en el rehervidor. En todos los casos se obtuvieron buenos resultados en los niveles de purificación alcanzados, aunque los mayores niveles se obtuvieron con la DGA y con las mezclas de aminas MDEA+MEA, además de presentar el menor consumo de calor en el rehervidor. Sin embargo, es necesario continuar investigando éste y otros procesos para poder desarrollar una unidad óptima de purificación de biogás.

1. Introducción

La alta dependencia que existe actualmente de los combustibles fósiles como fuente primaria para la generación de energía determina la insustentabilidad de la matriz energética. Por lo tanto, la sustitución de los hidrocarburos por fuentes alternativas sustentables de generación de energía se ha transformado en una prioridad de los últimos años. El biogás, que se produce a partir de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos, es una opción muy interesante ya que puede provenir de diferentes fuentes (industriales, municipales y/o agrícolas) resolviendo además los problemas relacionados con su contaminación. Por otra parte, contribuye a disminuir el calentamiento global al reducir la alta dependencia con los hidrocarburos y al aprovechar el metano eliminado por dichos desperdicios.

La composición aproximada del biogás se estima en 60% de metano (CH_4), 35% de anhídrido carbónico (CO_2), 4% de vapor de agua y estimativamente un máximo de 1% de ácido sulfhídrico (H_2S). Estos compuestos diferentes al metano pueden resultar perjudiciales para los equipos que finalmente utilizan biogás, causando problemas de corrosión, o simplemente disminuyendo la eficiencia del equipo, ya que el metano es el único compuesto con propiedades combustibles. Además, dependiendo de la procedencia del biogás, puede contener ciertos de compuestos que pueden resultar nocivos para la salud de las personas. Por esto, cuanto mayor sea la concentración de metano en el biogás, mejor será su aprovechamiento como fuente alternativa de energía segura y sustentable.

2. Objetivos

Las aminas han sido ampliamente estudiadas por muchos años para remover las impurezas del gas natural (principalmente CO_2 y H_2S) demostrando buenos resultados para tal fin. El objetivo de este trabajo es discutir la influencia de los principales parámetros operativos, comparar distintos tipos de aminas y discutir modificaciones al sistema básico absorbedor-regenerador en la purificación del biogás. Las variables analizadas son la concentración de metano, anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico en el gas endulzado, el consumo de energía en el proceso y la tasa de vapor utilizada en el rehervidor.

Discusión sobre los principales parámetros de operación

Temperatura de la corriente amina pobre: Éste suele ser el único parámetro que permite modificar la temperatura de la columna de absorción y es un parámetro muy importante ya que controla la competencia entre el equilibrio termodinámico y la absorción limitada cinéticamente. Para el caso particular del CO_2 , un aumento en la temperatura generalmente aumenta en mayor medida los efectos cinéticos en relación con la disminución de la solubilidad. Sin embargo, luego de una cierta temperatura la solubilidad domina la temperatura. La modificación de este parámetro influye no solo en la cantidad de CO_2 y H_2S absorbido sino también en las pérdidas de agua y aminas ya que éstas aumentarán a medida que aumenta la temperatura de la corriente de amina pobre.

Para el diseño y operación del equipo de absorción, se ha aconsejado por muchos años mantener una temperatura de aproximación de 10 °F (5°C). Esta temperatura de aproximación se define como la diferencia de temperatura entre la corriente de gas ácido y la corriente de amina pobre. Esta regla de 5°C se utiliza para evitar la condensación de hidrocarburos en el absorbedor con las consiguientes pérdidas que esto produce, más la contaminación de la solución de aminas con hidrocarburos. Como el biogás contiene solamente metano el cual no es condensable a las condiciones de operación entonces no ocurrirá ningún tipo de condensación si la diferencia de temperatura es mayor a 5°C. Es también conocido que trabajar por debajo de esta regla aumenta el desempeño en la absorción, por lo que en ausencia de hidrocarburos superiores, es mejor no tener en cuenta esta regla.

Tasa de vapor: La carga de gas ácido en la amina pobre disminuye a medida que se aumenta la tasa de vapor al rehervidor. Esto genera menor cantidad de gas ácido en el biogás purificado. Los valores recomendados en la literatura varían entre 0.8 – 1.2 lb/gal, por lo tanto, si se utiliza 1,2 lb/gal se obtendrá la máxima pureza. Sin embargo, este valor está bastante atado a la economía del proceso ya que cuanto menor sea la tasa de vapor utilizada, menor será el requerimiento energético del rehervidor.

Caudal de reciclo: El caudal de reciclo es realmente la tasa de recirculación de la amina en el sistema. Es de esperarse que a medida que aumente este caudal disminuya la concentración de impurezas en el biogás, pero aumentarán los costos de operación. Por ello

debe fijarse el mínimo valor que permita operar dentro de los límites permitidos de la carga máxima de gas ácido de la amina rica (valor recomendado para evitar la corrosión del equipo). El caudal de reciclo debe garantizar que el sistema tenga la capacidad de responder ante incrementos de la concentración de gas ácido en la alimentación.

3. Metodología: Comparación de diferentes tipos de aminas en una unidad convencional de absorción – desorción.

Para comparar la factibilidad de diferentes tipos de aminas en la purificación de biogás se simuló una unidad convencional de absorción-desorción, utilizando ProMax® con TSWEET® y PROSIM®. El esquema de procesos de la unidad de endulzamiento modelada con el simulador, se muestra en la Figura I. La presión de vapor de H₂S y CO₂ sobre las soluciones de aminas puede ser calculada utilizando el modelo propietario de endulzamiento con aminas que está basado en el modelo de Pitzer-Debye-Hückel con significativas modificaciones. Un modelo cinético en el absorbedor predice los efectos del tiempo de residencia, temperatura, concentración de la solución, presión y tipo de amina, en la velocidad de absorción del CO₂.

Para poder simular correctamente la unidad de purificación, fue necesario estudiar las características de las aminas y su comportamiento en el proceso. Dicha información fue obtenida de la literatura (Polasek y Bullin, 1984; Kohl y Nielsen, 1997).

En la simulación se utilizó la máxima concentración de aminas posible para evitar la corrosión. La composición de biogás utilizada se aproximó en: 60% CH₄, 35% CO₂, 4% vapor de agua, 1% H₂S. La corriente de ingreso de biogás crudo se fijó en 0,5 m³/s a 373 K de temperatura y 3 bar de presión (Shethna, H y Towler, G., 1997), para todas las simulaciones. La temperatura de la corriente de amina al ingreso de la torre de absorción se varió entre 316 K - 344 K. El tiempo de residencia de cada plato teórico se fijó en 2,5 segundos. El caudal de reciclo se fijó en la simulación de manera tal que se operara a una condición de 70-80% de la carga máxima de gas ácido de la amina rica. En la Tabla I se resumen las características principales de la unidad de purificación para las diferentes aminas.

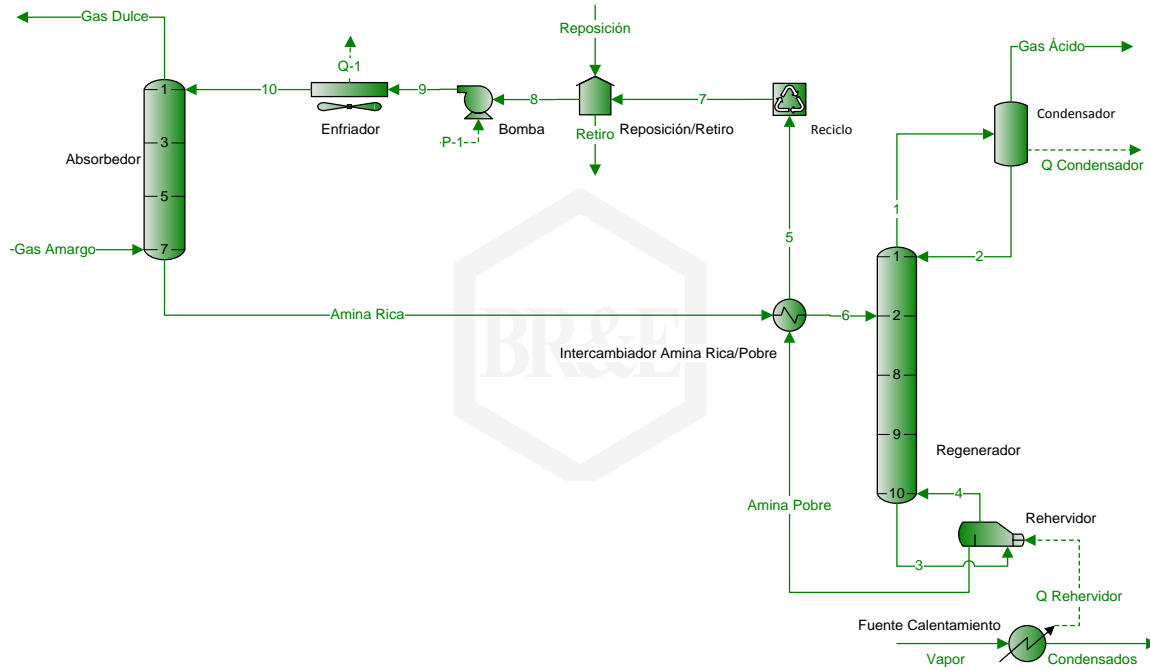


FIGURA I. Esquema del proceso convencional de absorción-desorción para la purificación de biogás.

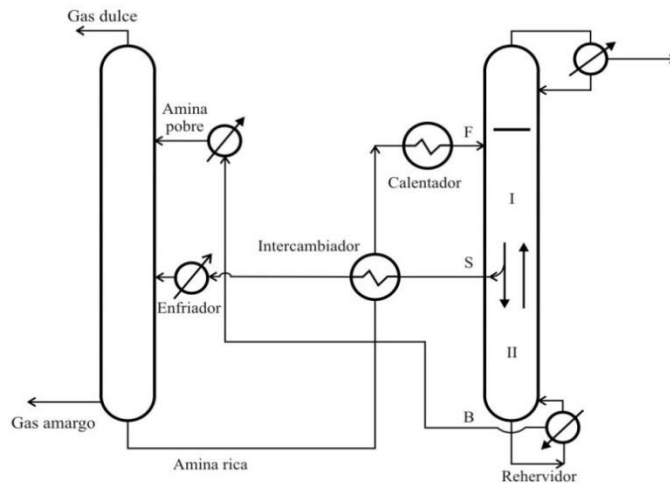
TABLA I. Características principales de la unidad de absorción-desorción con las diferentes aminas.

	MEA	DEA	DGA	MDEA	MDEA+MEA	MDEA+DEA
Concentración (%)	20	35	50	50	35 + 15	35 + 15
Caudal de reciclo (m ³ /h)	34	22,7	20,4	34	20,4	27,2
Tiempo de residencia (s)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Modificaciones al sistema convencional

Los procesos de absorción química con alcanolaminas pueden ser mejorados al modificar los sistemas de flujo dentro del proceso. El principal sistema de flujo que se describe en la bibliografía es el sistema de absorción desorción de un solo circuito (Figura I). Una alternativa a este esquema que utiliza menor energía es el sistema de absorción – desorción con circuito dividido (Figura II). Sin embargo, una reducción en el uso de energía no es suficiente para que este sistema sea más económico que otros existentes y no ha sido muy aplicado en la industria debido a la ineficiencia termodinámica en la disposición del regenerador. En un trabajo realizado por Shethna H. K. y Towler G. P. (1997) se discuten las alternativas propuestas para mejorar este esquema de flujo. En dicho trabajo se desarrollan nuevos sistemas de circuito dividido para alcanzar una alta separación de gases con una reducción significativa en los requerimientos energéticos.

FIGURA II. Sistema convencional de absorción – desorción con flujo dividido



Fuente: Shethna H. K. y Towler G. P. (1997)

Control de la concentración del solvente: La primera mejora que es necesaria en el diseño del proceso de absorción de flujo dividido es controlar la concentración del solvente tal que la misma concentración de solvente activo se produzca en la corriente lateral S y en la corriente del fondo B. Esto se puede lograr al colocar un rehervidor parcial en la corriente lateral. Este rehervidor puede ser controlado de manera que hierva suficiente agua tal que la extracción lateral S y la alimentación del regenerador F (y por lo tanto también la del fondo B) tengan la misma concentración. Esto elimina los problemas de altos flujos de solvente en el sistema de flujo dividido ya que ahora las corrientes de solvente se encuentran en la concentración óptima.

El segundo camino en el que la concentración del solvente afecta la eficiencia del regenerador es a través del retorno del condensado al regenerador. Se sabe que el arrastre es más fácil si la solución es más concentrada en la amina. Esto favorece el retorno del condensado al rehervidor, sin embargo, el condensado está saturado en el gas ácido y retornarlo directamente al rehervidor causa remezclados. Estos remezclados causarían un incremento en el trabajo del rehervidor y el efecto del remezclado dependerá de la concentración relativa de gas ácido en el rehervidor y en el condensado. Cuando se reduce la concentración de salida del gas ácido, el efecto del remezclado se vuelve más pronunciado. En todos los casos, el trabajo del rehervidor es mínimo cuando la fracción molar de gas ácido en el condensado es cero.

Puede lograrse una significativa mejora sobre el diseño de la Figura II si el gas ácido remanente luego de estas etapas es removido al alimentar el condensado a un pequeño separador de agua ácida antes de retornar al rehervidor. Este esquema de flujo produce el mínimo trabajo en el rehervidor para la absorción de circuito dividido.

Sustitución de vapor: Una reducción en el trabajo del rehervidor puede obtenerse al reemplazar una fuente de vapor alternativa para hervir el solvente. Se puede utilizar un pequeño reciclo del gas procesado desde la parte de arriba del absorbedor como una fuente de vapor alternativa. Este gas es conveniente como medio de extracción, ya que está casi completamente libre de soluto. Después de la etapa de regeneración, el gas de reciclo puede ser devuelto a un punto aguas arriba de la absorción o bien utilizarse para algún otro uso, en función del proceso global y de las condiciones del lugar.

4. Resultados

La Tabla II resume los resultados obtenidos de la simulación, donde se pueden apreciar las concentraciones finales de CO₂ y de CH₄ presentes en el biogás para diferentes temperaturas de alimentación de la amina pobre al absorbedor (ver Figura 1). Dado que la absorción del CO₂ está controlada cinéticamente, el incremento de la temperatura de la amina pobre ocasiona un aumento en la cantidad de CO₂ absorbido por la amina (Lunsford y Bullin, 1996). Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura, se observaron disminuciones en la cantidad H₂S absorbido. Esto puede deberse a que a medida que se absorbe más cantidad de CO₂ en la amina (el cual se absorbe más lentamente pero su absorción es proporcional al aumento de la temperatura de la solución) y aparentemente se absorbe con mayor fuerza a la amina que el H₂S por lo que la disponibilidad de amina para absorber H₂S disminuye.

TABLA II: Resumen de las concentraciones finales de CO₂ y CH₄ en el biogás purificado

T (K)	MEA		DEA		DGA		MDEA		MDEA+MEA		MDEA+DEA	
	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)
316,5	0,054	97,0	0,092	97,0	0,020	97,3	10,41	86,6	0,025	97,3	0,046	97,19
322,0	0,048	96,0	0,078	96,0	0,017	96,4	7,866	88,3	0,022	96,4	0,038	96,30
327,6	0,043	94,7	0,067	94,8	0,015	95,2	6,125	88,8	0,021	95,3	0,032	95,16
333,2	0,039	93,2	0,059	93,3	0,014	93,8	5,358	88,0	0,021	93,9	0,028	93,73

Las concentraciones de metano disminuyen al aumentar la temperatura debido a que se producen mayores pérdidas de agua y amina en el gas dulce. Estos resultados muestran que las aminas más eficientes para remover las impurezas son MEA, DEA y DGA siendo la MDEA menos eficiente por lo que debe mezclarse con alguna de las anteriores para obtener mejores resultados (como bien se observa en la Tabla II). Usar mezclas de aminas parece ser una buena opción cuando se desea remover en simultaneo el CO₂ y el H₂S, aunque los menores niveles de estos contaminantes se alcanzaron con la DGA.

En la mayoría de los casos analizados se respeta la carga máxima recomendada para evitar la corrosión, excepto en el caso de la MEA y DEA donde la carga de la corriente amina rica excede dicho valor, aunque este exceso es mínimo.

El calor utilizado por el rehervidor es otro parámetro que se tuvo en cuenta para comparar los diferentes sistemas de endulzamiento con aminas. Los datos obtenidos mostraron que los procesos que consumen la menor cantidad de calor son lo que utilizan DGA y las mezcla de aminas MDEA+MEA (5,91 MMBTU/h), mientras que el proceso que utiliza únicamente MDEA es el que mayor cantidad de calor consume (9,84 MMBTU/h).

La energía requerida para invertir el calor de reacción es muy pequeña (15-30%) cuando se la compara con la cantidad de calor requerido para aumentar la temperatura de la solución en el regenerador. Por lo tanto para optimizar la energía utilizada es necesario optimizar la tasa de circulación, maximizando la potencia de cada unidad de volumen circulado (Jenkins y Haws, 2002).

Otros de los principios básicos y críticos en el diseño del equipo de absorción-desorción, y muchas veces mal interpretado, es la capacidad de las soluciones de aminas en circulación (Jenkins y Haws, 2002). Generalmente la fuerza del solvente se mide como una base porcentual másica (wt%) de la solución. Sin embargo, cuando se comparan las fuerzas relativas de las diferentes aminas, es necesario considerar la molaridad (mol/lit) para comprender cuál es la verdadera capacidad hacia los gases ácidos. Los valores de molaridad de las soluciones analizadas aumentan en el siguiente orden: MEA=DEA<MDEA< DGA.

Adicionalmente, la fuerza básica relativa es otro aspecto a tener en cuenta para analizar la potencia de una solución de aminas. Cuanto mayor es la fuerza básica, mayor es la afinidad para remover gases ácidos. La constante de acidez pK_a es la medida que normalmente se utiliza para medir la fuerza básica relativa de varias soluciones de tratamiento de gas. Cuanto mayor es este valor, más fuerte es la base. Los valores de pK_a de las soluciones de aminas analizadas se relacionan de la siguiente manera: $MDEA < DEA < MEA = DGA$.

Estas últimas aclaraciones permiten entender porque los mayores niveles de purificación se obtuvieron con la DGA y con las mezclas de aminas MDEA+MEA y porque el calor necesario en el rehervidor es menor. Estas dos soluciones parecen ser las mejores opciones para la purificación de biogás.

5. Conclusiones

Son muchas las variables que se deben analizar para diseñar una unidad óptima de purificación de biogás. En este trabajo se discutieron algunas de ellas para el proceso de absorción con aminas, el cual es un proceso con gran desarrollo tecnológico. Para ello, se simuló en ProMax® un proceso convencional de absorción-desorción para seis tipos de soluciones aminas (MEA, DEA, DGA, MDEA) o mezclas de ellas (MDEA + MEA, MDEA + DEA), mostrando buenos resultados en los niveles de purificación alcanzados. Además se discutieron modificaciones al sistema convencional para obtener mayores niveles de purificación con menor requerimiento energético. Sin embargo, es necesario continuar investigando otros procesos para optimizar la purificación de biogás.

6. Bibliografía

- Jenkins J. L. y Haws R. (2002) "Understanding gas treating fundamentals", Refining Gas Processing Petrochemicals, Reprinted from PTQ (Petroleum Technology Quarterly) Winter 2001-2 issue.
- Kohl, A. y Nielsen, N. (1997). "Gas Purification", 5th edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Polasek J. C. y Bullin J. A. (1984). "Selecting Amines for Sweetening Units," Energy Progress, Vol. 4, (N° 3): 146–150.
- Shethna H. K. y Towler G. P. (1997). "Design of Mixed-Solvent Processes for Chemisorption with Ultrahigh Recovery", Ind. Eng. Chem. Res., 36, 5307-5320.

05TCAm. ENFOQUE ERGONÓMICO PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACTIVIDADES REALIZADAS A LA INTEMPERIE

MARCHANT, C.* y CAÑETE, L.*

* Grupo de Investigación en Posibilismo de la Facultad Tecnológica de la Universidad de Santiago de Chile (USACH) – Santiago de Chile – Chile
carolina.marchant@usach.cl

Resumen: Considerando que el Cambio Climático estará caracterizado por probables sequías y por un calentamiento generalizado que pueden afectar la productividad laboral de trabajadores a la intemperie, el presente trabajo expone una visión ergonómica del asunto de tal manera de realizar tanto ajustes estructurales y funcionales para amortiguar los efectos dañinos sobre el trabajo realizado al aire libre. El estudio se localiza en Santiago de Chile y luego de demandar mayor precisión y exactitud en los pronósticos, se configura un escenario en base a un incremento de la temperatura en 3°C y una disminución de las precipitaciones en un 40%. Así se establece un diagrama de causa-efecto y ante él se escoge uno de los escenarios más desfavorables para los trabajadores que ineludiblemente se enfrentarán a condiciones ambientales desmejoradas: la agricultura. Ante ello se proponen medidas de tipo urbanísticas, alimentares, de vestuario y arquitectónicas, entre otras, a fin de promover una productividad humanamente sustentable.

1. Introducción:

La agricultura, ganadería, pesca, silvicultura y minería a rajo abierto constituyen uno de los pilares del desarrollo de varios países latinoamericanos, empleando en Chile alrededor de 1 millón de trabajadores, donde más del 95% de éstos trabaja a la intemperie [1]. Otras actividades como los servicios personales de reparto, la seguridad nacional y el orden público requieren también de trabajadores expuestos a la intemperie. De acuerdo a diversos pronósticos, las condiciones ambientales donde se desenvuelve esta gran masa laboral podrían modificarse rápidamente durante el presente siglo debido al Cambio Climático, generando un escenario que bajo determinadas variables, puede afectar negativamente el desempeño de los trabajadores.

Supuestamente, un incremento en la temperatura acompañado de una reducción de las precipitaciones en gran parte del territorio nacional [2] [3], pueden generar estados del ambiente desconocidos y/o nocivos [4], exponiendo a los trabajadores a una nueva configuración de agentes físicos, químicos y biológicos; y con ello entorpeciendo la productividad, incluso aumentando la accidentabilidad y el ausentismo. En efecto, temperaturas más elevadas durante la época de cosecha podrían generar un estrés por calor y alteraciones en los regímenes de viento-humedad podrían propagar infecciones respiratorias y de piel, entre otros ejemplos [5].

El presente proyecto se plantea ante la siguiente secuencia de cinco supuestos: 1° Se producirá un cambio climático. 2° Tal cambio climático provocará un nuevo escenario de trabajo en el campo chileno. 3° Dicho escenario de trabajo caracterizado por alzas en las temperaturas alterará negativamente en algunas situaciones la productividad de los trabajadores 4° Es posible intervenir ese nuevo escenario de trabajo incorporando la ergonomía. 5° Ciertas intervenciones minimizan la depresión productiva y torna sustentable la actividad ocasionada por el Cambio Climático.

El primer supuesto se apoya en las proyecciones de organismos internacionales, entre ellos el IPCC, los cuales coinciden en que el clima del planeta cambiará sensiblemente debido a

la liberación de gases “invernadero” [6]. El segundo supuesto se apoya en conceptos de geografía económica, donde alteraciones de la temperatura como las proyectadas, modifican la actividad *outdoor* [7] [8]. El tercer supuesto descansa en estudios diversos que indican que el Cambio Climático alterará el rendimiento del factor productivo, principalmente en diversas actividades humanas, especialmente aquellas realizadas a la intemperie [8]. Finalmente el cuarto y quinto supuesto se desprenden de la máxima de la Cibernética entendida como la Ciencia del Control, afirmando que es posible mantener el estado de algunas variables dentro de rangos deseados y de la ergonomía, como un conjunto de conocimientos destinados al hombre en actividad y aplicados a la concepción de tareas, instrumentos, maquinas, diseño y sistemas de producción, de manera a mejorar las condiciones de trabajo, contribuyendo a la tecnología y a la organización del trabajo [9] [10].

2. Objetivos:

El presente proyecto tiene como Objetivo General diseñar un sistema ergonómico que permita garantizar la productividad humanamente sustentable, cuando expuesta a la intemperie, minimizando los impactos sobre el trabajo y la producción generados por alzas térmicas generadas por cambios climáticos durante el siglo XXI en Santiago de Chile.

Ciertamente se admite que en algunos casos el Cambio Climático caracterizado por un calentamiento global puede implicar alteraciones beneficiosas en las actividades productivas, como por ejemplo una reducción de las enfermedades debidas a exposiciones a fríos intensos. Sin embargo, el presente proyecto tiene por meta la reducción de los riesgos en la productividad. En tal sentido, el producto final que se pretende lograr constará del diseño de elementos tanto estructurales como funcionales. Es decir, el sistema ergonómico diseñado podrá incluir artefactos, conductas y otros componentes (públicos y privados, relacionales y materiales, temporales y espaciales, individuales y colectivos, nacionales y regionales) que reduzcan la magnitud del daño en la productividad y o la probabilidad de que él ocurra.

Por lo tanto, considerando al sistema diseñado como un bien público, los Objetivos Específicos del proyecto son cuatro:

- 1) caracterizar los probables escenarios que presentará Chile a lo largo del presente siglo,
- 2) establecer correlaciones entre nuevo clima y productividad de los trabajadores y relaciones entre cambio de clima y productividad de los trabajadores agrícolas.
- 3) identificar las alteraciones a cada escenario que permitan disminuir los impactos y riesgos a la salud.
- 4) ensamblar dichas alteraciones de tal forma que maximicen la diferencia entre el riesgo evitado y el costo de ellas.

3. Metodología:

La presente Metodología se estructura en cuatro etapas donde cada una de ellas atiende a cada uno de los objetivos específicos.

- 1) Caracterización de los escenarios probables. En base a fuentes secundarias tales como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático y la Organización Meteorológica Mundial, se despliegan las variables climáticas pronosticadas con su respectiva probabilidad de ocurrencia para la cuenca del Gran Santiago
- 2) Determinación de correlaciones. A través de aproximaciones y comparaciones, se pronostica el efecto del cambio climático sobre los trabajadores y sus consecuencias sobre la salud y la producción frente a estos nuevos escenarios térmicos, generando curvas que

expliquen dichos rendimientos de productividad en función de exposición a temperaturas y cambios de temperaturas.

3) Identificación de alteraciones a escenarios. Por medio de heurísticas de dosis-respuesta, se identifican aquellas variables del nuevo escenario cuya modificación, reduce sensiblemente la productividad e influye sobre la sustentabilidad.

4) Ensamble de alteraciones Se valora en unidades monetarias el costo de implementar cada solución alteración y también se valorará la caída de la producción y de la productividad. Posteriormente a través de una Programación Matemática se logrará la configuración óptima de alteraciones, en función del valor dispuesto a invertir.

4. Resultados:

Tal como se estableció al principio del presente artículo en la actualidad no se dispone con pronósticos totalmente confiables para un horizonte de varias décadas. Ante ello, necesariamente se debe incrementar los datos del pasado de diversas variables ambientales y en tal sentido ya existe una disciplina especializada: la Paleontología. En efecto, esta ciencia entendida como el estudio de entes antiguos está realizando notables avances a través de la Dendrología (estudio de los anillos de árboles), Criología (estudio de los hielos) y datación entre otras técnicas.

Las estadísticas para el período 1961-90 indican que Santiago de Chile posee una temperatura media anual de alrededor de 14°C y una precipitación total anual de 312 mm. Si se aceptan las proyecciones para finales del presente siglo, el clima de la capital será algo parecido al de la ciudad de Salamanca. Sería como desplazar imaginariamente Santiago 250 Km hacia el norte y posicionarlo en un valle del Norte Chico. Sin duda un cambio severo en menos de nueve décadas que afectará sensiblemente al paisaje y a las actividades humanas, tanto en el medio urbano como en la periferia rural.

Para pronosticar los impactos del Cambio Climático, se realizó una simulación causa-efecto comenzando con las variables protagonistas de él: temperatura y precipitación, cuyos resultados se muestran en la Figura 1.

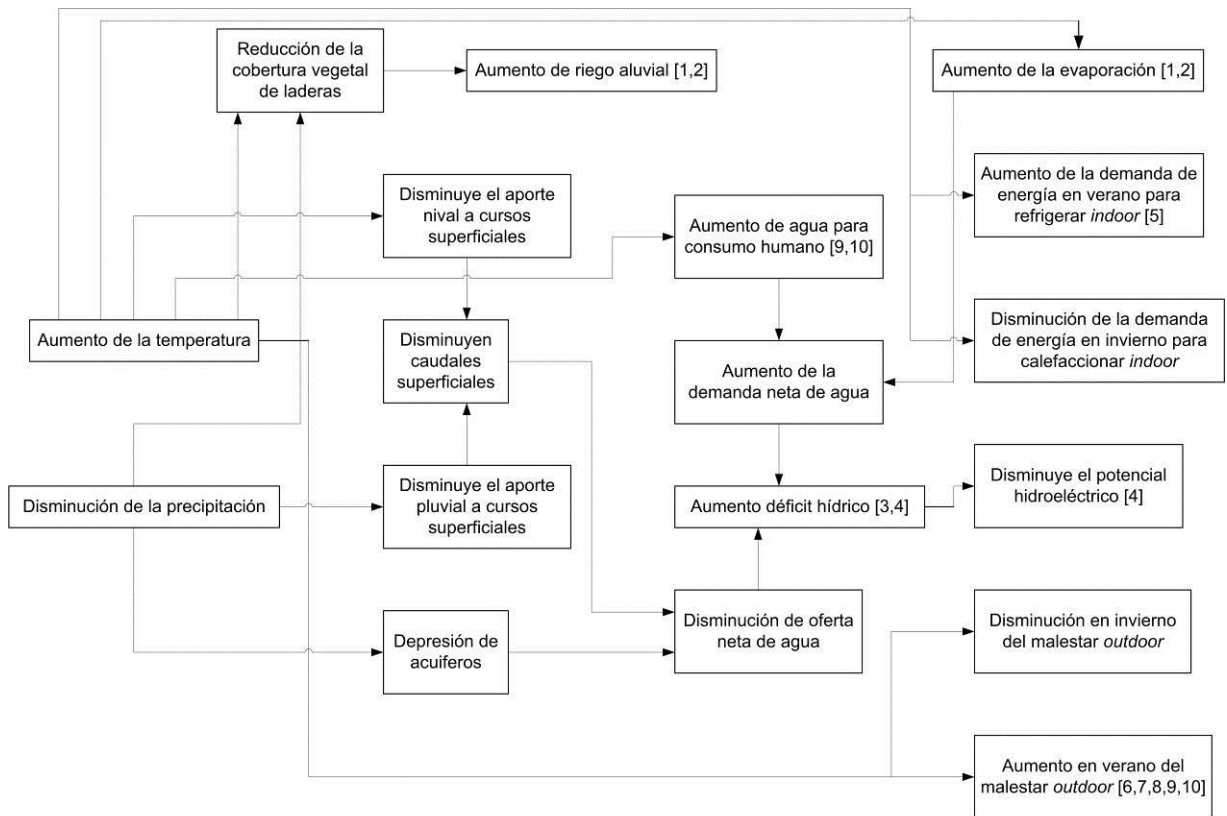
Un aumento de la temperatura disminuirá la componente nival y glacial de la alimentación del río Mapocho por cuanto las aguas congeladas permanecerán menos tiempo en la cordillera, derritiéndose antes del pleno verano. Este aumento de la temperatura también incrementará la evapotranspiración desde áreas verdes, provocando una demanda de agua para riego superior en un 10% a la actual. Incluso las personas demandarán más del recurso hídrico para sus procesos vitales en alrededor del mismo porcentaje.

La disminución de la precipitación por sí sola disminuirá la componente pluvial que alimenta el río Mapocho, provocando también una reducción de sus caudales. Puesto que los acuíferos se alimentan de las lluvias, estos se verán deprimidos.

Combinando el aumento de los egresos de agua representados por más evapotranspiración y la disminución de los ingresos de agua representados por menos precipitación; se generará un mayor déficit hídrico respecto del actual.

A su vez, este déficit hídrico castigará la vegetación nativa de las laderas de la cuenca de Santiago, propiciando una menor cobertura vegetal y con ello incrementado el riesgo de aluviones debido al débil retardo que una pendiente más desnuda presenta ante precipitaciones intensas.

Por otra parte, el mismo déficit hídrico disminuirá el potencial hidroenergético de la cuenca de Santiago.



- | | |
|---|--|
| 1.- Reforestación con especies naturalmente adaptadas a semi-aridez. | 6.-. Ambiencia urbanística (espejos de agua, arboladas, césped, aleros). |
| 2.- Forestación con especies genéticamente robustecidas para semi-aridez. | 7.- Empleo de vestuario caldosoportante. |
| 3.- Mejoramiento de eficiencia de riego. | 8.- Aligeramiento de dieta. |
| 4.- Construcción de obras de acumulación. | 9.- Reducción de tiempo de viajes. |
| 5.- Construcción en arquitectura homeostática (colores, materiales, geometría). | 10.- Programación horaria (clases, repartos). |

Figura 1: Diagrama causa-efecto

Considerando los parques urbanos (Metropolitano, Padre Hurtado, O'Higgins) y la mayor demanda de agua que mostrarán debido al aumento de la evapotranspiración. Se consulta mejorar la eficiencia del riego, recurriendo en algunos casos incluso al goteo. Los cálculos indican que por lo menos la eficiencia debe incrementarse en un 25% respecto al promedio actual. También para reducir el déficit hídrico y mantener el potencial hidroenergético, se debe considerar la construcción de obras de almacenamiento, proyectándose embalses en la precordillera andina.

Para no incrementar la demanda de energía para refrigerar los espacios *indoor* en verano, necesariamente se deberán concebir los espacios cerrados con una nueva arquitectura. Ahí los colores claros que no capturan el calor, los materiales aislantes y la geometría que propicia ventilación, son protagonistas. Tecnología útil para estos propósitos ya ha sido desarrollada, destacando un polímero (arreglo de grandes moléculas) que se aplica con revestimientos en las paredes internas de edificios, generalmente en el yeso. Cuando hace calor extremo durante el día, tal como el que se pronostica para finales de siglo XXI, éste viaja desde el exterior por la pared de ladrillo o hormigón y llega al revestimiento. Entonces el polímero absorbe el calor gracias a su capacidad de deformarse ante él. Luego de amanecida, cuando ya no hace calor, por ejemplo una fresca mañana a las 6:00 AM, el polímero recupera su forma original liberando el calor que atrapó durante las horas más cálidas y cediéndolo al ambiente cuando ya no molesta.

Será necesario además alterar la ambiencia urbanística de la ciudad para amortiguar el malestar *outdoor* en verano; generando sombras e incentivando la existencia de arboledas y cuerpos de agua. Estos últimos, tales como grandes piletas y lagunas artificiales,

contribuyen en sus inmediaciones a amortiguar los molestos calores gracias a la inercia térmica que el agua tiene.

El vestuario también deberá modificarse para lograr la comodidad ante las altas temperaturas que a la intemperie durante los días de verano se registrarán. Al respecto ya existen combinaciones de colores, texturas y fibras cuyos diseños exitosos se importan desde climas actuales que son similares al que tendrá Santiago a final de siglo.

El propio metabolismo de las personas deberá ajustarse para que éstas enfrenten sus labores entre las 12 y 17 horas de verano, siendo necesarios cambios de hábitos alimentares.

Soportar los calores en un vagón del metro o en un bus de locomoción colectiva puede ser una experiencia infernal en verano. Ante un deficiente sistema de acondicionamiento de estos medios de transporte, se propone una reducción en los tiempos de viaje, los cuales ya se verán incrementados debido a que la población de Santiago superará los 9 millones de habitantes y la superficie urbana será un 30% mayor de la actual.

Exponer a niños y trabajadores a altas temperaturas puede tener efectos mortales. Por lo tanto será necesario realizar una reprogramación de las clases de educación física y de los turnos laborales al aire libre.

5. Conclusiones:

Aun cuando no es posible estimar con satisfactoria precisión y exactitud la magnitud del Cambio Climático para finales del siglo XXI en Santiago de Chile, sí se puede establecer que éste estará caracterizado por un aumento de las temperaturas media anual y por una disminución de las precipitación total anual. La combinación de ambas alteraciones generará un déficit hídrico, un malestar en los espacios abiertos durante las tardes de verano y una reducción del potencial hidroenergético entre otros efectos negativos. Es decir, todo un trastorno energético sintetizado por una reducción de la principal oferta (hidroenergía) y por una alteración en la distribución de la demanda de energía.

Las medidas para enfrentar los efectos son todas de bajo costo relativo, pudiéndose clasificar en estructurales y conductuales. Dentro de las estructurales está la construcción de obras las cuales a su vez demandan en el presente cantidades significativas de energía, montos que a finales de siglo serán más escasos. Dentro de las conductuales se encuentran las nuevas prácticas educacionales y laborales; éstas no implican grandes sacrificios energéticos en el presente ni en el futuro y si modificaciones sociales.

Todas estas medidas buscan amortiguar los efectos negativos en la principal urbe de Chile, donde cualquier trastorno puede repercutir en todo el país. En efecto, considerando a Santiago como un importador de energía eléctrica y de alimentos (contenedores de energía) desde otras regiones chilenas, las medidas buscan disminuir las demandas de éste recurso que debido al déficit hídrico provocado por el Cambio Climático, se verá más acentuado. En tal sentido no se debe descartar la alternativa nuclear para suplir el menoscabo de esta fuente renovable.

¿Quiénes serán los beneficiados con este diseño? Principalmente los propios trabajadores y las organizaciones productivas a las que sirven, quienes dispondrán de mayor conocimiento para enfrentar alteraciones ambientales; pudiendo por ejemplo decidir respecto del horario laboral menos caluroso y qué vestimenta utilizar. También serán beneficiados debido a la información aportada: planificadores territoriales, legisladores, empresas aseguradoras y de la salud entre otros agentes económicos. De hecho el diseño servirá para elaborar manuales, normas e incluso leyes; es decir, será una herramienta de anticipación (predictiva).

6. Bibliografía:

- [1] Instituto Nacional de Estadísticas. “Mercado del Trabajo”, Empleo, Cifras Comentadas, Cuadro 3: Ocupados por rama de actividad económica 2010. (*Muestra la cantidad de trabajadores expuestos*)
- [2] Ministerio de agricultura. “El Cambio Climático en el sector silvoagropecuario de Chile”. Febrero 2010. (*Destaca la “vulnerabilidad” del sector agrícola y aunque no menciona las enfermedades asociadas al cambio climático, el arribo de ellas puede castigar más aún la situación laboral de los agricultores chilenos.*)
- [3] GEMMA, Sandra Francisca bezerra. Aspectos do Trabalho no cultivo organico de frutas. 194p. Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004. (tesis que discute el trabajo agrícola, sus dificultades y particularidades, a diferencia del trabajo en industrias)
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change. “Climate Change 2007.Synthesis Report”. Ginebra, 2008. (*Aun cuando la cartografía de este grupo de expertos no posee una resolución ideal, en ella se deduce que mayoritariamente Chile experimentará un aumento de las temperaturas en alrededor de 3° C para finales del presente siglo.*)
- [4] Robert Henson. “The rouge guide to Climate Change”. Rough Guides Ltda., 2008. (*Representativamente establece que la incertidumbre generada es la principal preocupación.*)
- [5] Mondelo, Pedro *et al.* Ergonomia 2 Confort y estres termico. Mutua Universal: Barcelona, 209p.
- [6] Schulte, P. y Chun, H. “Climate change and occupational safety and health: establishing a preliminary framework”. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. Volume 6(2009) pag 524-554 (*Establece siete categoría de cambio climatic y riesgos laborales asociados: (1) increased ambient temperature, (2) air pollution, (3) ultraviolet exposure, (4) extreme weather, (5) vector-borne diseases and expanded habitats, (6) industrial transitions and emerging industries; and (7) changes in the built environment. Establece además que mientras el clima cambia, puede provocar una mayor prevalencia, distribución y severidad de los riesgos.*)
- [7] Foucault, A. “Climat: histoire et avenir du milieu terrestre”, Fayard, Paris 1993. (Esta publicación expone las pruebas de las diversas causas del cambio climático, incluyendo las humanas).
- [8] Organización Mundial de la Salud. “Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas”. WHO, Génova, 2003. (*Asume “el nuevo reto” para las actuales iniciativas vinculadas a proteger a la salud humana, alertando sobre las actividades a la intemperie pues éstas a diferencia de las indoor, carecen de medidas homeostáticas.*)
- [9] GUERIN, F. et al, Compreender o trabalho para trasnforma-lo – a pratica da ergonomia. Sao Paulo: Edgard Blucher Ltda.2001. (presenta el método del AET, que permite establecer diagnósticos e intervenciones en empresas y en cualquier medio donde el hombre realice una actividad (trabajo y ocio)
- [10] WISNER, Alain. Por dentro do Trabalho - ergonomia: método e técnica. Sao Paulo: Oboré, 1987. 189p. (Texto clásico de la ciencia, introduce y explica todos los conceptos relacionados a la ergonomia y la forma de desarrollarla).

06TCAm. CONCEPTOS, DEFINICIONES Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DEL CARBONO

VALDERRAMA, J.O. ¹, ESPÍNDOLA, C. ^{2,3}

Univ. de La Serena, Casilla 554, La Serena-Chile: (1) Dpto. de Ing. Mecánica; (2) .Dpto. de Ing. Industrial; (3) Univ. de Lleida, Depto. Adm. Empresas y Gestión Econ. de Rec. Naturales, Lleida-España (E-mail: jvalderr@userena.cl; cespindola@userena.cl)

Resumen: Se presenta y analiza el concepto de huella del carbono, su origen, su relación con los gases efecto invernadero, y sobre los procedimientos para cuantificarla. El efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura. Es aceptado hoy en día que este efecto es producido por algunos gases liberados en forma natural o por las acciones humanas. La Huella de Carbono es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero y en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios.

1. Introducción:

La Huella de Carbono (HdC), definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010). Los GEI, definidos en el protocolo de Kioto el año 1997, forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente.

En los últimos años se han desarrollado varias otras herramientas de cuantificación y metodologías para determinar el nivel de emisiones de GEI de individuos, organizaciones y unidades administrativas o territoriales, y la HdC es una de ellas (Padgett et al., 2008). La HdC, se ha convertido en un lema en el debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, negocios, gobiernos, ONG y organizaciones internacionales por igual (Hertwich y Peters, 2009), induciendo cambios en los patrones competitivos de las empresas. Este debate sobre el cambio climático y la utilidad de HdC, ha trascendido al comercio internacional y, es liderado por los países con compromisos de reducción de emisiones en base al Protocolo de Kioto. (Plassmann et al., 2010) Esto es motivado fundamentalmente por la preocupación de estos países por las posibles pérdidas de competitividad de sus productores, quienes estarían compitiendo con otros exportadores con costos de emisión menores que aquellos que no han asumido obligaciones climáticas (De La Torre et al., 2009)

Aparte de ser un problema ambiental, el cambio climático constituye un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas. (Pandey et al., 2010). Esto ha llevado a gobiernos e instituciones a implementar una serie de acciones, tales como la creación de órganos a escala nacional e internacional preocupados del tema, la definición de procesos y espacios de reflexión, la creación de herramientas de transferencia tecnológica y financiera, que ayuden a la mitigación de emisiones de GEI provenientes de la actividad humana y a la formulación de métodos para cuantificar los efectos de dichos gases (WRI, 2011).

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra está formada por ondas de frecuencias más bajas, y es

absorbida por los gases, produciendo el efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura aumente. En forma simple el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura (Bolin et al., 1986). El rápido incremento de la temperatura global es producto del "efecto invernadero", debido a la liberación de GEI de origen antropogénico a la atmósfera. No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera. Si estos dos factores se consideran juntos, al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como "*Potencial de Calentamiento Global*" o PCG por sus siglas en inglés.

Cuantificación De La Huella Del Carbono:

Como se menciona más arriba, la HdC sólo ha surgido en el dominio público en los últimos años como una descripción bastante general de la emisión de gases de efecto invernadero totales asociados con la actividad humana. La literatura reconoce la ausencia de una clara definición que sea comúnmente aceptada (Wiedmann y Minx, 2008). Sin embargo, se encuentran antecedentes de marcos metodológicos utilizados para cálculo de la HdC desde los años 70 del siglo pasado. Desde fines de los años 1980 se encuentran en la literatura aplicaciones de la HdC, aunque bajo nombres diferentes (Minx et al., 2010). Desde entonces, el debate sobre la Huella del Carbono no sólo alcanza a su origen sino también al enfoque metodológico empleado en su análisis. En la academia el tema ha experimentado también un notable desarrollo. Desde unas pocas publicaciones a fines del siglo pasado la literatura relacionada con la HdC ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos 3 años (Valderrama et al., 2011).

Las diversas interpretaciones del concepto de HdC ha llevado al desarrollo de metodologías de cálculo muy diferentes, situación que genera una excesiva controversia frente a un índice que ya goza de bastante popularidad (Carballo et al., 2009). Algunos autores sostienen que una "huella", por el significado del concepto, debe abarcar todos los efectos que deja tras de sí una actividad. En el caso de una HdC, debe incluir todas las emisiones de gases de efecto invernadero que se pueden asociar directa e indirectamente con una actividad, y por lo tanto el análisis debe abarcar todo el ciclo de vida de un producto o servicio, desde las materias primas e insumos hasta el producto o servicio final. Metodológicamente, esta perspectiva de "todo el ciclo de vida" se ha abordado desde dos direcciones: enfoque de arriba hacia abajo o enfoque corporativo (*top-down*) y enfoque de abajo hacia arriba o enfoque de producto (*bottom-up*). El enfoque de arriba hacia abajo o enfoque corporativo parte desde una visión global de una organización, para la obtención de una o más magnitudes específicas de HdC (Minx et al., 2010). El enfoque de abajo hacia arriba realiza un análisis muy específico de la magnitud de unidades constituyentes de una organización, evento o proceso e va agregando magnitudes parciales específicas, hasta la obtención de una magnitud global de HdC para la unidad en estudio, generalmente un producto o un servicio (Minx et al., 2010).

2. Métodos Actuales:

Existen cuatro métodos principales presentados en la literatura para el cálculo de la HdC en empresas, organizaciones, servicios, procesos y productos. Estos métodos utilizan un acercamiento muy similar para la obtención de datos como es el análisis de ciclo de vida del producto. Una vez que se esquematiza el ciclo de vida del producto, desde que se extraen las materias primas necesarias para su fabricación hasta el lugar de su disposición final, cada método usa un enfoque diferente. La primera diferencia tiene lugar en la

limitación del alcance de la empresa, es decir hasta dónde las emisiones de otros procesos influyen en el proceso en estudio. Una vez que se tiene el proceso bien delimitado, se extraen datos diferentes del proceso, para cada método de determinación (Espindola, 2011).

Protocolo de Gases Efecto Invernadero: este protocolo de GEI fue implementado en el 2001 por el Consejo Mundial de Negocios por el Desarrollo Sustentable (*World Business Council for Sustainable Development, WBCSD*) y por el Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute, WRI*) que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de los GEI. Es fruto de una colaboración multilateral entre empresas, organizaciones no-gubernamentales y gobiernos (WRI, 2004). Esta iniciativa cuenta con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (*United States Agency for International Development, USAID*) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency, USEPA*).

El protocolo de GEI es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (*software*) de cálculo de emisiones de GEI. El protocolo GEI ha logrado un alto nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como la principal referencia, junto con los estándares ISO 14064. Además de constituirse como referente en términos de lineamientos generales, el protocolo GEI también ha desarrollado un conjunto de herramientas (*software*) para el cálculo de la HdC inicialmente de empresas. La popularidad y el reconocimiento del protocolo GEI, y por supuesto el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas (Pandey et al., 2010).

Balance de Carbono: esta metodología y a la vez herramienta llamada Balance de Carbono, conocida internacionalmente como Bilan Carbone, fue desarrollada por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia, ADEME, en el año 2002 (BC, 2011). La herramienta fue elaborada específicamente para convertir datos relativos a las actividades productivas (como el consumo de energía, la cantidad de camiones y la distancia manejada, las toneladas de acero adquiridas, entre otras) en emisiones, de forma rápida, usando factores de emisión. El método considera la contabilización de emisiones directas e indirectas de los GEI, relacionadas con las actividades industriales, empresariales, y de otras asociaciones y entidades administrativas. Permite clasificar las emisiones según fuente, siendo la base de la herramienta, una planilla Excel que calcula las emisiones asociadas a cada actividad de un proceso (ADEME, 2010).

El Bilan Carbone se caracteriza por una visión general muy completa, por lo que, a través de sus distintos módulos, permite trabajar a nivel de empresas y eventos, pero también de territorios y productos. Sus primeras versiones fueron implementadas en el año 2004 y responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14.064 y el protocolo de gases efecto invernadero (GEI). Con el apoyo de subvenciones estatales francesas otorgadas a las entidades que utilizan este método para medir las emisiones de los GEI el *Bilan Carbone®* se transformó en la referencia metodológica en Francia para las empresas, las personas y las colectividades territoriales. (BC, 2011).

Especificaciones Públicamente Disponibles, PAS 2050: este método llamado *Publicly Available Specification*, más conocido como PAS 2050, fue elaborado en el año 2007 por el Instituto Británico de Estandarización (BSI, 2010), con el apoyo del Consorcio del Carbono (*Carbon Trust*) y el Depto. para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), ambos organismos del gobierno inglés. El método está enfocado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas ISO 14040 referido al

Análisis del Ciclo de Vida y 14067 Huella de carbono para productos (actualmente en preparación), así como a las recomendaciones del Protocolo GEI. La metodología PAS 2050 define inicialmente las fuentes de emisiones consideradas, además de seis grandes bloques de actividades, cuyas emisiones deben ser consideradas en la estimación del ciclo de vida de bienes y servicios. Con la enumeración de las fuentes de emisiones consideradas, realiza una acotación general del ámbito al que se aplica el indicador. Los gases considerados en el cálculo de la HdC y sus efectos potenciales en el calentamiento global. El potencial del CO₂ es definido como 1.0 y los valores de los otros gases son referidos a este valor de referencia. El potencial de contribución al calentamiento global (*Global Warming Potential, GWP*) es una medida útil para comparar los efectos reales de las emisiones de cada gas. Los valores deben ser usados con discreción ya que no consideran algunos factores importantes de comparación como es por ejemplo la vida media de las especies mostradas. (BSI, 2008).

El año 2010, el Instituto Británico de Estandarización presentó la PAS 2060, una metodología similar a la PAS 2050 pero dedicada al cálculo de las emisiones de organismos (administración, empresas, sitio de producción), colectividades territoriales y particulares. Esta metodología sigue las normativas del ISO y del protocolo GEI (CEPAL; 2009). Similar a la PAS 2050, la PAS 2060 es una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y considerar para cuantificar la HdC. La PAS 2060 constituye una poderosa herramienta para las buenas prácticas de compensación de emisiones no reductibles de GEI, y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono (BSI, 2010).

Método Compuesto de las Cuentas Contables: este método, conocido también como MC3, ha sido desarrollado por Doménech y colaboradores a partir del año 2004 (Dómenech et al., 2010). En este método la información fluye directamente de una organización a otra sin necesidad de contar con la colaboración de clientes o proveedores de la cadena de suministro para calcular la huella. Toda la huella de productos pasa de una entidad a otra, acumulándose progresivamente, y el estudio de huella se limita siempre a una única entidad. De este modo, el alcance organizacional queda perfectamente delimitado en todo momento. Por eso, MC3 nunca incorpora el uso del producto por parte de un consumidor, o la destrucción del mismo al final de su vida útil, ya que esto queda fuera del alcance organizacional.

Comparado con las otras metodologías, esta propuesta tiene algunas ventajas: 1) presenta un “enfoque a la organización”, lo cual permite el ecoetiquetado de la organización y de sus productos o servicios con la misma metodología; 2) permite expresar el indicador tanto en toneladas de CO₂ (huella de carbono) como en hectáreas de terreno bioproductivo (huella ecológica); 3) permite extraer los datos de entrada de las cuentas contables, lo cual permite a su vez, incorporar todas las fuentes posibles de emisión de carbono, permitiendo así la comparabilidad; 4) finalmente, el ciclo de vida previo se incorpora con los productos o consumos de entrada, con lo cual no es necesaria la colaboración directa de clientes o proveedores; la información fluye automáticamente a lo largo de la cadena de suministro. Puesto de una manera simple la HdC en cualquiera de los métodos descritos arriba es calculada adicionando mediante algún modelo matemático los variados factores que inciden en la producción de GEI.

3. Qué hay detrás de los modelos:

Un modelo simple, para explicar la forma de cálculo, es la suma ponderada de los diversos factores, como se describe en la ecn. (1)

$$\text{HdC} = \sum x_i y_i F_i \quad (1)$$

En esta ecuación general, x_i e y_i son factores de conversión y equivalencia que dependerán del tipo aplicación (HdC del producto, de una empresa, de un servicio, de una vivienda) y magnitud (local, regional, o de país) y de la influencia de la variable F_i (transporte en avión, o auto, uso de carbón o gas natural, emisiones directas o indirectas, kilómetros recorridos, entre muchos otros).

En una aplicación doméstica, por ejemplo en el cálculo de la HdC anual de una familia, el factor F_1 puede ser la electricidad usada, F_2 la cantidad de autos que tiene la familia o los kilómetros recorridos, F_3 los metros cuadrados construidos, F_4 el gasto en supermercado, F_5 los viajes realizados y las distancias recorridas en avión, entre variados otros factores. En el cálculo de la HdC de un producto, el factor F_1 puede ser por ejemplo el tipo y tamaño de envase, F_2 el origen de las materias primas, F_3 tipo de producto analizado, F_4 el tipo de proceso al que fue sometido, F_5 el tipo de energía utilizada en su manufactura, entre otros. En una aplicación industrial por ejemplo, el factor F_1 puede ser la cantidad de combustible de tipo A que usa la empresa, F_2 la cantidad de combustible de tipo B, F_3 la electricidad usada, F_4 la cantidad de acero usado en el proceso, F_5 la cantidad de plásticos y materiales no degradables que consume la empresa, F_6 los metros cuadrados construidos, F_7 la cantidad de personas que trabajan en la empresa, entre otros posibles factores. Shimo-Barry (2008) en su libro "La ecuación ambiental", propone un simple método para calcular la HdC doméstica. La autora define 8 variables (F_i) y sus respectivos factores de equivalencia y conversión. El resultado es la HdC en libras de CO_2 por año. El promedio en los Estados Unidos es de 16 a 22 mil. Para el cálculo de la HdC global, Ewing et al. (2010) presentan esta ecuación:

$$\text{HdC} = \frac{P_c(1-S_o)}{Y_c} * \text{EQF} \quad (2)$$

Aquí, P_c es la producción anual de emisiones de CO_2 , S_o es la fracción de emisiones antropogénicas, esto es producidas por las actividades humanas, que es secuestrada por los océanos en un año, Y_c es la cantidad total de carbono absorbido por hectárea de bosque disponible, y EQF es un factor de equivalencia para el país, el año, y el tipo uso de tierra. La producción anual de emisiones P_c es calculada adicionando mediante algún modelo matemático los varios factores que inciden en la producción de GEI, similar al modelo de la ecn. (1).

Sobre qué valores de los factores de conversión y equivalencia y cuales variables F_i considerar en el cálculo de la HdC no hay consenso aún en instituciones, empresas y en la academia. Esto ha llevado a que no se tenga aún un método aceptable y general para determinar y comparar la HdC de productos, servicios, viviendas, y empresas. La solución a estas diferencias y cuestionamientos a la utilidad de la HdC como indicador de sustentabilidad ambiental, cuando se trata de productos, podría tener alguna solución con la aprobación del estándar ISO 14067 en su texto refundido de sus normas ISO 14067-1 e ISO 14067-2.

4. Conclusiones:

i) Hay consenso general de que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la Tierra. A partir de 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO_2 en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la tierra de entre 1,5 y 4,5 °C.; ii) La HdC perfila como un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por

las actividades del hombre en el entorno, medido en términos de emisiones de GEI. Por lo tanto, la HdC representa una poderosa herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia para el logro de la sustentabilidad de las organizaciones; iii) Sobre qué valores de los factores de conversión y equivalencia, cuales variables F_i y que alcances considerar en el cálculo de la HdC, no hay consenso aún en instituciones, empresas y en la academia. Por lo tanto, no existe aún un método aceptable y general para determinar y comparar la HdC de productos, servicios, viviendas y empresas; iv) Se hace necesario avanzar en la difusión de las bases conceptuales involucradas en la HdC, en todos los actores de la sociedad de manera de facilitar la discusión y búsqueda de acuerdos

Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo prestado por la Universidad de La Serena y por el Centro de Información Tecnológica (Chile) para la realización de este trabajo. CE agradece también al Depto. Adm. Empresas y Gestión Económica de Rec. Naturales, de la Universidad de Lleida (España).

5. Referencias:

Ademe (l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). (2010). Bilan Carbone®, Entreprises et Collectivités. Guide méthodologique, version 6.1, objectifs et principes de comptabilisation.

BC, Bilan Carbone. (2011), Disponible en <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1ycid=96ym=3ycatid=15730>. Acceso en 20.01.2011.

Bolin, B; Döös, B. R; Jäger, J; Warrick, R. A. (1986). The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, International Council of Scientific Unions, Paris (France). Scientific Committee on Problems of the Environment, p. 541.

BSI, British Standards Institute. (2010), PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services, <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050>. Acceso 20.12.2010.

Carballo Penela, A., Doménech Quesada, J. L. Y García-Negro, M. C. (2009). "El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: una herramienta de marketing verde". UAI Sustentabilidad, 7:1-2.

Cepal, Comisión Económica Para América Latina Y El Caribe. (2009). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña.

De La Torre, A; Fajnzylber, P; Nash, J. (2009). Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Central, Washington D.C., USA.

Dómenech, J. L; Carballo Penela, A; Jiménez Herrero, L; De La Cruz Leiva, J. L. (2010). Estándares 2010 de Huella de Carbono MC3. Conama10 Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid, España.

Espíndola, C. Valderrama, J.O: (2011). Huella de carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. Enviado para publicación Revista Dyna, Colombia.

Ewing B.; A. Reed; A. Galli; J. Kitzes; M. Wackernagel (2010). Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2010 Edition. Oakland: Global Footprint Network.

Hertwich, E; Peters, G. P. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. Environmental Science & Technology, 43: 6414–6420.

- Minx, J. C; Wiedman, T; Wood, R; Peters, G. P; Lenzen, M; Owen, A; Scott, K; Barrett, J; Hubacek, K; Baiocchi, G; Paul, A; Dawkins, E; Briggs, J; Guan, D; Suh, S; Ackerman, F. (2010). Input–Output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. *Economic Systems Research*, 21, 3: 87 – 216.
- Padgett, P; Stenemann, A; Clarke, J; Vanderbergh, M. (2008). A Comparison of Carbon Calculators . *Environmental Impact Assessment Review*, 28:106-115.
- Pandey, D; Agrawal, M; Pandey, J. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*.178,1-4:135-160.
- Plasmann, K; Norton, A; Attarzadeh, N; Jensen M.P; Brenton, P; Edwards,G. (2010). Methodological complexities of product carbon footprinting: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context. *Env. Sci. & Police*, 13:393-404.
- Shimo-Barry, A; C.J. Maron (2008). *The Environment Equation*, 100 factors that can add to or subtract from your total carbon footprint. Adams Media Corporation, Avon, Massachusetts-USA.
- Valderrama, J.O; Espíndola, C. A; Quezada, R. (2011).Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Form. Univ.*, 4(3), 3-12.
- Wiedmann, T.; J. Minx, A. (2008), Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, 1:1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.
- WRI, World Resources Institute (2011), *The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard* <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf>. Acceso en 20.04.2011.

07TCam. INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO TUNUYÁN SUPERIOR (MENDOZA, ARGENTINA)

MORÁBITO J.¹⁻², SALATINO S.¹, MEDINA R.², MIRALLES S.², DEDIOL C.²,
NACIF N.², MASTRANTONIO L.², ORTÍZ N.¹ y BURGOS V.¹

¹ Instituto Nacional del Agua (INA) – Centro Regional Andino (CRA). Belgrano 210 –
Oeste – 5500, Mendoza.

² Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo, Alte. Brown 500- Chacras de Coria –
Luján de Cuyo, Mendoza.

jmorabito@ina.gov.ar

Resumen: La importancia económica actual del área de estudio (54.000 ha regadías, grandes inversiones, moderna viticultura para vinos de exportación de variedades emblemáticas como Malbec), obliga al conocimiento y permanente control de la calidad del agua del río Tunuyán superior para vigilar la sostenibilidad del modelo productivo de ambas cuencas. Criterios internacionales aconsejan establecer *indicadores de desempeño* que faciliten a los encargados de la administración del recurso hídrico una rápida toma de decisiones. Los indicadores químico-microbiológicos aquí seleccionados surgen como cocientes entre los valores de las variables consideradas respecto de los valores límite de la normativa vigente (el Departamento General de Irrigación de Mendoza, a través de la Resolución 778/96 establece dos (2) límites: “*máximo permitido*” y “*máximo tolerable*” para el vertido directo e indirecto a los cuerpos receptores) permitiendo el análisis espacio-temporal de la evolución de la calidad del agua de riego. Mediante GIS y utilizando Arc View se obtuvo, para cada uno de los seis (6) sitios de muestreo de la cuenca (cuatro de ingreso y dos de egreso) un diagrama de barras que permite, de un rápido vistazo, saber en qué momento se registra un pico de contaminación y su importancia, facilitando una inmediata respuesta de mitigación y/o control. Los muestreos fueron mensuales, acompañados del aforo y/o estimación del caudal pasante y el análisis en laboratorio de los distintos parámetros respondió a la metodología propuesta por Standard Methods: AWWA, WPCF APHA, 1992. Las variables analizadas en este estudio fueron: DQO, sólidos en suspensión, sedimentables (10 minutos y 2 horas) y coliformes fecales. De los resultados obtenidos se destacan los sólidos sedimentables 10’ con altos contenidos de los sitios Dique Valle de Uco y Costa Anzorena y la disminución -por debajo de los límites exigidos- de los valores de DQO. Las variables microbiológicas presentan -en general- una alta variabilidad y los valores de coliformes fecales registrados respectivamente en Costa Anzorena y Dique Tiburcio Benegas (antes y después del embalse El Carrizal), superan los valores máximos permitidos y tolerados sugeridos por la normativa provincial vigente.

Palabras clave: contaminación, polución, riego, recurso hídrico.

1. Antecedentes e introducción

Este estudio se inscribe en la línea de investigación de calidad de uso del recurso hídrico en la provincia de Mendoza que el mismo equipo de investigación desarrolla desde 1999. La elección del oasis regadío del río Tunuyán superior como área de estudio se fundamenta en la enorme importancia económica actual del área de estudio (moderna viticultura, variedades emblemáticas, grandes inversiones foráneas asociadas con capitales locales, etc.) y en la constante expansión de su superficie cultivada. El modelo de cultivo adoptado (viticultura y fruticultura de calidad) con la incorporación de tecnologías de avanzada (sistemas de riego presurizado localizado) está básicamente asociado a la explotación del

agua subterránea. Esto obliga -a aquellos preocupados por un uso racional del agua- al conocimiento y permanente control de su calidad atendiendo a la sostenibilidad de los modelos productivos no sólo de la cuenca alta sino del oasis inferior del río Tunuyán. En efecto, aquél da origen a dos subcuencas separadas por el dique de embalse El Carrizal (360 hm³): la superior, con 54.000 ha en el denominado Valle de Uco y la inferior, con 80.000 ha, en el este provincial (Dptos. San Martín, Rivadavia y Junín, entre otros). El Departamento General de Irrigación (DGI) deriva para el oasis superior sólo el 17 % del caudal del río (30.6 m³ s⁻¹) mientras que el resto se aprovecha en el oasis inferior. El panorama del uso de los recursos hídricos en la zona se hace más complejo si se tiene en cuenta las 2.500 perforaciones existentes en la zona alta para extraer agua subterránea de los acuíferos profundos. Estudios anteriores (Chambouleyron et al, 2002) muestran una tendencia progresiva al aumento de la salinización del agua (1.4 dS.m⁻¹) y de los suelos de la cuenca inferior como consecuencia de la fuerte expansión de la subcuenca superior.

Desde el punto de vista de la calidad, el proceso de seguimiento y evaluación en un determinado sistema regadío es universal y está relacionado con la protección de la salud y los factores socioeconómicos de la población. Día a día se toma -a nivel de país- mayor conciencia de la necesidad de obtener datos de calidad de agua para evaluar sus impactos y diseñar su uso con el fin de satisfacer las crecientes demandas de cantidad y calidad del recurso (UNESCO, 2006). En Argentina el riego representa el 70 % del agua extraída de las diferentes fuentes y su eficiencia global de uso es inferior al 40 %. Por su parte, en la provincia de Mendoza la agricultura es la mayor demandante del recurso agua, compitiendo con los otros usos (consumo humano, industrial y energético). Esta demanda puede transformarse en una limitante para el desarrollo y exige a los responsables de la administración del agua de riego extremar las medidas que permitan conservar su actual calidad físico-química-microbiológica y preservar su calidad futura. La actividad antropogénica derivada del crecimiento del “oasis centro” no sólo utiliza el recurso disminuyendo el caudal disponible aguas abajo sino que le aporta un gran número de contaminantes químicos (sales, fertilizantes, plaguicidas, metales pesados) y microbiológicos (bacterias). Para que la sustentabilidad del sistema no sea puesta en riesgo es necesario planificar una estrategia de monitoreo continuo de la evolución de la calidad del agua sobre la base de la selección de puntos críticos de contaminación, identificar posibles fuentes (puntuales y no puntuales) y elaborar políticas de supresión o mitigación de los impactos negativos de la misma. Criterios internacionales aconsejan establecer indicadores de desempeño que faciliten a los encargados de la administración del recurso hídrico una rápida toma de decisiones. Los indicadores químico-microbiológicos aquí seleccionados surgen como cocientes entre los valores de las variables consideradas respecto de los valores límite de la normativa vigente (el Departamento General de Irrigación de Mendoza, a través de la Resolución 778/96 establece dos (2) límites: “máximo permitido” y “máximo tolerable” para el vertido directo e indirecto a los cuerpos receptores) permitiendo el análisis espacio-temporal de la evolución de la calidad del agua de riego. Por razones de espacio, en este trabajo se hace referencia sólo a los indicadores físico-químico-microbiológicos: sólidos sedimentables 10 minutos (compactados) y 2 horas, DQO y coliformes fecales.

2. Hipótesis y objetivos

Partiendo de la hipótesis de un paulatino desmejoramiento de la calidad del agua de la subcuenca alta (arroyos aportantes y río Tunuyán en Valle de Uco) respecto al punto de salida del oasis y de entrada a la sub-cuenca inferior (río en Costa Anzorena) y del lógico deterioro temporal de la calidad en los últimos diez años, los objetivos del presente trabajo

son: (a) aportar mediante el uso de indicadores una herramienta que permita una rápida respuesta de parte de los administradores del agua frente a las variaciones espacio-temporales de calidad (b) identificar posibles causas u orígenes de la misma y (c) contribuir a la actualización de una base convenientemente sistematizada de datos de calidad físico-química-microbiológica del agua. Razones de espacio llevan a presentar aquí sólo indicadores químico-microbiológicos de calidad.

3. Material y métodos

Para la obtención de los indicadores se partió de una base de datos (Morábito et al, 2010) con registros de cada uno de los seis (6) puntos de muestreo estratégicamente seleccionados en el área de estudio (Fig. 1): tres de ingreso a la cuenca: LT (Dique Las Tunas), VU (Dique Valle de Uco) y A (Arroyo Aguanda) en la localidad de Paso de las Carretas y tres de egreso: Y (Dique Yaucha), CA (Costa Anzorena) y TB (Dique Tiburcio Benegas). Los indicadores analizados fueron *físicos* (sólidos en suspensión (ISS), sólidos sedimentables compactados (ISSC)) y *biológicos* (oxígeno disuelto IOD, demanda química de oxígeno (IDQO) y coliformes fecales (If). Se obtuvieron dividiendo *el valor medio obtenido para cada variable por el valor de los límites máximo permitido y máximo tolerado* para el vertido de agua directo e indirecto a los cuerpos, exigidos por la normativa vigente en la provincia (Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación, DGI). Los indicadores, tomados de Excel de modo gráfico se insertaron como vínculo en el mapa base del área de estudio, utilizando ArcGIS, permitiendo analizar espacialmente la evolución temporal de cada variable. Se confeccionaron mapas para cada uno de los indicadores seleccionados en los que pueden verse -en correspondencia con los sitios de muestreo previamente georeferenciados- distintos gráficos que muestran *la variación temporal* (diagrama de barras azules) y los *límites máximos permitidos y tolerados* (líneas de color rojo).

4. Resultados

La figura 1 muestra los sitios de muestreo seleccionados, el Dique El Carrizal que separa las dos sub-cuencas, la ubicación relativa del oasis Centro y la parte Este del oasis Norte con las principales ciudades que en ellos se asientan. A continuación se presentan los indicadores obtenidos para el área de estudio en base a los siguientes parámetros analizados:

Sólidos en suspensión y Sedimentables compactados: obtenidos por sedimentación en cono de Imhoff en un tiempo prefijado: 2 horas para los *sólidos en suspensión* ó 10 minutos *para los sólidos sedimentables compactados*. En grandes concentraciones pueden ocasionar efectos negativos o no deseables como la reducción de la fotosíntesis del ecosistema acuático, la destrucción o modificación de los sitios de alimentación y desove de peces, el relleno de lagos, estanques, embalses artificiales, la obstrucción de canales de riego, etc.

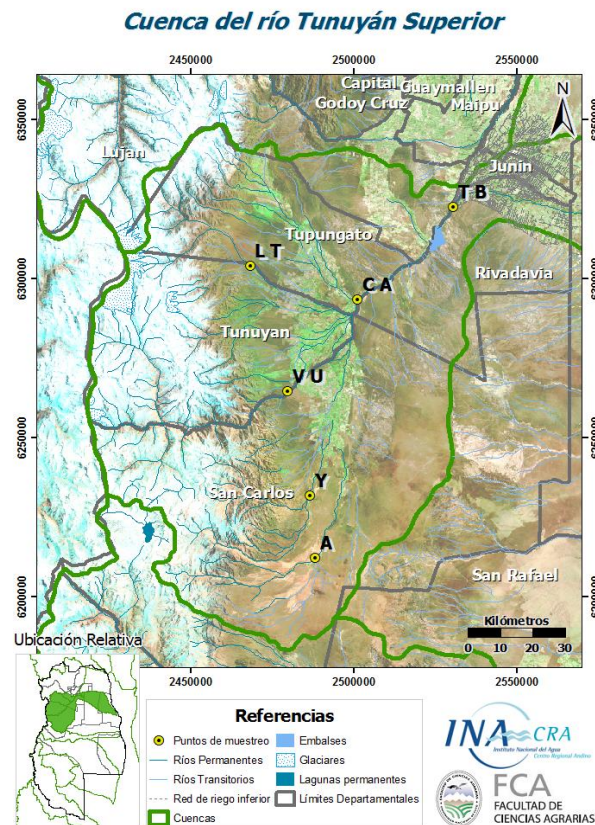
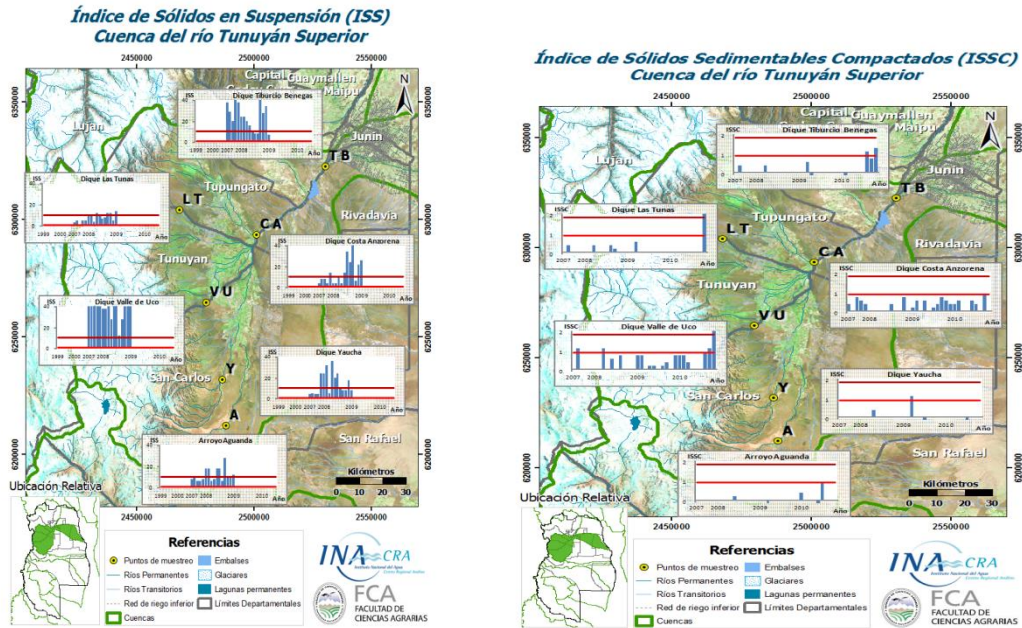


Fig. 1: ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio

Como puede verse en la figura 2 en todos los puntos de muestreo, se observa un alto nivel de sólidos sedimentables en suspensión (*el valor cero corresponde a ausencia de datos*). Los mayores registros se encuentran en VU (altas pendientes y tipo de suelo) y en TB (podría atribuirse a los sucesivos vuelcos de caudal desde el embalse El Carrizal al lecho del río causados por las turbinas de hidrogenación (Morábito et al., 2011). Si se comparan los valores del indicador ISS entre los sitios VU y CA se observa una notable disminución de sólidos en suspensión que podría atribuirse a la brusca disminución de la pendiente topográfica entre esos dos sitios facilitando el depósito de los mismos. También respecto del ISSC (figura 3), pueden observarse valores más altos entre VU y CA, probablemente ocasionados por los altos caudales registrados durante los muestreos en esos lugares (Morábito et al., 2011) y -en el caso de VU- por la topografía del lugar (fuertes pendientes). Por el contrario, los valores de ISSC obtenidos en TB son bastante menores ya que el material en suspensión que decanta antes de los 10 minutos queda retenido en el Embalse El Carrizal.

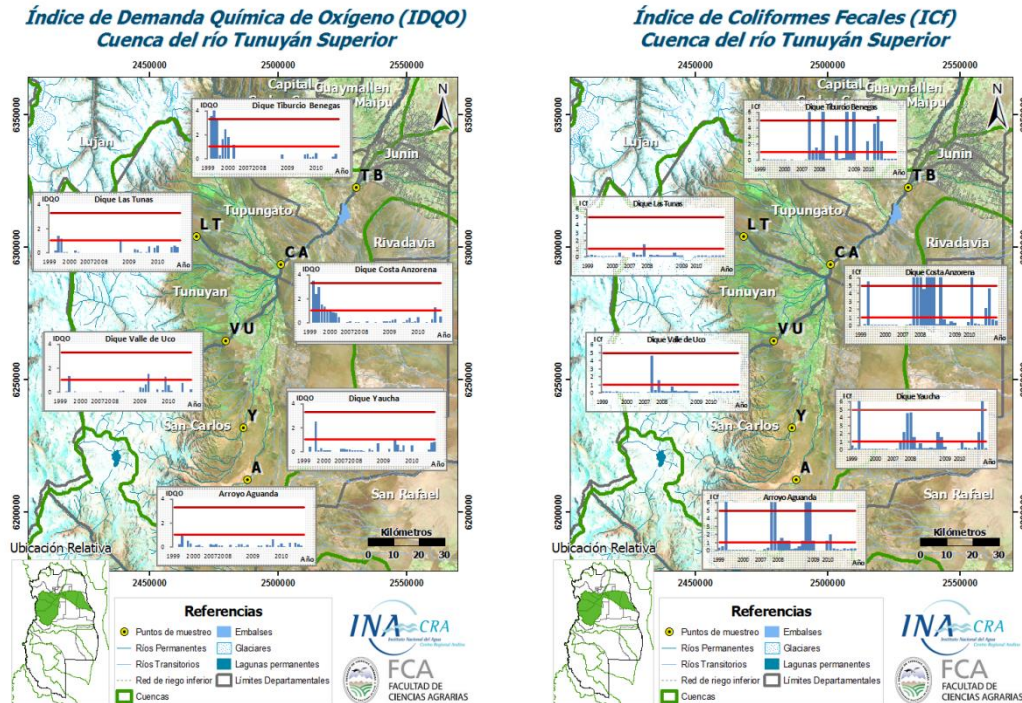


Figuras 2-3: valores temporales de ISS y ISSC para los distintos sitios de muestreo

Demanda Química de Oxígeno (DQO): su determinación permite estimar la cantidad de materia oxidable presente en el agua, tanto de origen orgánico como mineral. A partir de la DQO se puede inferir contaminación por vertido de aguas residuales domésticas, estiércol, residuos alimenticios y/o residuos industriales. Altos valores de DQO en el agua se corresponden con la existencia de patógenos, malos olores y condiciones de eutrofización del ecosistema acuático (con la consecuente muerte de sus organismos). La figura 4 está indicando que -en general- los lugares de muestreo que se encuentran aguas arriba de la zona agrícola, urbana e industrial (VU, A, Y y LT) presentan valores de IDQO menores a 1 (con muy pocas excepciones). Por otro lado, los valores de DQO registrados en los sitios CA y TB -que en la campaña del año 1999 fueron muy superiores a los valores máximos permitidos e incluso, a veces, superiores a los máximos tolerados, actualmente nunca superaron el límite máximo permitido (con una sola excepción en CA). Este cambio puede deberse a continuas mejoras de los procesos operativos en la planta de tratamiento de efluentes urbanos de la ciudad de Tunuyán o al aumento del caudal del río entre los años 2007 y 2009. Desafortunadamente los resultados obtenidos en el índice de coliformes fecales (ICf) no acompañan esta tendencia.

Coliformes fecales: son los indicadores más adecuados para detectar la presencia de contaminación antrópica de origen fecal. La Resolución 778/96 del DGI establece como máximo permitido un número más probable (NMP) de 200 células cada 100 ml de agua (200 NMP % ml-1) y tolera hasta 1000 (NMP % ml-1). La normativa no autoriza el mezclado de líquidos cloacales con residuales y establece valores más estrictos para aquellos casos en que el agua se utilice para bebida. En todos los casos, se encontró presencia de coliformes fecales (*el valor cero corresponde a la falta de muestra*). Los resultados obtenidos (figura 5) indican que sólo los sitios LT y VU, de muy baja actividad antrópica, poseen niveles de contaminación inferiores a la normativa (con excepciones entre 2007/08). En los sitios Y y A -contrariamente a lo que pasa con la mayoría de los otros parámetros analizados- el índice fue superior, en numerosos muestreos, al del valor máximo permitido. En la zona baja de la cuenca la situación no es mucho mejor: los altos valores registrados en el sitio CA se originan en vuelcos ocasionales de la planta de

tratamiento de efluentes urbanos, situada entre los sitios de muestreo VU y CA, en la margen izquierda del río. El índice ICf disminuye en TB respecto de CA por lo que se infiere que el embalse podría estar funcionando como una laguna de estabilización /oxidación.



Figuras 4 - 5: variación temporal del IDQO e ICf en los distintos sitios de muestreo

5. Conclusiones

En el futuro debe ponerse énfasis en la profundización del estudio de las causas de los elevados índices de sólidos en suspensión (*ISS e ISSC*) y coliformes fecales para poder llevar a cabo en forma racional la aplicación de las necesarias medidas correctoras. En ese sentido sería aconsejable un manejo más racional de la cuenca (menor sobre-pastoreo, corrección de torrentes, etc.). La actual disminución del *IDQO* resulta un aliciente para continuar en la tarea de implementar un manejo operativo racional de los vertidos al cuerpo del río.

El monitoreo y control de los indicadores de calidad del agua en una zona como la del área del estudio constituye una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones de los encargados de la administración del agua. Su continuidad y perfeccionamiento permitirá el mantenimiento de los actuales niveles de calidad del recurso hídrico y será garante de sostenibilidad para el desarrollo armónico del actual modelo agrícola

6. Bibliografía

APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Ediciones Días de Santos, SA. XVII edición.

Chambouleyron J.; Salatino, S.; Drovandi, A.; Filippini, M.; Medina, R.; Zimmermann, M.; Nacif, N.; Dediol, C.; Camargo, A.; Campos, S.; Genovese, D.; Bustos, R.; Marre, M.

y Antonioli, E. (2002). Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluación de impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina. Primera edición. UNCuyo- FONCYT-INA. Mendoza, Argentina

Bermejillo, A. (2010). El aprovechamiento del agua en el cinturón verde de la provincia de Mendoza: análisis de la calidad hídrica e impacto ambiental. Plataforma de información para políticas públicas (PiPP). Disponible en <http://politicaspublicas.uncu.edu.ar/articulos/index/el-aprovechamiento-del-agua-en-el-cinturon-verde-de-la-provincia-de-mendoza-analisis-de-la-calidad-hidrica-e-impacto-ambiental->. Consulta: 4/10/2011

Delgado, C.; Fall, E.; Quentin, M.; Jiménez M. y otros. (2003). Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 20. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua (RIPDA-CYTED) y Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México (CIRA-UAEM). Libro Digital, disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/index.html>. Consulta: 4/10/2011.

Departamento General de Irrigación (DGI) (1996). Reglamento general para el control de contaminación hídrica - Resolución 778. Mendoza, Argentina.

Departamento General de Irrigación (DGI) (2004). Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Tunuyán. Gobierno de Mendoza, DGI, Proyecto PNUD-FAO/ARG/00/08. 119 p.

Morábito, J.; Salatino S.; Medina R.; Zimmermann M.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Genovese, D.; Pizzuolo, P y Mastrantonio, L. (2005) Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNCUIYO. Vol. 37, no. 1, p. 1-23.

Morábito, J.; Salatino, S.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Valdés, A. y Abaurre, V. (2008). Indicadores físico químicos de desempeño ambiental: área regadía del río Mendoza, Argentina (Primera Parte) II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento integral del Agua. Universidad Nacional de Córdoba y Fundación PRODTI. 5 al 7 de Noviembre. Córdoba, Argentina.

Morábito, J.; Salatino, S.; Bermejillo, A.; Filippini, M.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Medina, R.; Genovese, D.; Mastrantonio, L. y Stocco, A. (2011) Contaminación antrópica en el río Tunuyán, Mendoza, Argentina. Tendencias y escenarios futuros. XVI Congreso Nacional de Irrigación “La agricultura de riego ante el cambio climático global”, 6-9 de setiembre, Culiacán, Sinaloa, México.

UNESCO. 2006. 2º Informe de la ONU sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.

08TCAm. DESEMPEÑO DE UN REACTOR DE BARROS ACTIVADOS CON PRECIPITACION SIMULTÁNEA DE FÓSFORO MEDIANTE CLORURO FÉRRICO. EFECTO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR

CARAVELLI A.H.¹, DE GREGORIO C.¹, ZARITZKY N.E.^{1,2}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), CONICET - La Plata, Facultad de Ciencias Exactas - UNLP, 47 y 116 (1900) La Plata, Argentina. ² Facultad de Ingeniería - UNLP, 48 y 115 (1900) La Plata, Argentina.
alejandrocavelli@hotmail.com

Resumen: El empleo de coagulantes metálicos como el cloruro férrico (FeCl_3) es una práctica muy difundida para la remoción de fósforo (P) de aguas residuales. En la precipitación simultánea, las sales metálicas pueden ser aplicadas en el tanque de aireación, empleándose el sedimentador secundario para separar el P precipitado. Diferentes factores afectan las propiedades de sedimentación de los flóculos formados. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del tiempo de residencia celular (TRC) sobre el desempeño de un reactor de barros activados (BA) a escala laboratorio operado con precipitación simultánea de P mediante FeCl_3 . El reactor fue alimentado con un efluente modelo de la industria láctea y operado con una relación molar $\text{Fe:P} = 1.5-1.9:1$. El reactor operado con TRC de 21 días exhibió mejor desempeño respecto a aquel con TRC de 40 días. Un modelo matemático permitió estimar la concentración de sólidos suspendidos fijos del reactor en función del tiempo de aplicación de Fe. Dicho modelo permitiría monitorear sistemas de BA con precipitación simultánea de P.

1. Introducción:

El fósforo (P) presente en aguas residuales causa frecuentemente eutrofización de sistemas acuáticos, por lo tanto su descarga a cuerpos de agua receptores debe ser estrictamente controlada. La precipitación química es una práctica muy utilizada para la remoción de P de aguas de desecho. Los coagulantes pueden ser aplicados durante el tratamiento primario (pre-precipitación), secundario (precipitación simultánea) o terciario (post-precipitación) (Henze et al., 2002). La precipitación simultánea genera costos más bajos debido a que las sales metálicas pueden ser aplicadas en el tanque de aireación, empleándose el sedimentador secundario para separar el P precipitado. La remoción química de P por Fe(III) implica la precipitación de fosfato férrico e hidróxido férrico y posterior separación de partículas Fe-P por sedimentación. La separación de sólidos del agua de desecho tratada es un aspecto importante en la operación de sistemas de barros activados (BA). Diferentes condiciones operativas afectan las propiedades físicas de los flóculos, determinando sus propiedades de sedimentación. En sistemas de BA operados con precipitación simultánea de P mediante coagulantes metálicos, los factores más relevantes a tener en cuenta son: la concentración de cationes y el tiempo de retención de sólidos (TRS) en el sistema. Si bien ha sido muy estudiado el efecto de la concentración de Fe(III) sobre la estructura y tamaño de los flóculos así como sobre las propiedades de sedimentación de los barros y desempeño del sistema de tratamiento, hay escasa información acerca del efecto del TRS sobre la eficiencia de separación sólido – líquido en sistemas de BA con precipitación simultánea de P mediante coagulantes metálicos.

2. Objetivos:

Determinar el efecto del tiempo de residencia celular (TRC = 21 y 40 días) sobre el desempeño de un reactor de BA (escala laboratorio) operado con precipitación simultánea de P mediante cloruro férrico.

3. Materiales y Métodos:

Reactor continuo de BA: El reactor de mezcla completa estaba constituido por un tanque de aireación (2.8 L) y un clarificador (1 L) y fue operado bajo las siguientes condiciones: T = 17-21 °C, concentración de oxígeno disuelto en el tanque de aireación = 2-4 mg/L, tiempo de residencia hidráulico (TRH) del sistema = 63 horas, TRH en el sedimentador = 15 horas. Se empleó un agua residual modelo de la industria láctea: suero de queso 1.5 g/L como DQO; (NH₄)₂SO₄ 0.94 g/L; KH₂PO₄ 0.071 g/L; Na₂HPO₄·7H₂O 0.213 g/L; NaHCO₃ 1.0 g/L; la concentración de fósforo como ortofosfato (PO₄³⁻-P) era 40.0 mgP/L y P total (PT) 45.5 mgP/L. El pH del agua residual fue ajustado a 7.0. El reactor fue inicialmente operado sin adición de FeCl₃ (Período control). Luego se dosificó FeCl₃ en forma continua utilizando una solución stock de FeCl₃·6H₂O dando una relación molar Fe:P = 1.5-1.9:1 (Szabó et al., 2008). El sistema fue operado con dos TRC = 21 y 40 días.

Métodos analíticos: El reactor fue monitoreado mediante los siguientes parámetros: pH, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos fijos (SSF) y sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el tanque de aireación. Los SSF corresponden al contenido inorgánico (mineral) de los barros activados. En el efluente final (efluente secundario) se determinó: DQO, PO₄³⁻-P, PT, Fe total (Fe_T) y Fe total soluble (Fe_{TS}). Para determinar ortofosfato y Fe total soluble se centrifugaron 35 mL del efluente final y se filtró el sobrenadante (0.45 µm). La concentración de ortofosfato fue determinada por espectrofotometría (Método Hach N° 8114). PT fue convertido a ortofosfato por digestión ácida (Método Hach N° 8190) para luego aplicar el método empleado para ortofosfato. Fe_T y Fe_{TS} fueron determinados por espectrofotometría (Método Hach N° 8008). El tamaño de los flóculos fue determinado por análisis de imágenes de preparados microscópicos empleando el software Image-Pro Plus 6.0, siendo cuantificados mediante el parámetro Área (µm²).

4. Resultados y Discusión:

Desempeño del reactor de BA con TRC de 40 días: Durante el período control sin adición de cloruro férrico (0-70 días), la planta exhibió un desempeño mediocre con concentraciones elevadas de PO₄³⁻-P, PT y DQO del efluente final. En el período 50-65 días tuvo lugar un episodio de bulking filamentoso severo, situación que causó pérdida de biomasa del reactor afectando la calidad del efluente final. Posteriormente, se aplicó una dosis Fe:P = 1.5-1.9:1, durante el período 71-184 días, logrando una remoción de ortofosfato > 98.5% luego de 15 días de tratamiento con Fe(III), resultando concentraciones residuales comprendidas entre 0.0 y 0.45 mgP/L (Fig. 1a). El ortofosfato fue removido mediante un proceso de precipitación dando lugar a la formación de complejos de hidroxifosfatos de Fe(III). No obstante, el efluente final presentó niveles elevados de PT, DQO, P_{part} y Fe_{part}. Se requirieron aproximadamente 48 días de tratamiento con Fe(III) para mejorar el funcionamiento de la planta, logrando concentraciones de PT, DQO, P_{part} y Fe_{part} comprendidas entre 0.3 y 3.3 mgP/L, 94 y 180 mgO₂/L, 0.1 y 3.0 mgP/L, 1.0 y 9.2 mgFe/L respectivamente (120-184 días, Fig. 1).

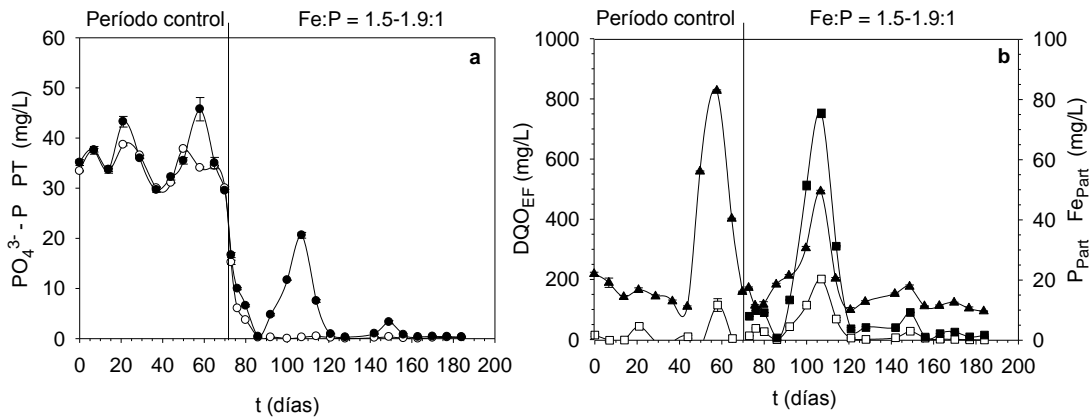


Figura 1: Parámetros químicos en función del tiempo de operación del reactor de BA con TRC de 40 días. a) (○) Ortofosfato ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, mg/L), (●) Fósforo total (PT, mg/L) del efluente final. b) (▲) DQO del efluente final (DQO_{EF} , mg/L); (□) P particulado (P_{Part} , mg/L), (■) Fe particulado (Fe_{Part} , mg/L) del efluente final

Desempeño del Reactor de Barros Activados con TRC de 21 días: Durante el período control sin adición de cloruro férrico (0-220 días) la planta exhibió un desempeño mediocre con concentraciones elevadas de $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, PT y DQO del efluente final. Ocurrieron con frecuencia problemas de bulking filamentoso. La dosis $\text{Fe:P} = 1.5\text{-}1.9\text{:}1$, aplicada durante el período 221-290 días, logró una remoción de ortofosfato $> 98\%$ luego de 20 días de tratamiento, resultando concentraciones residuales comprendidas entre 0.25 y 0.50 mgP/L (Fig. 2). Luego de aproximadamente 21 días, la planta presentó buen desempeño con concentraciones de PT, DQO, P_{Part} y Fe_{Part} comprendidas entre 0.2 y 2.0 mgP/L, 68 y 123 $\text{mgO}_2\text{/L}$, 0.25 y 1.50 mgP/L y 0.75 y 5.0 mgFe/L (242-290 días, Fig. 2).

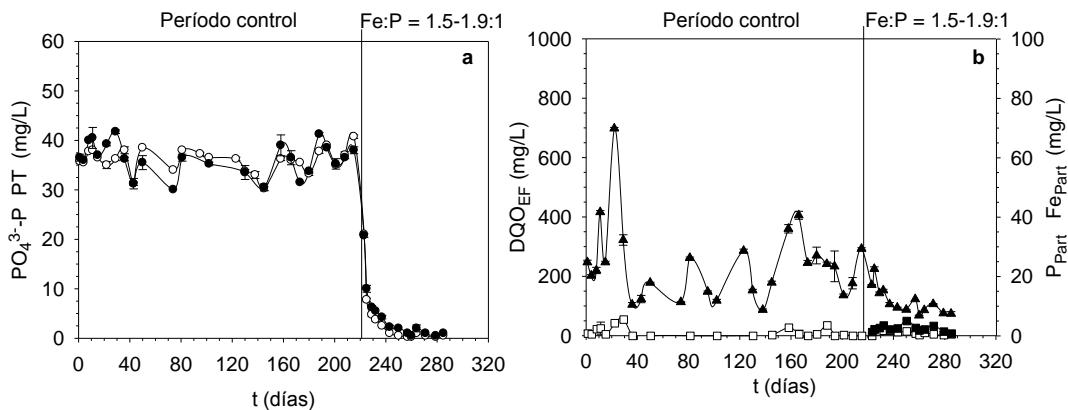


Figura 2: Parámetros químicos en función del tiempo de operación del reactor de BA con TRC de 21 días. a) (○) Ortofosfato ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, mg/L), (●) Fósforo total (PT, mg/L) del efluente final. b) (▲) DQO del efluente final (DQO_{EF} , mg/L); (□) P particulado (P_{Part} , mg/L), (■) Fe particulado (Fe_{Part} , mg/L) del efluente final

El reactor operado con un TRC de 21 días presentó mejor desempeño y logró más rápidamente un funcionamiento estable respecto al sistema con un TRC de 40 días. A fin de poder explicar estos resultados se evaluó el contenido de sólidos suspendidos fijos totales ($\text{SSF}_T = \text{SSF}$ del período control sin adición de $\text{FeCl}_3 + \text{SSF}$ aportados por precipitados de hidroxifosfato férrico) y tamaño de los flóculos de cada sistema.

Concentración de sólidos suspendidos fijos y tamaño de flóculos de cada sistema: La adición de FeCl_3 produjo un aumento de la concentración de SSF_T . Para TRC de 21 días, los SSF_T se incrementaron desde 0.3 g/L hasta alcanzar rápidamente un valor asintótico

(2.3-2.4 g/L), equivalente a una relación $SSF_T:SST$ porcentual de 50-52%, luego de 1.8 TRC con Fe(III). Para TRC de 40 días, la concentración de SSF_T aumentó linealmente durante 105 días de tratamiento con Fe(III) (2.6 TRC), desde 0.2 g/L hasta un valor asintótico 5.6-5.8 g/L (relación $SSF_T:SST = 61-66\%$) (Fig. 3). Los incrementos observados en ambos sistemas fueron significativos después de 5-7 días de iniciado el tratamiento con Fe(III). El incremento de la fracción inorgánica de los barros fue causado por la incorporación de hidroxifosfato férrico en los flóculos microbianos.

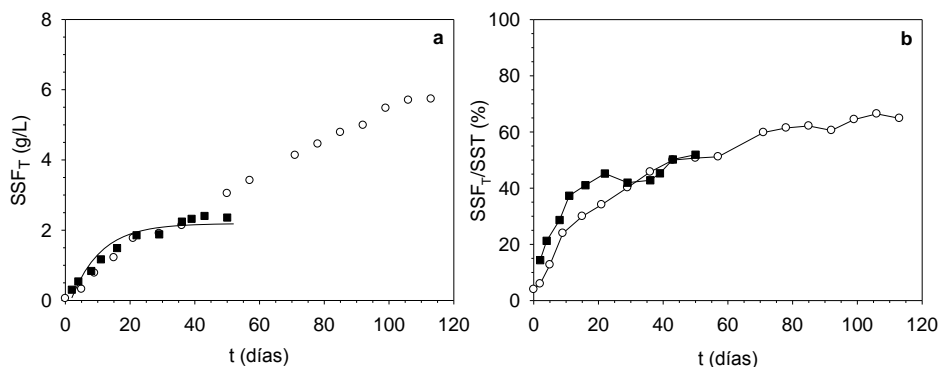


Figura 3. Sólidos suspendidos (SS) del reactor en función del tiempo de tratamiento con Fe(III). a) SS fijos totales (SSF_T , g/L). (—) Curva estimada mediante la Ec. (10). b) Relación porcentual $SSF_T:SST$. TRC = (■) 21 días, (○) 40 días

A priori cabría esperar que un prolongado TRC favorezca la tasa de acumulación de SS; no obstante, para TRC de 40 días la velocidad de acumulación de SSF_T fue más baja respecto al reactor con TRC de 21 días (Fig. 3). Esta situación fue causada por la pérdida de SS conteniendo Fe-P a través del efluente final durante los primeros 40-45 días de tratamiento con Fe(III) (reactor con TRC de 40 días, Fig. 1). Sobre la base de estos resultados, se sugiere que un TRC relativamente bajo (21 días) favorece la agregación de sólidos inertes a la biomasa reduciendo el tiempo de respuesta del sistema al coagulante aplicado. Además debe destacarse que un TRC prolongado ocasionó la acumulación de SST favoreciendo la generación de zonas anaeróbicas en el reactor. Asimismo, estas condiciones de TRC prolongado favorecieron la reducción de Fe(III), presente en los precipitados Fe-P, con el consecuente deterioro de la integridad de los flóculos. El grado de floculación en ambos reactores fue estudiado mediante la determinación del tamaño de los flóculos de BA a través de análisis de imágenes microscópicas. La adición de cloruro férrico causó un cambio gradual de la distribución de tamaños de los flóculos de grandes a pequeños. A lo largo del estudio se observó que el sistema operado con TRC prolongado presentó flóculos de menor tamaño respecto al reactor con TRC de 21 días. En el reactor con TRC de 40 días, luego de 2.8 TRC de tratamiento con Fe(III), el 45% de los flóculos presentó tamaño $< 250 \mu m^2$ (equivalente a un diámetro $< 18 \mu m$ si se asumen flóculos esféricos) y el 95% de los flóculos correspondió a un tamaño $< 1000 \mu m^2$ (diámetro $< 35 \mu m$). En el reactor con TRC de 21 días, para el mismo TRC con Fe(III), el porcentaje de flóculos fue: 22% y 78% respectivamente. Independientemente de las diferencias observadas entre ambos sistemas, el prolongado TRH en el sedimentador (15 hs) atenuó los problemas asociados a las malas propiedades de sedimentación de los microflóculos.

Modelado Matemático: Se propuso un modelo matemático para el reactor que presentó buen funcionamiento a lo largo del estudio experimental (Reactor con TRC de 21 días). La remoción de P implica la incorporación de fosfato en los SST y posterior separación de los mismos (Metcalf y Eddy, 2003). Considerando que el mecanismo de eliminación de

ortofosfato mediante Fe(III) implica la formación de precipitados de hidroxifosfato férrico, la concentración de SSF totales (SSF_T) se puede expresar como:

$$SSF_T = SSF_o + SSF_{Fe-P} \quad (1)$$

SSF_o = SSF iniciales (período control, g/L), SSF_{Fe-P} = SSF aportados por precipitados de hidroxifosfato férrico que forman partículas (flóculos) (g/L).

La concentración de SSF_{Fe-P} puede estimarse a partir del aporte de los iones Fe³⁺, fosfato (PO₄³⁻) e hidróxido (OH¹⁻), utilizando la relación estequiométrica Fe:PO₄:OH del precipitado formado. Dicha relación fue calculada a partir de la relación molar Fe:P = 2.07:1 del precipitado y aplicando la fórmula generalizada para hidroxifosfato férrico Fe_r PO₄ (OH)_{3r-3}. La relación molar obtenida fue Fe_{2.07} PO₄ (OH)_{3.21}, que expresada en base a la masa corresponde a Fe (PO₄)_{0.821} (OH)_{0.472}; por lo tanto la concentración de SSF_{Fe-P} se puede expresar como:

$$SSF_{Fe-P} = Fe_P + 0.821 Fe_P + 0.472 Fe_P \quad (2)$$

Fe_P = Fe particulado (g/L). El término 0.821 Fe_P (g/L) corresponde a la masa provista por el ión fosfato de las partículas de hidroxifosfato férrico; 0.472 Fe_P (g/L) corresponde a la masa provista por el ión hidróxido.

Reordenando la Ec. (2) y combinando con la Ec. (1) resulta la siguiente:

$$SSF_T = SSF_o + 2.29 Fe_P \quad (3)$$

Para el reactor se plantearon los siguientes balances de materia respecto a las concentraciones de Fe total soluble (Fe_{TS}) y Fe particulado (Fe_P):

$$V \frac{dFe_{TS}}{dt} = Q_o Fe_o - k_1 Fe_{TS} V - Q_E Fe_{TS} \quad (4)$$

$$V \frac{dFe_P}{dt} = k' Fe_{TS} V - Q_W Fe_P \quad (5)$$

V = volumen total del sistema (L); Fe_{TS} = concentración de Fe total soluble (g/L); Q_o = caudal influente del reactor (L/día) (caudal de alimentación del agua residual Q_F + caudal de suministro de Fe(III) Q_{Fe}); Fe_o = concentración de Fe del caudal Q_o (g/L); k₁ = constante de precipitación de Fe como complejos coloidales de hidroxifosfato férrico (día⁻¹); Q_E = caudal del efluente secundario o efluente final del sistema (L/día), que es coincidente al caudal influente del reactor ya que el mismo opera en forma continua con volumen constante; Fe_P = concentración de Fe particulado (> 1.5 μm) del sistema (g/L); k' = constante de agregación global de Fe (día⁻¹); Q_W = caudal de purga de los barros (L/día). Las condiciones operativas fueron: Q_o = 1.71 L/día, Q_{Fe} = 0.27 L/día, Q_F = 1.44 L/día, Fe_o = 0.119 g/L, Q_E = 1.71 L/día. Para TRC de 21 días, Q_W fue 0.18 L/día.

El término Q_o Fe_o (g/día) de la Ec. (4) corresponde a la cantidad de ión férrico (soluble) que ingresa al reactor; el término k₁ Fe_{TS} V (g/día) corresponde a la velocidad de formación de precipitados de Fe (complejo de hidroxifosfato férrico). El término Q_E Fe_{TS} (g/día) de la Ec. (4) corresponde a la cantidad de Fe total soluble que escapa del sistema a través del efluente final. El término k' Fe_{TS} V (g/día) de la Ec. (5) corresponde a la velocidad de agregación de Fe que incluye la precipitación de Fe para formar complejos coloidales de hidroxifosfato férrico y su agregación en partículas de mayor tamaño mediante

coagulación/floculación. Los flocúlos químicos que se forman son retenidos por las membranas de fibra de vidrio (1.5 μm) utilizadas para la determinación de SS. Esta fracción se acumula en el sistema por sedimentación en el clarificador. El término $Q_W Fe_P$ (g/día) de la Ec. (5) corresponde a la cantidad de Fe particulado removido del sistema mediante la purga diaria de barros. A fin de simplificar el análisis se despreció el Fe particulado que escapa del sistema a través del efluente final.

En condiciones de estado estacionario, la Ec. (4) da lugar a la siguiente expresión:

$$Q_o Fe_o = k_1 Fe_{TS(E)} V + Q_E Fe_{TS(E)} \quad (6)$$

donde $Fe_{TS(E)}$ = concentración de Fe total soluble en estado estacionario (g/L).

Reordenando la Ec. (6) y considerando que $Q_E = Q_o$ puede estimarse la constante k_1 mediante la siguiente expresión:

$$k_1 = \frac{Q_o (Fe_o - Fe_{TS(E)})}{Fe_{TS(E)} V} \quad (7)$$

A partir de los datos experimentales de Fe_{TS} se calculó un valor promedio que fue utilizado para estimar el valor de la constante k_1 mediante la Ec. (7), resultando 71.59 día^{-1} para el reactor con TRC de 21 días.

Reordenando la Ec. (7), la concentración de Fe total soluble en estado estacionario se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Fe_{TS(E)} = \frac{Q_o Fe_o}{k_1 V + Q_o} \quad (8)$$

Considerando que se alcanzaba rápidamente un estado cuasi-estacionario respecto a la concentración de Fe_{TS} , se combinó la Ec. (5) con la Ec. (8) y se integró, entre $t = 0$ (estado inicial sin Fe(III)) y t (tiempo de exposición a Fe(III)), obteniéndose:

$$Fe_P = \frac{k' Q_o Fe_o V}{Q_W (k_1 V + Q_o)} \left(1 - e^{-2.3 Q_W t / V} \right) \quad (9)$$

Combinando la Ec. (9) con la Ec. (3) y considerando que la concentración de SSF_T se incrementó de manera significativa después de 5-7 días de adición de Fe(III), resulta:

$$SSF_T = SSF_o + 2.29 \frac{k' Q_o Fe_o V}{Q_W (K_1 V + Q_o)} \left(1 - e^{-2.3 Q_W (t-L) / V} \right) \quad (10)$$

siendo L = demora en la respuesta del sistema. El valor de k_1 correspondió al previamente estimado mediante la Ec. (7).

Para el reactor con un TRC de 21 días, la Ec. (10) permitió estimar la concentración de SSF_T en función del tiempo de aplicación de Fe(III), considerando el caudal de purga de los barros y la cantidad de Fe que ingresa al reactor. Esta ecuación fue ajustada satisfactoriamente a los datos experimentales por regresión no lineal (Sigma Plot 10.0). Se determinaron los parámetros: $k' = 53.87 \text{ día}^{-1}$ (D.S = 2.41 día^{-1}) y $L = 3.10 \text{ día}$ (D.S = 0.64 día) (Fig. 3a). Puede observarse que el parámetro k_1 resultó mayor al parámetro k' , debido

a que el primero corresponde a una constante de precipitación de Fe(III) mientras que el último es un coeficiente cinético de agregación de Fe que abarca la reacción de precipitación de Fe(III) así como los procesos más lentos de coagulación/floculación. El modelo propuesto no es aplicable al reactor operado con TRC de 40 días, debido a que en este caso, se produce una pérdida de Fe particulado a través del efluente final, situación que las ecuaciones propuestas no tienen en cuenta.

5. Conclusiones:

El TRC resultó un parámetro importante a tener en cuenta en sistemas de BA con precipitación simultánea de P mediante sales metálicas. El reactor operado con un TRC de 21 días presentó buena floculación generando rápidamente un efluente final de mejor calidad respecto al sistema con un TRC de 40 días. El establecimiento de condiciones desfavorables para el proceso de floculación/coagulación en el reactor operado con TRC de 40 días podría explicar el desempeño mediocre del mismo durante la etapa inicial de tratamiento con FeCl_3 (1.2 TRC). Un modelo matemático representó adecuadamente la cinética de acumulación de SSF del reactor con TRC de 21 días. Se sugiere aplicar el modelo propuesto para monitorear el desempeño del sistema en estudio.

Reconocimientos:

Los autores expresan su agradecimiento por el apoyo financiero al CONICET, a la UNLP y al ANCYPT, ARGENTINA.

6. Bibliografía:

- Henze, M.; Harremoes, P.; Jansen, J.C.; Arvin, E. (2002). *Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes*, third ed. Springer-Verlag Heidelberg, Germany.
- Metcalf, Eddy (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, fourth ed. McGraw-Hill, New York.
- Szabó, A.; Tackács, I.; Murthy, S.; Daigger, G.T.; Licskó, I.; Smith S. (2008). Significance of Design and Operational Variables in Chemical Phosphorus Removal. *Wat. Res.*, 80: 407-416.

09TCAm. EL REUSO DE LEJÍAS: UNA ALTERNATIVA PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN AGUAS RESIDUALES OBTENIDAS EN LA ELABORACIÓN DE ACEITUNAS VERDES

Maldonado M^{1y2}.; Barbero M. A³.; Barbero M. N³.; Callejon D³.; Gatto E³.; Santi A⁴.; Polenta G⁵.; Crespo D⁵.

1 EEA Luján INTA Mendoza. San Martín 3853. Mayord Drumond Mendoza.Tel.fax 0261 4963020

2 CONICET

3 Facultad de Don Bosco. Universidad Católica Argentina.

4 Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

5. INTA Castelar

Correo de contacto: mmaldonado@mendoza.inta.gov.ar.

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el reuso de lejías provenientes de la elaboración de aceitunas verdes de mesa, como alternativa en la disminución de la contaminación de aguas. Se ha realizado un ensayo de diez reúsos con tres repeticiones. Se utilizaron aceitunas de la variedad Arauco, en su estado de óptima madurez, índice 2. Se colocaron aceitunas en bidones aceituneros hasta completar y se rellenó con soda al 2,25% y se desamarizaron las aceitunas durante 8 hs, hasta que la soda penetró $\frac{3}{4}$ de distancia desde la epidermis a carozo. Se filtró la lejía con tela de boile a fin de ocupar la lejía usada en los subsiguientes ensayos. Luego se hicieron 2 lavados con agua estanca de 4 y 12 horas. Después de los lavados, las aceitunas se colocaron en salmuera acidificada al 0,2%₀ de Ácido clorhídrico (HCl) y de Ácido acético para la correspondiente fermentación láctica. El primer desamarizado sin reuso se tomó como testigo. Luego el procedimiento de desamarizado se repitió hasta diez veces. La soda una vez utilizada se filtró por tela de boile y se tituló con HCl 1N para verificar la porción activa de la misma y se completó siempre al 2,25% con NaOH para el próximo desamarizado. Las muestras se congelaron a $-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ hasta su momento de análisis. A las muestras se le realizaron los siguientes análisis: DBO₅, DQO, conductividad, fenoles, sólidos sedimentables. Se siguieron las diez fermentaciones con análisis físico-químico: pH, acidez, cloruros, lejía residual y microbiológico. Del análisis de los datos se concluye que se puede reusar la soda hasta 7 veces sin afectar las características organolépticas de las aceitunas. Los valores de residuos están dentro de los normales. El ensayo a nivel laboratorio puede extenderse a ensayos de fábrica con la consecuente disminución de los volúmenes de efluente vertidos.

Palabras claves: efluentes, lejía, producción de aceitunas.

Abstract: The present work was carried out with the aim to study the potential reuse of residual lyes originated in the production of green table olives, which constitutes an suitable alternative to decrease the water pollution. An experiment was mounted, which included ten reuses, each one with three replicates. Olive fruit used in the assay belong to the variety Arauco, and was harvested at the recommended maturity (index 2). Cans used for the fermentations were filled up to the top twith harvested fruit, and lye was then added for debittering (2,25% NaOH) until the olives were entirely covered. This process took approximately 8 hs for the lye to penetrate $\frac{3}{4}$ of distance from the epidermis to the pit .With the purpose of recycling, the bleach was then filtered with fabric of boile, and stored for subsequent tests. The debittered fruit were washed with water 2 times, for 4 and 12 hours respectively. After the washes, the olives were placed in brine acidified with HCl (0.2%) and acetic acid for the lactic fermentation to proceed. Once used, the lye was

filtered with boile fabric, and the remaining OH concentration determined by titration with ClH 1N. Solid NaOH was then added to the solution to restore the original concentration (2,25 %), before using it in the subsequent debittering process. Samples of the solution were taken throughout the different steps of the process, and frozen at ± 18 °C until analysis. The accomplished analyses included: DBO5, DQO, conductivity, polyphenols, settleable solids. The main physicochemical parameters (pH, acidity, chlorides, residual bleach and microbiological) were also determined at several times during the course of the ten fermentations. Results were highly promising, since it was found that lye could be re-use up to 7 times without affecting the organoleptics characteristics of the product. On the other hand, all parameters determined in the final residual solution was considered as normal, all of them complying with the local regulations. The information obtained in the experiments can be potentially applied at the industrial level, leading to a significant decrease in the volume of effluents generated in the manufacturing of this kind of product.

Keywords: effluent, lye, olive production

1. Introducción

Los cambios en los modelos productivos se generan en parte por un crecimiento y mayor consumo / per capita de la población. La tecnificación del sector agroindustrial y la intensificación de las producciones pecuarias vienen generando nuevas e interesantes oportunidades económicas, pero exponen al entorno a riesgos ambientales de alto impacto, relacionado con los residuos generados durante los procesos productivos. La sociedad exige que se produzcan insumos más seguros y que se protejan a los Recursos Naturales No renovables. Sin embargo, en la Argentina, la temática ambiental y particularmente, la de gestión, tratamiento y transformación de los residuos es un área de vacancia nacional, y con pocos equipos de investigación.

Debido a diversos factores como la contaminación ambiental y el calentamiento global, entre otros, se observa hoy en día una tendencia obligatoria a nivel mundial a que el desarrollo sea no solo sostenible sino también sustentable. El desarrollo sustentable: es aquel que atiende las expectativas y requerimientos de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

El desarrollo sostenible: es aquel que continúa creciendo y proyectándose como ha venido sucediéndose pero con dirección a enfrentar el cambio, el caos y la inestabilidad del presente y del mañana.

El sector olivícola nacional ha crecido y se ha desarrollado en forma constante durante los últimos años, tendencia que puede ser observada a partir de las distintas magnitudes utilizadas para medir su evolución y su competitividad. El aumento de la producción primaria, la mejora de la calidad integral aceitera, el desplazamiento de la frontera cultivada, los mayores ingresos por exportaciones, el incremento en la ocupación y el creciente valor agregado generado, son indicadores que muestran a grandes rasgos la expansión que ha tenido la cadena agroalimentaria olivícola en los oasis irrigados del oeste de la Argentina. Este proceso ocurrió a partir de la reestructuración productiva del sector, la adopción de nuevas tecnologías y el aprovechamiento de las economías de escala. La nueva olivicultura fue inducida por cambios en la dieta de los consumidores y por un escenario comercial internacional favorable a la exportación de alimentos sanos. Por otro lado, se contó con herramientas de promoción fiscal en las principales provincias productoras que facilitaron la implantación de cultivos como el olivo, que tiene un período

relativamente largo antes de entrar en plena producción.

En cuanto a la producción industrial de la aceituna de mesa, desde el desamarizado hasta el envasado, los problemas más importantes son los residuos y vertidos, además del alto consumo de agua que en estos procesos puede alcanzar los dos metros cúbicos por tonelada de aceituna procesada, y dependiendo el tamaño de la fábrica, podría aumentarse la relación del efluente hasta diez veces (Pedro García García, comunicación personal). Los vertidos se caracterizan por su alto contenido en sodio (desamarizado y lavados) y cloruro de sodio. En algunos casos estos desechos son vertidos en lagunas de evaporación, aunque se estudian otras soluciones más convenientes. La mayor parte de las aguas residuales proceden de la limpieza y lavado de las aceitunas, de los envases y de los embalajes.

El grado de contaminación de cada vertido varía de acuerdo con diversos factores como la variedad de aceituna, la concentración de sales empleada, etc.

La determinación de la carga contaminante de cada vertido varía, según la variedad de aceituna utilizada en el proceso productivo, la concentración de sales empleada, la riqueza de la aceitunas, etc., de manera que cada vertido puede ser distinto en la composición de los sólidos disueltos, sólidos en suspensión, y demás elementos contaminantes (Kopsidas, 1994).

Como primera medida de control para reducir el volumen de vertidos (Garrido et al., 1977), se estudió la reutilización de las lejías de cocido. Esta constituye una operación sencilla, ya que requiere pocas instalaciones complementarias, siendo suficiente con una bomba y un depósito auxiliar. Esta modificación resulta muy rentable pues se aprovecha gran parte del hidróxido sódico que se perdería. No obstante los resultados positivos, no se aprovecha como debiera ya que es una alternativa económicamente viable y es de importancia su estudio en variedades locales.

2. Objetivos

Objetivo general

Evaluar la sustentabilidad del reuso de lejías usadas en la elaboración de aceitunas verdes de mesa

Objetivos Específicos

Caracterizar los efluentes provenientes de las distintas etapas de la elaboración de aceitunas de mesa.

Evaluar la *performance* fermentativa de los tratamientos y del testigo (sin reuso de lejía)

3. Metodología

Se utilizaron aceitunas de la variedad Arauco, en su estado de óptima madurez, índice 2 (Fernández,1990). Se clasificaron por tamaño las aceitunas y se midieron características físicas: peso longitud mayor y menor. Se tomó una muestra de aceitunas para analizar composición química (humedad, grasa, proteínas, fibras e hidratos de carbono) Se realizó un reuso por día y cada experimento se realizó por triplicado. Se colocaron aceitunas en bidones aceituneros hasta completarlos y se colocó en ellos soda al 2,25% y se desamarizaron las aceitunas durante 8 hs, hasta que la soda penetró $\frac{3}{4}$ de distancia desde la epidermis a carozo. Luego se hicieron 2 lavados con agua estanca de 4 y 12 horas. Después de los lavados las aceitunas se colocaron en salmuera acidificada al 0,2% de HCl y de Ácido acético para la correspondiente fermentación láctica.

El primer día el desamarizado sin reuso se tomó como testigo. Luego el procedimiento de desamarizado se repitió hasta diez veces. La soda una vez utilizada, se filtró por tela de boile para eliminar impurezas y se tituló con HCl 1N para verificar la porción activa de la misma y se completó siempre al 2,25% con NaOH en perlas p.a. para el próximo desamarizado. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$.

En cada reuso se tomaron muestras para analizar por duplicado a la soda al primer y segundo lavado. Las muestras se congelaron a $\pm 18^{\circ}\text{C}$ hasta su momento de análisis.

En las muestras del efluente se analizó: DBO5, DQO, conductividad, polifenoles totales, solidos sedimentables. Se siguen las diez fermentaciones con análisis fisico-químico: pH, acidez, cloruros, lejía residual y microbiológico (recuento total en agar Plate Count, coliformes en agar EMB y bacterias lácticas en agar MRS) Al presente se siguen tomando datos y se está controlando la *performance* fermentativa de los diez reusos de lejía y el testigo. La ausencia o presencia de amargor y demás características se evaluaron mediante análisis sensorial.

4. Resultados

Los principales resultados correspondientes al promedio de las repeticiones de cada tratamiento se muestran en los siguientes gráficos.

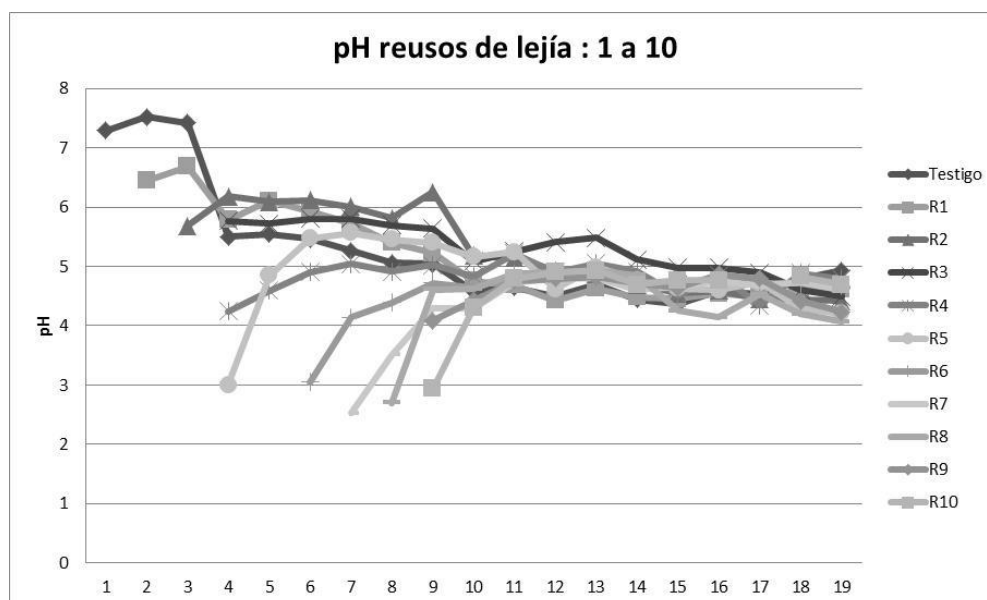


Figura 1: Evolución del pH de los distintos tratamientos

En la figura 1 se puede observar que todos los tratamientos llegan al pH deseable de aceitunas en conserva (pH:4,5) según Código Alimentario Argentino (CAA).

Al ser salmuera acidificada, los valores de acidez en el testigo difiere de los tratamientos con reuso, en el sentido que a mayor número de reuso, la carga de soda activa que queda en los tratamientos es menor. Este valor también se reflejó en los datos de acidez y de lejía residual. (Datos no mostrados). Ninguno de los valores de lejía residual fue mayor a 1N.

La acidez fue alcanzada principalmente como consecuencia de la actividad de una flora mixta láctica con predominio de levaduras, las cuales son aparentemente más tolerantes a la presencia de polifenoles remanentes que quedaron en la salmuera.

Los valores de DBO5 y de DQO fueron los normales, siendo semejantes a los citados en la

bibliografía, al igual que la conductividad. No obstante, se observa una tendencia marcada de aumentó a medida que aumenta el número de reúsos, salvo en algunas excepciones como Reúso R5 donde por tener que sustituir con mayor cantidad de soda se vio disminuído el valor de DBO5 al igual que del reúso R8 al R10. También este valor podría estar más relacionado con la cantidad de materia orgánica entre ellos polifenoles de cada partida de aceitunas o del nivel de extracción de los mismos por parte de la soda, teniendo en cuenta que cada reúso se hizo en un día diferente y que se titulaba la soda remanente, la cual a su vez se iba saturando de polifenoles.

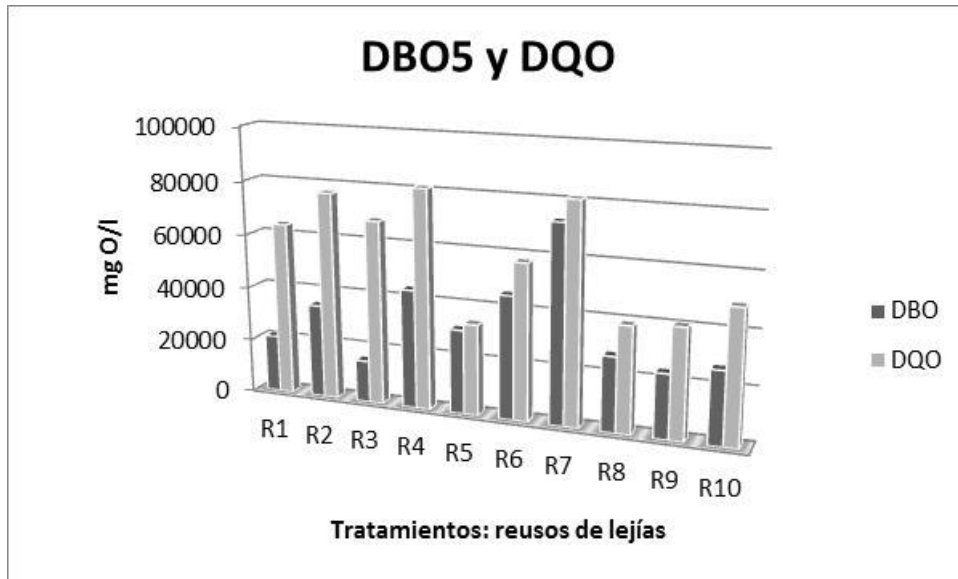


Figura 2: Valores de DBO y DQO de los reusos de lejía.

Por otro lado los elevados valores de conductividad eléctrica variaron entre 25.000 a 30.000 mS/cm, están relacionados con la carga de materia inorgánica presente en el efluente, la cual es muy elevada para ser evacuada sin tratamiento previo al cauce público, lo cual genera no sólo contaminación de aguas y napas freáticas, sino de suelos. También estos efluentes presentaron elevados contenidos de sólidos sedimentables, por lo cual los depósitos tronco cónicos son más adaptables al manejo de este tipo de efluentes.

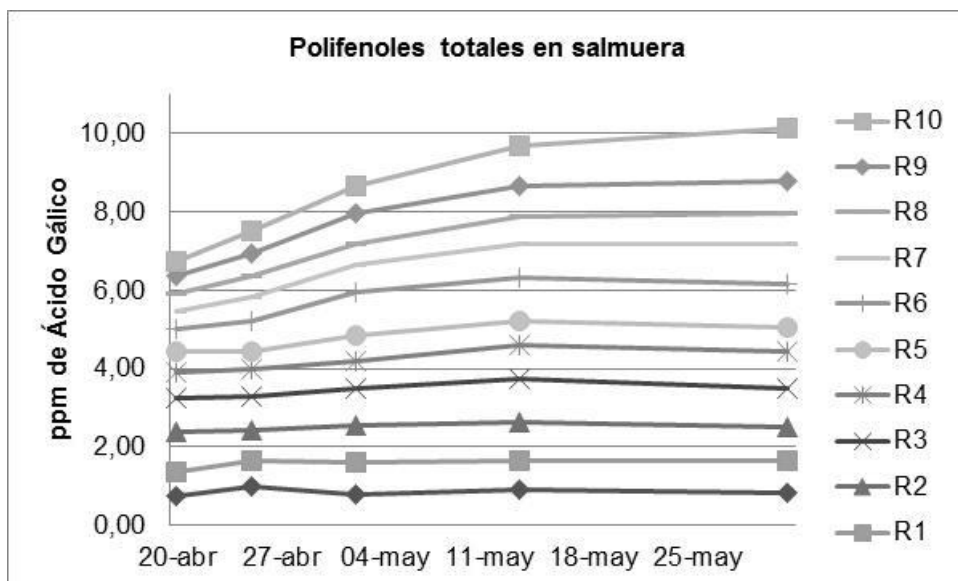


Figura 3: Salida de polifenoles en la salmuera de fermentación

Se puede observar en la figura 3 que a mayor número de reusos, mayor es la difusión de polifenoles remanentes de la aceituna a la salmuera. Éstos a su vez influyen en la fermentación modificando el equilibrio microbiano, haciendo que probablemente sobrevivan los microorganismos más adaptados.

Análisis:

Si se calcula que en cada sodado, se usa aproximadamente una parte de líquido de cobertura por cada parte de aceitunas, y a esto le aplicamos un factor debido al número de reuso se puede hacer el cálculo del volumen de efluente ahorrado

Donde V_{soda} : volumen de soda usado

n = número de repetición

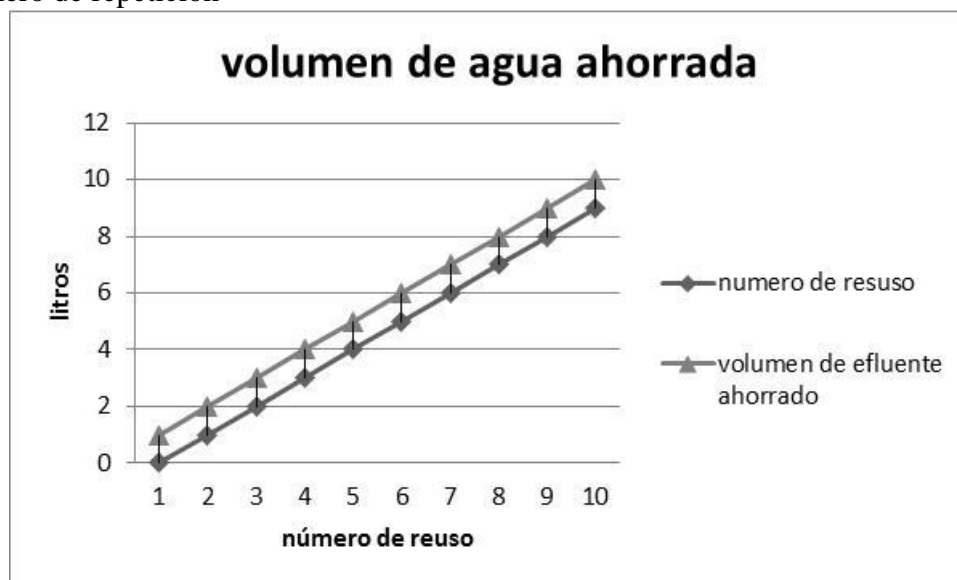


Figura 4. Volumen de agua ahorrada en función del número de reusos.

Observando la gráfica, se puede estimar el ahorro de agua por volumen reusado. Si se ahorra un volumen de líquido por cada reuso, por ejemplo, si consideramos las toneladas exportadas en el 2007 (90.554 toneladas), esto significaría un total de 90.554.000 litros que se transforman en efluentes contaminantes, y que se podría ahorrar, en el menor de los casos, aún sin tener en cuenta el resto de los volúmenes usados en las demás etapas y considerando que la fábrica sea eficiente.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta que la el amargor desapareció en los primeros 7 reusos y que la *performance* fermentativa permitió la consecución de un pH adecuado, se puede sugerir el reuso de lejías como una alternativa viable, siempre y cuando se tengan en cuenta que se trata de una solución que genera espumas y requiere instalaciones adecuadas. De hecho algunas empresas amigables con el medio ambiente usan esta alternativa que produce menor impacto ambiental, menor inversión en lagunas de evaporación y menor costo de industrialización y la optimización del proceso al permitir el reuso de la soda que generalmente se vuelca al cauce público.

En la actualidad hay muchas investigaciones realizadas con tecnología avanzada y costosa al momento de operar industrialmente: ósmosis inversa, filtración y decantación con lodos activados, tratamientos de oxidación, ozonización, y finalmente tratamiento aeróbico y anaeróbico, etc.

La alternativa de reuso aparentemente sencilla debería ser una opción previa a los distintos tratamientos que se puedan luego elegir para reciclar o degradar el efluente final de manera de disminuir el impacto ambiental con distintos tratamientos posteriores. La calidad del efluente es la de un efluente altamente contaminado que se podría disminuir con digestión aerobia.

6. Bibliografía consultada

Panizza M y Giacomo C. 2006. Olive mil wastewater treatment by anodic oxidation with parallel electrodes. *Water research.* 40: 1179-1184

Al Malah, K.; Azzam M.; Abu-Lail N. 2000. Olives mills effluent waste water post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology.*20: 225-234

Lucas M; Perez J. 2009. Removal of COD from olives mills wastewater by Fenton's reagent. Kinetic study. *Journal of Hazardous Materials.*

Brenes M. ,Garrido A., Gracia P. 1992. The recycling of table olive brine using ultrafiltration and activated carbon adsorption. *Journal of Food. Engineering.*17. (4) 291-305.

Garrido Fernández A. 1979. Regeneración de salmueras de aceitunas verdes de tipo español mediante la adsorción de carbón activado. *Grasas y aceites.* 30(1) 5-10.

Garrido Fernández A.; Cordon Casanueva, J.L.; Rejano Navarro L.;Gonzalez Cancho, F. y Sanchez Roldán F. 1979. Elaboración de aceitunas verdes.

10TCAm. REDUCCIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN DE UNA CALERA

FERNÁNDEZ N. S.*, SOSA G. G.*, NOLASCO S. M.*, RICCOBENE I. C.*

*** Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av. del Valle 5737, Tel.+54-02284 451055. B7400JWI-Olavarría, Buenos Aires, Argentina.
iriccobe@fio.unicen.edu.ar**

Resumen: En el marco de las actividades de vinculación y transferencia con el medio productivo que se llevan a cabo en la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, y como una forma de poner a disposición del medio los resultados de las investigaciones, se desarrolló para una Calera del Partido de Olavarría, a partir del estudio de cinco de estas plantas inciertas en la zona, un sistema que permite reducir las emisiones contaminantes de los gases de combustión. Para esto se seleccionó un sistema de depuración por vía seca, diseñándose un reactor de lecho fluidizado de 7,5 m de alto y 3,5 m de diámetro para llevar la concentración de SO₂ a valores admisibles; un filtro de mangas para retener el material particulado y un aerofriador como pretratamiento de los gases antes de ingresar al filtro. El aerofriador considerado adecuado tiene un arreglo triangular de 571 tubos aleteados de 5 m de longitud cada uno, dos ventiladores de 5 HP cada uno para tratar un caudal de 40 m³/s; con esto es posible utilizar un filtro de 606 mangas estándar, de 4,5 m de longitud y 130 mm de diámetro para una temperatura de 60°C. El desarrollo de este estudio ha permitido, para una planta que reducía su producción con el fin de minimizar la contaminación, desarrollar una tecnología que disminuya la emisión de gases contaminantes a la atmósfera posibilitando la utilización de su máxima capacidad instalada.

1. Introducción

El Partido de Olavarría, ubicado en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina, es un gran centro minero y uno de los más importantes del país, siendo el mayor productor de cemento a nivel nacional (60%) y con una importante producción de cal, distribuida entre grandes, pequeñas y medianas empresas, estando concentrado el 40% de la producción de cal hidratada en las Pymes, las cuales presentan sistemas de combustión que son un problema no resuelto, y esto se puede observar a simple vista a través de las emanaciones gaseosas de las chimeneas de sus hornos. Durante el año 2010 se sucedieron en la escena política local importantes movilizaciones de los vecinos autoconvocados, de zonas aledañas a las caleras, donde expusieron su malestar por las “emisiones de humo con partículas que desprendían un fuerte olor a azufre” y que juzgaban como “nocivas para la salud”.

Caleros de la zona, el Municipio y la Facultad de Ingeniería confluyeron en un proyecto con el fin de realizar un estudio que permitiera proponer alternativas de solución a las emanaciones contaminantes.

El presente trabajo presenta resultados de dicho proyecto, el cual tuvo una etapa de investigación, y una etapa de desarrollo y diseño que se avanzó de acuerdo a lo planificado y concluyó exitosamente.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo fue minimizar el impacto ambiental de una calera del Partido de Olavarría. Se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar la calidad del aire atmosférico a partir de las emisiones de las chimeneas de cinco caleras del Partido de Olavarría y determinar si las emisiones de gases contaminantes, de la Calera en estudio, se halla dentro de los límites de calidad admitidos por la reglamentación vigente.
- ✓ En función de los resultados obtenidos, diseñar un sistema que reduzca la concentración de dióxido de azufre (SO₂) y material particulado de los gases de chimenea de la calera hasta valores admitidos por la reglamentación vigente, en el contexto de emplazamiento; evaluándose su factibilidad técnica, económica y financiera.

3. Metodología de trabajo

Se trabajó sobre cinco Caleras del Partido de Olavarría identificadas en la **Figura 1** con las letras A a E, dos de ellas que tienen dos platas.

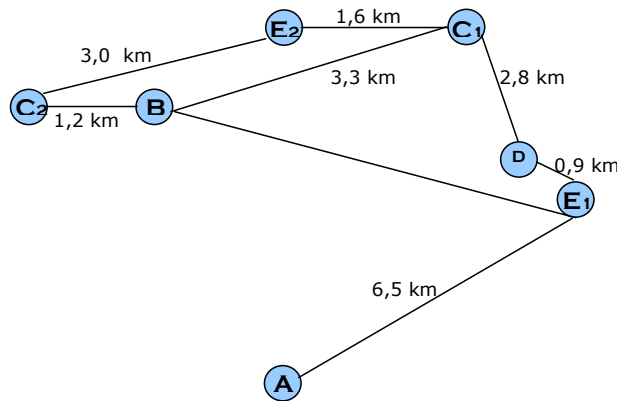


Figura 1. Distribución espacial de las caleras

Las fuentes de emisión de gases de las caleras evaluadas eran de dos tipos, con chimeneas y sin chimeneas (**Figura 2**).



a) Emisión de gases por chimenea (Planta B)



b) Emisión de gases sin chimenea

Figura 2. Sistema de emisión de gases de las plantas evaluadas

El carbón utilizado mayoritariamente como combustible en las caleras evaluadas proviene del yacimiento Río Turbio, el cual es del tipo sub-bituminoso de bajo rango con un poder calorífico de aproximadamente 5.800 kcal/kg cuando se lo depura (Castro, 2004).

La normativa técnica de la Provincia de Buenos Aires, aplicable en la evaluación de la calidad del aire en la zona de influencia de las caleras en estudio, comprende la Ley N°5965/58 “de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de

agua y a la atmósfera” y Decreto 3395/96 Reglamentación de efluentes gaseosos; Resolución 242/97 Declaración Jurada de Efluentes Gaseosos, Ley 11459/93 Radiación y habilitación de industrias y Decreto Reglamentario 1741/96. En la aplicación del Decreto N°3395/96 se consideró la etapa de Sondeo Simple, con la interacción entre fuentes de emisión.

Se efectuaron mediciones (cada una hora, día completo) en los hornos de cada calera con el objeto de determinar el contenido de partículas, humedad y gases de la emisión gaseosa del mismo. Los parámetros evaluados fueron: Material particulado total (Muestreo a Caudal Constante, Gravimetría); Oxígeno (EPA CTM 022/030); Dióxido de Carbono (EPA CTM 022/030); Monóxido de Carbono (EPA CTM 022/030); Dióxido de Azufre (EPA CTM 022/030); Alquitranses (ASTM D 3886/7); Humedad (EPA 4/ Gravimetría); Velocidad de salida de gases (EPA 2); Temperatura de salida de gases (EPA 2); Caudal en condiciones normales. Temperatura del aire ambiente promedio $T_a = 293$ K y la velocidad del viento $u = 1-2-3-5-10$ m/s.

El diseño de las operaciones unitarias para minimizar emanaciones contaminantes se realizó sobre la Calera identificada con la letra B. Se evaluaron las técnicas de depuración en seco y por vía húmeda para la reducción de SO_2 (Cembureau, 1999; Pisani y Moraes, 1999), considerándose adecuadas las técnicas de depuración por vía seca. La disminución de la concentración de dióxido de azufre se realiza en un reactor de lecho fluidizado, por sorción con reacción química del SO_2 con cal hidratada a $110^\circ C$ (Conesa Ferrer, 2011; Krammer, 1997). En el diseño del reactor se consideró el modelo de tres fases de Kunii y Levenspiel (1991); las constantes de velocidad de reacción adoptadas son las establecidas por Mohanty et al. (2009), en un rango de $70-110^\circ C$. Se diseñó un sistema para la reducción de material particulado, empleando un fitro de mangas (Perry y Chilton, 1991) con un preacondicionamiento del aire (aeroenfriador, Cao, 2006).

4. Resultados y discusión

4.1. Evaluación de la calidad del aire atmosférico

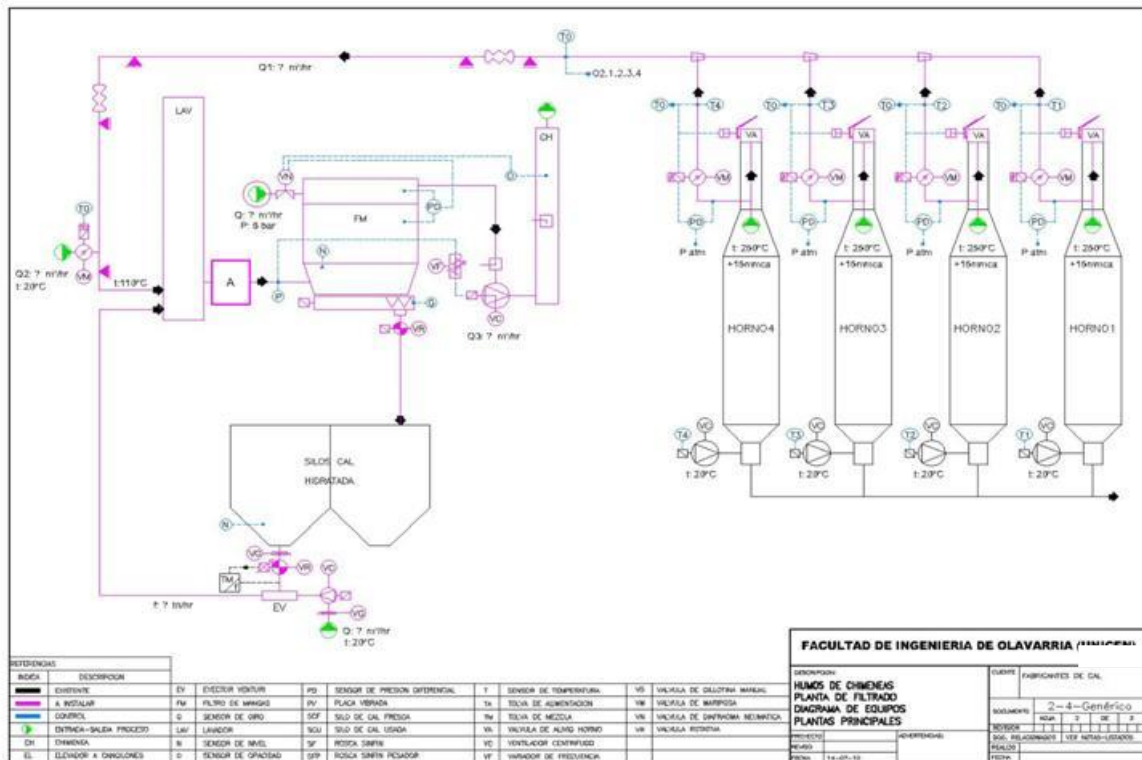
El carbón utilizado para la combustión en las caleras estudiadas del Partido de Olavarría, tiene en promedio, 13,50% de humedad, 0,65% de azufre en base seca y 20,88% de cenizas a $1000^\circ C$ en base húmeda; de cuya combustión se obtienen una serie de compuestos volátiles entre los que se destacan material particulado (MP), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Para el conjunto de las caleras evaluadas, las concentraciones medias horarias para distintos tiempos, para el monóxido de carbono, indican un rango de $60,37 \text{ mg/m}^3 < CO < 748,42 \text{ mg/m}^3$, valores que están entre el 50 y el 1.770% por encima del valor límite establecido por la normativa, evidenciando una clara afección al ambiente, en todos los casos. Para el dióxido de azufre la concentración media horaria máxima se halla en el rango de $0,1 \text{ mg/m}^3 < SO_2 < 0,54 \text{ mg/m}^3$, estando la mayoría de las caleras por encima de los $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ que es el valor límite. En el caso del material particulado, se hallaron valores en un rango de $0,01 \text{ mg/m}^3 < MP < 0,51 \text{ mg/m}^3$, registrándose valores por encima del límite de permitido.

Los datos obtenidos para las emisiones de dióxido de azufre, aplicando el modelo de difusión bigaussiano, presentan un comportamiento dispar entre caleras, pasadas hora y media, dos de las plantas se alejan de los estándares admisibles y a medida que nos acercamos a las 24 horas, una tercera planta se establece coincidente con los valores límite. En el caso del material particulado emanado de las chimeneas los resultados obtenidos evidencian que existe una clara incidencia de las emanaciones gaseosas provenientes de la combustión del horno de las caleras y del efecto de la pluma generada sobre el aire atmosférico. Estos resultados muestran la necesidad de diseñar e implementar sistemas que reduzcan la concentración de SO_2 y material particulado. Se seleccionó para trabajar una

de las caleras cuyos índices de emisiones superan significativamente los valores admisibles para estos dos componentes.

4.2. Diseño del sistema de reducción de SO₂

A partir del análisis integral realizado se consideró más adecuada la técnica de depuración por vía seca en comparación con la vía húmeda, en virtud de la simplicidad operativa, del menor tamaño de los equipos y material de construcción más económico, y de la producción de residuos secos reutilizables sin tratamiento previo. En la Figuras 3 se presenta el esquema del proceso para la calera, la cual posee cuatro hornos.



Figuras 3. Esquema genérico del proceso

Puede observarse que se colectan los gases provenientes de los hornos, se los diluye con aire fresco para bajar la temperatura de 250°C a 110°C y se los ingresa por la parte inferior del reactor (24 m/s) donde se ponen en contacto con la cal hidratada generándose el lecho fluidizado. La cal hidratada utilizada posee un diámetro de partícula de 4,26E-04 m, su densidad es de 2,04 kg/m³, el área específica es de 15 m²/g, su velocidad mínima de fluidización es de 0,112 m/s.

En estas condiciones, las dimensiones del reactor de lecho fluidizado necesario para reducir la concentración de SO₂ a valores admisibles según reglamentación, resultaron de 7,5 m de altura y 3,5 m diámetro.

4.3. Diseño del sistema de reducción de material particulado

El flujo de gas proveniente del reactor (120.900 kg/h) se enfría desde 110°C hasta 60°C (máxima temperatura admisible para uso de sacos estándar en filtro de mangas) mediante un aroenfrizador. Teniendo en cuenta datos de estudios meteorológicos de la zona se estimó una temperatura media anual del ambiente de 20°C. Se selecciona un aroenfrizador de tubos con aletas transversales. El aroenfrizador está formado por 571 tubos de 5 metros de longitud y 25,4 milímetros de diámetro exterior, las aletas son de aluminio de 15,875 milímetros de altura, de 0,381 milímetros de espesor y tiene 394 aletas

por metro; se disponen en arreglo triangular con 60° con un Pitch de 60,325 mm. Los dos ventiladores poseen una potencia de 5 HP y un caudal volumétrico de 40, 22 m³/s. Es importante destacar que el aerofriador diseñado verifica tanto la caída de presión máxima aceptada como los requerimientos de potencia recomendados.

Los gases que salen del aerofriador se depuran del material particulado empleando un filtro de mangas. Los filtros de mangas constan de una serie de bolsas con forma de mangas, normalmente de fibra sintética o natural (**Figura 4**), colocadas en unos soportes para darles consistencia y encerrados en una carcasa de forma y dimensiones muy similares a las de una casa. El gas sucio, al entrar al equipo, fluye por el espacio que está debajo de la placa a la que se encuentran sujetas las mangas y hacia arriba para introducirse en las ellas. A continuación el gas fluye hacia afuera de las mangas dejando atrás los sólidos. El gas limpio fluye por el espacio exterior de los sacos y se lleva por una serie de conductos hacia la chimenea de escape.

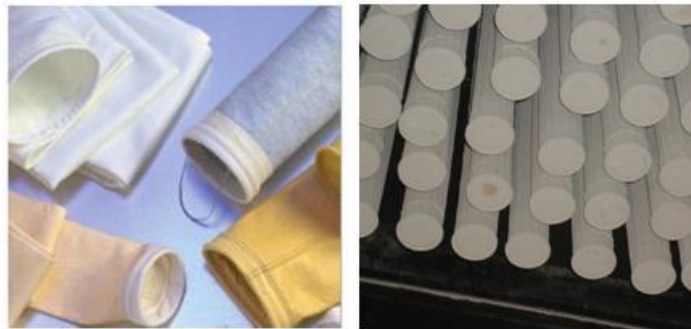


Figura 4. Mangas para filtros

El filtro de mangas diseñado es del tipo estándar de cámaras sucia y limpia en formato rectangular o cuadrada con tolva y descarga a celdas estanca, de acero al carbono SA 1010, con sistema de limpieza del tipo pulse-jet con válvulas de alto caudal, un sistema de anclaje de mangas del tipo snap-band con Venturi. Los canastos son de acero al carbono galvanizado. El equipo requiere de 606 mangas estándar de 4,5 metros de longitud y 130 mm de diámetro para una temperatura de 60°C.

Complementariamente al diseño de los equipos principales se calcularon los sistemas de cañerías, transporte e instrumentos necesarios.

4.4. Análisis económico-financiero

En el modelado del análisis económico-financiero presentado se consideró una producción media diaria de 150 toneladas de cal hidratada, asumiendo la utilización plena de la capacidad instalada. Por otra parte, fueron tomados 24 días del mes como días laborales. El precio de venta de la bolsa de cal hidrata de 20 kg, informado por la empresa en estudio, es de \$7,00; de igual forma el equipo de gestión de la empresa suministro todos los datos necesarios para efectuar este estudio. Para el apoyo financiero se consideraron dos fuentes de financiación, un crédito bancario y a capital propio.

A partir de los resultados obtenidos es posible afirmar que la implementación del sistema de reducción de SO₂ y material particulado es factible técnica y económica-financieramente. La factibilidad técnica está en función del incremento de la producción como consecuencia del montaje del diseño presentado. El proyecto es factible económicamente, debido a que la inversión inicial total es justificada por la ganancia que se generará en los años siguientes. La factibilidad financiera se sintetiza numéricamente a partir de los valores alentadores obtenidos para el periodo de recuero, el VAN Y la TIRM.

5. Conclusiones y proyección

La ingeniería reconoce que no es posible dibujar un horizonte razonablemente ecológico a espaldas de la industria y además que “el medio ambiente” se está convirtiendo en una fuente de ventajas competitivas. Fue posible caracterizar la calidad del aire atmosférico en la zona de influencia de la calera a partir de las emisiones de las chimeneas, estableciéndose que la calidad del aire ambiente no se halla dentro de los límites de calidad admitidos por la reglamentación vigente, razón por la cual se diseñó un sistema (vía seca) que reduzca la concentración de dióxido de azufre y material particulado de los gases de chimenea hasta valores admisibles por la reglamentación vigente. Efectuado el estudio de factibilidad económico-financiera para la implementación del sistema de reducción de SO₂ y material particulado de los gases de chimenea de la calera, a partir de la información que brindara el equipo de gestión de la empresa y a pesar que sería necesario solicitar un apoyo financiero, se puede concluir que estarían dadas las condiciones para que la empresa efectúe la inversión. En síntesis, el desarrollo del presente proyecto ha permitido demostrar que es posible desarrollar una tecnología que permita disminuir, a valores admisibles, la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, sin necesidad de disminuir la producción, pensando en un lugar mejor y un medio sin tantos perjuicios para las futuras generaciones. La práctica productiva sostenible, sólo es posible con el esfuerzo conjunto de los industriales, investigadores, instituciones públicas y autoridades. La iniciativa adoptada por las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de cal en el Partido de Olavarría, es un progreso en el tratamiento de estos espinosos asuntos medioambientales.

6. Bibliografía

- Cao, E. (2006). Transferencia de calor en ingeniería de procesos. 2da Ed. Nueva Librería. Argentina.
- Castro, F. (2004). Carbón de Río Turbio: Análisis realizado en U.S. Geological - Survey, Denver, Colorado. Word Coal Quality Inventory. E. Brooks and Jason C. Willett.
- Cembureau (1999). Best Available Techniques for the Cement Industry, Ed. Cembureau, 233 pág. Brussels.
- Conesa Ferrer, J. (2011). Reactores de Lecho Fluidizado. Ed. Universal de Alicante.
- Decreto 1741/96: Reglamentario de la Ley 11.459/93.
- Decreto 3395/96: Reglamentación de efluentes gaseosos de la Ley 5965/58.
- Environmental Protection Agency, EPA CTM 022/030; EPA 2; EPA 4.
- Krammer, G; Brunner, Ch; Khinast, J; Staudinger, G. (1997). Reaction of Ca(OH)₂ at low temperature. Ind. Eng. Chem. Res., 36,1410-1418.
- Kunii, D; Levespiel, O. (1991). Fluidization Engineering. Wiley, 2da Edn. Butterworth-Heinemann, Boston, MA, U.S.A.
- Ley N°5965/58 “de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera”.
- Ley 11459/93: Radiación y habilitación de industrias.
- Mohanty, C.R.; Malavia, G; Meikap, B.C. (2009). Development of a Countercurrent Multistage Fluidized-Bed Reactor and Mathematical Modeling for prediction of Removal Efficiency of Sulfur Dioxide from a Flue Gases. Ing. Eng. Chem. Res. 48, 1629-1637.
- Perry, R.H.; Chilton H.C. (1991). Manual del Ingeniero Químico. McGraw-Hill. Nueva York. Sección 7.
- Pisani, R; Moraes, D. (1999). Técnicas para la desulfuración de gases. Información tecnológica, vol. 10, No 1, pp 209-215.
- Resolución 242/97: Declaración Jurada de Efluentes Gaseosos.

11TCAm. INDICES Y MAPAS AMBIENTALES

Autores: Najar L. E.; Zenobi G.; Prósperi S. B.; Ferraro, L. ; Martinez R.; Miguelo, T.; De Ondarra, J.; Bonino A.

Correo electrónico: lnajar@infovia.com.ar

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo

Resumen: En el departamento de San Rafael se advierte un nivel de crecimiento económico en actividades tradicionales como la agricultura e industrialización de productos que de ella deriven, como así también en otros aspectos como los turísticos y nuevas industrias.

Se cuenta con estudios sobre el ordenamiento territorial que se han vinculado con estrategias de planificación para desarrollo, participando en comisiones municipales y de orden provincial, realizando aportes.

De estudios ambientales realizados en la región en esta línea de investigación, se han recopilado datos de recursos bióticos y abióticos que definen la línea de base, caracterizando factores relevantes (agua, suelo, flora y fauna) ambientales del Departamento.

En el presente trabajo de investigación se ha elaborado un marco teórico definiendo indicadores e índices de sensibilidad ambiental; se han tenido en cuenta para la definición y aplicación de ellos, aspectos geomorfológicos, suelo, aire y su relación con el agua y en particular las áreas irrigadas y áreas cultivadas de esta región, sus usos específicos; siendo éste último recurso muy importante por tratarse de un oasis con actividades propias. También se hace mención al aspecto socioeconómico de departamento.

Respecto del recurso agua, se realiza es estudio teniendo en cuenta las áreas de cultivo, se describen las cuencas de los ríos Diamante y Atuel, los dos ríos principales que atraviesan el departamento, con sus redes de riego, así como los procesos erosivos y desertificación que afectan al Departamento.

Finalmente con datos de campo y bibliográficos se han definido índices y mapas ambientales que representan las características de los diferentes entornos.

1. Introducción

En San Rafael se ha definido la línea de base y se cuenta con el aporte del conocimiento interdisciplinario que describen los entornos. Se han elaborado herramientas que establecen medidas de prevención y control en el uso de los recursos como son los índices de sensibilidad ambiental; se han planteado cálculos de índices para entornos específicos del Departamento.

En la confección de los mapas con los indicadores ambientales calculados tienen una relevancia significativa.

Existiendo una amplia variedad, los podemos clasificar en: indicadores simples y sintéticos. Juegan un papel importante porque ayudan a construir percepción pública de problemas complejos. El concepto de índice, que se define como la expresión numérica, de carácter adimensional, obtenida de la fusión de varios indicadores ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos.

2. Objetivos

- Definir indicadores ambientales que contemplen la caracterización física y las actividades socioeconómicas de la región.

- Establecer caracterizaciones de factores ambientales en los entornos definidos con calidades homogéneas.
- Interactuar con Instituciones a comisiones específicas en el orden departamental y provincial (Comisiones de legislación, obras públicas, medio ambiente y desarrollo de los poderes legislativos y ejecutivos) a fin de dar a conocer esta herramienta para ser usada en planificación.

3. Metodología

Relevar actividades socioeconómicas del Departamento que permitan definir Indicadores ambientales específicos

Relevar y caracterizar unidades de paisaje y evaluar los efectos antrópicos con Indicadores específicos.

Se recorrerán los distintos entornos de unidades homogéneas y se realizará un Registro fotográfico ordenado y específico.

Participar con Instrucciones en la definición de estrategias de desarrollo, participando directa e indirectamente (con documentos) en Comisiones de legislación, obras públicas, medio ambiente y desarrollo de los poderes legislativos y ejecutivos.

4. Resultados

El presente trabajo se estableció bajo el concepto de índice que se define como la expresión numérica, de carácter adimensional, obtenida de la fusión de varios indicadores ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos. Un indicador no es más que una estadística que nos ofrece información más allá del dato mismo. Se convierte pues en una variable que "indica" determinada información sobre una realidad que no se conoce de forma completa o directa: el nivel de desarrollo, el bienestar, etc.

Se ha considerado a los Mapas ambientales como una herramienta, siendo esta, la representación de los puntos de muestreo que junto a la visualización de imágenes satelitales, en las que se pueden distinguir casas, calles, espacios verdes y su estado de conservación, fenómenos de erosión, vertidos tóxicos, variaciones en un curso de agua, entre otros innumerables aspectos, nos permiten una mejor interpretación de los monitoreos realizados y dan sustento sólido a las bases necesarias para la planificación y gestión de los recursos.

El mapa de sensibilidad ambiental generados en una primera instancia, producto de la caracterización, sirvieron de base para dar condicionantes de localización para la infraestructura de proyectos, sobre la base de la identificación de los elementos críticos o de alta sensibilidad presentes. Se indicaron como de sensibilidad alta aquellos elementos cuya respuesta a la intervención pudiera significar cambios substanciales en el funcionamiento de los sistemas presentes, ya sea por la afectación directa de algún componente o componentes del sistema o sistemas, o por alteración de procesos. Se indicaron de sensibilidad media a aquellos elementos cuyas respuestas a la intervención impliquen también cambios en el funcionamiento del sistema, si bien estos cambios podían ser no son tan marcados y podían ser mitigados incorporando las medidas pertinentes. Por último se le asignó sensibilidad baja a los elementos con respuestas "leves o bajas".

Para una mejor interpretación de los resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos, se acompaña esta información con la observación de una imagen satelital (Fig N° 3), que vincula aspectos que nos interesan con: hidrología, geografía, topografía, flora, asentamientos poblacionales e industriales, entre otros aspectos.

Las cuencas de los ríos Atuel y Diamante en conjunto, son las terceras en la generación de valor agregado económico en la provincia (9,1% en el año 2001, a valor corrientes del mismo año). Son las de menor Producto Geográfico Bruto (PGB) per cápita de la provincia; entendiéndose por tal al valor que mide la producción a precios de mercado de la generación de bienes y servicios finales, atribuible a factores de producción físicamente ubicados en una región.

El departamento que más contribuye al PGB de la cuenca es San Rafael, con más del 80%; mientras que General Alvear lo hace con algo menos del 20%. El sector más importante, en cuanto a su contribución al PGB en el año 2001, es el financiero. Este dato se ve potenciado por las denominadas “inversiones especulativas inmobiliarias”, que se producen en la época estudiada (2001). Le siguen en importancia Servicios Sociales, Comunales y Personales y luego otros sectores.

Respecto del recurso agua, sobre todo teniendo en cuenta las áreas de cultivo, se describen las cuencas de los ríos Diamante y Atuel, los dos ríos principales que atraviesan el departamento, con sus redes primarias y secundarias de riego, como así también el aumento de caudal.

El mapa de sensibilidad ambiental confeccionado en el presente trabajo es el que surge a partir de considerar los resultados de los análisis de calidad de agua relevados en diferentes puntos de los ríos Atuel y Diamante, establecidos en la Tabla N° 1 e indicados en la Fig N° 1.

<u>Río Diamante</u>	<u>Río Atuel</u>
1 - Puente La Jaula	9 – Toma Canal Arrollo
2 - Dique Galileo Vitali – Ingreso Canal Matriz	10 – Canal Jauregui
3 - Puente Nuevo	11 – La Guevarina
4 - Puente Monte Comán	12 – Dique Rincón el Indio
5 – Toma Canal Vidalino	13 - Canal San Pedro
6 – Canal La Llave	14 – Arroyo Aguaditas
7 – Colector Cerrito – Ballofet	
8 – Canal Marginal Izquierdo – Calle Juan XXIII	

Tabla N°1: Ubicación puntos de muestreo de agua

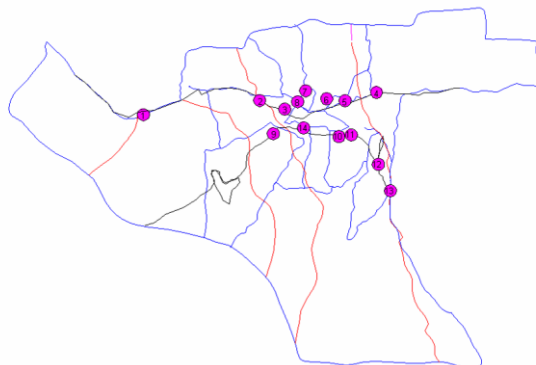


Figura N°1: Puntos de muestreo de agua en los cursos de los ríos del oasis sur

Con los valores hallados en los muestreos se calculó el Parámetro de Desempeño Ambiental (PDA), transcribimos aquí un ejemplo de los calculados:

Los valores del índice Parámetro de Desempeño Ambiental (PDA) entre Puente Monte Coman y Desague Colector Cerrito- Ballofet dan una clasificación **buena** (B) excepto para sulfatos y magnesio que da una clasificación **mala** (M) como se muestra en la Figura N°2.

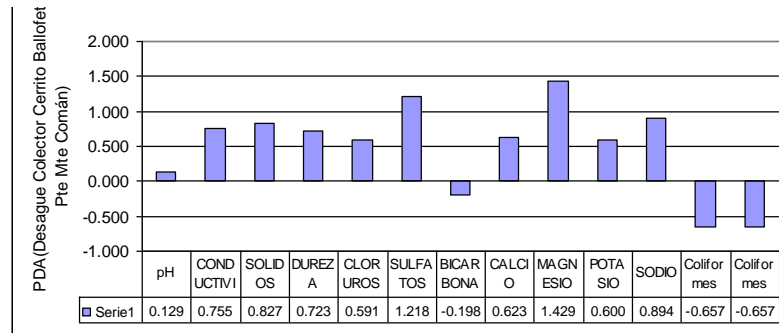


Fig N° 2: PDA entre Puente Monte Coman y Desague Colector Cerrito- Ballofet

Estos datos de calidad de agua, contrastados con las áreas a la cual éstas irrigan, nos permitieron delimitar las diferentes zonas, de esta manera determinar las áreas que constituyen las llamadas Unidades Homogéneas de Calidad Ambiental.



Figura N° 3: Areas 1,2,3,4,5,6 respectivamente de Este a Oeste

Los aspectos Geomorfológicos y del suelo, sirven a los efectos de ubicar las cuencas hidrológicas y elemento en estudio, como elementos integrados y en interacción permanente en el paisaje

Respecto a las superficies ocupadas por las diferentes áreas y su características geomorfológicas, Tabla N° 2, podemos concluir que nuestro departamento de San Rafael está comprendido en su mayor proporción por Llanura de la travesía (11) con un 53% del total de la superficie, y ésta unidad está distribuida en el área N° 4, N° 5 y N° 6

Unidad Geomorfica	AREA						% TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
cordillera principal	9.6						9.6
coordillera frontal	0.7						0.7
Pedemontano bajadas	3.8						3.8
Depresion de los huarpes (7)		9.5					9.5
Depresion de los huarpes (8)		0.8					0.8
Payenia (campo volcanico)		1	4.6				5.6
Bloque San Rafael			6.2				6.2
Llanura de la travesia (12)				7.3	3.4		10.7
Llanura de la travesia (11)				36.2	14.8	2	53
% TOTAL	14.1	11.3	10.8	43.5	18.2	2	100

Tabla N° 2: Características Geomorfológicas

Respecto al indicadores de desertificación, Tabla N° 3, podemos concluir que nuestro departamento de San Rafael tiene un porcentaje de 59.5 % de nivel de desertificación Moderado, y presenta un 13,2 % de muy alto peligro de desertificación. Analizando el cuadro resumen podemos observar que en el centro del departamento, donde se encuentra el oasis, es el área que menor riesgo presenta, y este nivel va aumentando a medida que nos desplazamos hacia los extremos Este y Oeste del departamento.

	AREA						% TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
Peligro de desertificación: Muy Alto	10	0.8	0	0	1.2	1.2	13.2
Peligro de desertificación: Alto	1.9	9.7	5.2	5.6	2.6	0	25
Peligro de desertificación: Moderado	0	0.8	5.7	37.9	14.3	0.8	59.5
Desierto Andino	2.2	0	0	0	0	0	2.2
% TOTAL	14.1	11.3	10.9	43.5	18.1	2	100

Tabla N° 3: Indicadores de desertificación

Los procesos erosivos, Tabla N° 4, se observan en los diferentes entornos y podemos concluir que nuestro departamento de San Rafael tiene un porcentaje de 38.2 % de erosión por efecto del viento y es decir que es el proceso que más afecta el territorio del departamento.

	AREA						% TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
Coordillera	5	0	0	0	0	0	5
Erosión Hidrica	8.9	0.4	5.3	5.8	0.5	1.9	22.8
Erosión eólica	0.2	11	5.6	19.9	1.5	0	38.2
Área con regadío	0	0	0	5.5	0	0	5.5
Erosión hidrica - eólica	0	0	0	12.3	16.1	0.1	28.5
% TOTAL	14.1	11.4	10.9	43.5	18.1	2	100

Tabla N° 4 : indicadores de erosión

5. Conclusiones

Podemos concluir que nuestro departamento de San Rafael tiene un porcentaje de 59.5 % de nivel de desertificación Moderado, y presenta un 13,2 % de muy alto peligro de desertificación. Analizando el cuadro resumen podemos observar que en el centro del departamento, donde se encuentra el oasis, es el área que menor riesgo presenta, y este nivel va aumentando a medida que nos desplazamos hacia los extremos Este y Oeste del departamento. En el área 2 predomina el efecto de erosión hídrica.

De los parámetros analizados, por ejemplo, el valor más alto de unidad geomórfica corresponde a llanura de la travesía, como se marca en color en la tabla anterior, el área

involucrada en este caso es la que nosotros llamamos N° 4, resulta que si observamos la vegetación en el departamento, la mayor proporción de terreno corresponde a el Jarillal, que también cae dentro del área N° 4. A dicha área le corresponde el máximo porcentaje de peligro de desertificación categorizado como “Moderado”, es decir que dentro del rango de peligrosidad, es el área con menos peligro de desertificación. Tiene el máximo nivel de desarrollo comercial y por ende la mejor infraestructura y densidad de rutas. El máximo valor respecto al parámetro erosión, es debida al viento y este valor predomina en el área N° 4 con el mayor porcentaje, además en este sector aparece la zona denominada urbana. En esta área, es donde se encuentran las mejores condiciones para el desarrollo urbano, desarrollo agrícola y comercial. Y estas condiciones evidencian la distribución urbana, en dicho sector. Como se puede ver cada parámetro determina una destino esencial para que se produzcan ciertas condiciones que caracterizan el sector. Es así como podemos dividir el departamento en áreas con características homogéneas.

Se ha interactuado con Instituciones en comisiones específicas en el orden departamental y provincial (Comisiones de legislación, obras públicas, medio ambiente y desarrollo de los poderes legislativos y ejecutivos como la Agencia de Desarrollo Local del Municipio y la Comisión de Ordenamiento y Desarrollo en el orden provincial con fin de dar a conocer esta herramienta para la planificación.

6. Bibliografía.

- Mackenzie L., D.; Masten, S.; Ingeniería y Ciencias Ambientales Editorial McGraw-Hill, 2004
- Matteucci, S.; Buzai, G. Sistemas Ambientales Complejos, Herramientas de análisis espacial. Ed Eudeba. 1998.
- Corbitt Robert A.; Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental; Editorial MCGRAW-HILL. Edición 2003
- Freeman, Contaminación, Agua Y Aire: Control Editorial LIMUSA Edición 1996.
- Llorca Rafael Practicas de Atmósfera, Suelo y Agua Editorial Alfaomega Grupo Editor .2004.
- Seoanez Calvo, M. Medio Ambiente y Desarrollo. Ediciones Mundi-Prensa. 1998.
- Henry; J; Heinke, G. Ingeniería Ambiental. Editorial Prentice Hall, 1996.
- Ordenamiento Ambiental - Urbanismo Sanitario. Diaz Dorado, M. 1993.
- Kiely Gerard Ingeniería Ambiental Editorial McGraw-Hill Edición 1999

12TCAm. EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE MEZCLAS DE ALPEORUJO DE OLIVA DURANTE SU COMPOSTAJE

SORIA J.A. *, LUNA N. *, FILLIPIN A. J. *, POZZI M.T. *, MATÍAS, C. **

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN). Universidad Nacional de Catamarca (UNCa) - mtpozzi02@yahoo.com.ar

** INTA - Estación Experimental Catamarca

Resumen: El compostaje es una técnica sencilla y muy utilizada para obtener abonos orgánicos a partir de materiales de desecho. La industria oleica en la provincia de Catamarca genera volúmenes grande de un residuo orgánico denominado alpeorujo con una composición química diferente a la de otros materiales utilizados para tal fin. El alpeorujo se caracteriza porque en su composición tiene sustancias fenólicas, gran contenido en materia orgánica, lignina, celulosa, ácidos grasos y otras moléculas complejas, siendo la mayoría, difíciles de degradar y con propiedades fitotóxicas.

El objetivo de este trabajo es evaluar la fitotoxicidad de un compost obtenido a partir de diferentes mezclas replicadas de alpeorujo con guano de cabra y hojas de olivo y un testigo (alpeorujo solo), con el fin de determinar si es apto para ser usado como enmienda de suelos. Se determinaron: polifenoles hidrosolubles por la técnica de Folin (Maestro Duran y col. 1991) modificada Se determinó carbono orgánico total (COT) Walkley-Black (1932); parámetros de humificación (Yeomans y Bremners, 1988) y bioensayos con semillas de rabanito (*Raphanus sativus*) var. Cherry Bell (Tiquia, 2000). Las determinaciones se realizaron por triplicado y se aplicó análisis de varianza y test de comparación de medias para $\alpha = 0,05$ (Test de Tukey)

Todos los tratamientos se estabilizaron entre 120 y 180 días de compostaje, obteniéndose un producto con muy bajo contenido de polifenoles, con buen porcentaje de sustancias húmicas e índices de germinación mayores al 80 %.

Con estos resultados de todos los tratamientos se obtuvo un producto estable, con buen porcentaje de materia orgánica humificada y factible de ser usado como mejorador de suelos.

1. Introducción:

La producción de aceite de oliva, mediante el proceso de extracción de dos fases y debido a la naturaleza estacional de esta industria, genera en un periodo corto de tiempo grandes cantidades de un residuo orgánico semisólido (alpeorujo), con una alta carga contaminante difícil de degradar.

El alpeorujo es un lodo espeso que contiene un 40 -45 % de humedad, trozos de hueso, pulpa y agua de la aceituna, algo de aceite residual (2 – 4 %) y un contenido del 30 % de potasio (Borjas, R. et al, 2006); que se caracteriza por presentar un pH ligeramente ácido y un alto contenido de materia orgánica compuesta principalmente por lignina, hemicelulosa, celulosa, grasas, proteínas solubles, hidratos de carbono y compuestos fenólicos hidrosolubles (Alburquerque, J.A. et al. 2004).

En muchos trabajos se referencian los efectos tóxicos y antibacterianos del alpeorujo debido a la presencia de fenoles, ácidos orgánicos y ácidos grasos (González et al, 1990), (Riffaldi et al, 1993); (Linares et al, 2001), por lo que su eliminación resulta un problema. Actualmente, está muy difundido, en el mundo y en nuestro país, utilizar el compostaje como un método factible para la preparación de fertilizantes orgánicos y enmiendas de

suelo a partir de estos residuos orgánicos, ya que su aplicación directa en suelo tiene un efecto perjudicial sobre la estabilidad estructural del mismo (Tejeda et al 1997).

La producción de aceite de oliva, en los últimos años se ha convertido en una de las industrias socio- económicas más importantes de la provincia de Catamarca; por lo tanto, es el sector industrial que genera, grandes cantidades de residuos y subproductos, durante la temporada de cosecha de la aceituna y la producción de aceite. Estos residuos se acumulan año a año, ya que la mayoría de las empresas no tienen una gestión adecuada de sus desechos.

Una de las características de la mayoría de los suelos del valle central de la provincia de Catamarca, es su bajo contenido en materia orgánica debido al cultivo potencial y a la erosión eólica permanente, esto conlleva a que la fertilización química sea la principal fuente de nutrientes. Por lo tanto, el uso de materiales orgánicos como enmienda de suelos cultivados es beneficioso para la producción agrícola y para mantener la calidad del mismo (Levanon & Pluda, 2002); (van Heerden et al. 2002).

Una de las posibles soluciones para disminuir el impacto ambiental que generan los residuos del sector olivarero, es compostarlo, para obtener un subproducto que dispuesto directamente en suelo, sea capaz de recuperar los niveles de materia orgánica, que generalmente, se pierde por mineralización y erosión.

El compostaje es un proceso biooxidativo, en el cual intervienen diferentes microorganismos, que en condiciones de aireación y humedad controlada, transforman la materia orgánica fresca en un compuesto estabilizado rico en materia orgánica humificada. Los materiales compostados contribuyen con un aporte importante de materia orgánica capaz de recomponer las propiedades de los suelos (Pascual et al. 1998); sin embargo la aplicación a los suelos de un compost de alpeorajo inmaduro o no estabilizado puede afectar negativamente y causar problemas como inhibir la germinación de semillas, el crecimiento radicular de las plantas o ejercer una acción bactericida inhibiendo la actividad microbiana debido a la presencia de polifenoles, ácidos orgánicos y ácidos grasos no degradados (Alburquerque et al., 2004).

El propósito de este trabajo es evaluar la toxicidad de un compost obtenido a partir de mezclas de alpeorajo con guano de cabra y hojas de olivo, en diferentes proporciones. La fitotoxicidad se midió determinando los porcentajes de germinación relativo, el crecimiento radicular relativo y el índice de germinación en semillas de rabanitos (*Raphanus sativus* var. Cherry Bell). La acción bactericida se evaluó determinando la concentración de polifenoles solubles en distintas etapas del compostaje, además se calcularon los parámetros de humificación indicadores de la estabilidad y madurez de compost.

2. Objetivos:

1. Evaluar la toxicidad de un compost obtenido de mezclas de alpeorajo de oliva en diferentes proporciones mediante la determinación de la concentración de polifenoles solubles a lo largo del proceso de compostaje.
2. Valorar la fitotoxicidad del compost obtenido mediante bioensayos de germinación con semillas de rabanito.
3. Estimar la madurez y estabilidad del compost obtenido a partir de la determinación de los parámetros de humificación.

3. Metodología:

Armado de las pilas de compost:

Se trabajó con un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y una muestra testigo de alpeorujos, con tres repeticiones. Se armaron pilas estáticas de aproximadamente un metro cúbico cada una, sobre suelo y al aire libre. Se realizaron volteos manuales dependiendo de la humedad, temperatura y pH medidos “*in situ*”.

Los tratamientos a escala piloto fueron: T₀: testigo (alpeorujos solo); T₁ (75% alpeorujos – 25% cama de cabra); T₂ (50 % alpeorujos – 50% cama de cabra); T₃ (75 % alpeorujos- 25% de hojas) y T₄ (50 % alpeorujos – 50% de hojas). (Figura 1)

Muestreo:

Se tomaron muestras, por triplicado (aproximadamente 1Kg), de acuerdo al siguiente esquema: se extrajeron tres muestras al azar de diferentes zonas de cada pila (9 por cada tratamiento) y en períodos de 30, 60, 120 y 180 días contados a partir del momento de armado de las pilas. De cada una de estas muestras triplicadas se tomaron submuestras de cada replica (3 por tratamiento) que fueron homogeneizadas en una sola muestra (1 por tratamiento) y a 30, 60, 120, 180 días; luego se dejaron secar al aire, y se tamizaron con malla 2 mm. Para llevar a cabo los análisis cada muestra se dividió en tres y se analizaron por triplicado.



Figura 1: pilas a escala piloto de los diferentes tratamientos a compostar.

Métodos analíticos:

Polifenoles Hidrosolubles (PhH):

Se determinaron mediante una modificación del método de Folin (Maestro Duran y col. 1991). La extracción se realizó con etanol 1:1 (m/v) dejando reposar cada muestra durante 24 hs; luego el sobrenadante se separa y se recoge en botellas color caramelo.

La recta patrón se realizó en matraces con diferentes disoluciones de ácido cafeico (60 ppm) más 2,5 ml de reactivo Folin-ciocalteu, se agita, se deja reposar 3 minutos, se añade 5 ml de solución de carbonato de sodio (Na₂CO₃) 7 % y se enrasa con agua des-ionizada. A 0,5 ml del extracto de cada muestra, se adiciona 2,5 ml de Folin- Ciocalteu y 5 ml de Na₂CO₃ 7% y se lleva a enrase. Estas disoluciones y las de la recta patrón se dejan en reposo 1 hora, luego se mide la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Metrolab M 1700 a 725 nm, calculándose la concentración de polifenoles respecto a la recta patrón.

Carbono orgánico total (COT): Se determinó carbono orgánico total (COT) mediante método de Walkley-Black (oxidación dicromato de potasio / ácido sulfúrico).

Extracción de las fracciones húmicas: a 1 gramo de muestra, previamente tratada, se le adicionó 40 ml de NaOH 0,1M a pH 9.8; luego se agitó 2 horas; se centrifugó (3000 rpm,

15 minutos) y en el sobrenadante se separó las fracciones húmicas totales (CSHT). Una fracción de este líquido se oxida con dicromato de potasio a pH ácido (1-2) en caliente (150 °C); se deja reposar (24 hs) en frío (4 °C); luego por centrifugación se separan en el sobrenadante las fracciones fúlvicas (CAF) y en el precipitado las fracciones húmicas (CAH), ambas se llevan a pH 13 con solución concentrada de hidróxido de sodio y se analizaron por espectrofotometría a $\lambda = 590 \text{ nm}$ (Yeomans y Bremners, 1988). Luego el contenido de la fracción húmica se calculó por diferencia.

Los parámetros de humificación se determinaron por fórmulas:

Índice de Polimerización (IP): CAH / CAF

Relación de Humificación (RH): $CSHT / COT \cdot 100$

Índice de Humificación (IH): $CAH/COT \cdot 100$

Porcentaje de Ácidos Húmicos (PAH): $CAH / CSHT \cdot 100$

Ensayos de biotoxicidad se prepararon extractos diluidos con agua destilada 1:5 de cada tratamiento; y con 10 ml de cada preparado se regaron semillas (10) de rabanitos (*Raphanus sativus*) var. Cherry Bell sobre papel de filtro en placas de Petri y se compararon con un testigo de agua destilada. Se dejaron en oscuridad a $25 \pm 1 \text{ °C}$ por 72 horas. El diseño fue al azar y para cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones. El índice de germinación (IG) se determinó mediante el cálculo previo del porcentaje de germinación relativo (PGR) y del crecimiento relativo de raíz (CRR) (Tiquia, 2000).

Análisis estadístico: los valores se presentan como valores medios de los replicados para cada caso y el análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza y test de comparación de medias para $\alpha = 0,05$ (Test de Tukey)

4. Resultados y discusión:

En la figura 2 se observa que el contenido de polifenoles disminuyó a lo largo del proceso de compostaje, en todos los tratamientos incluso en el testigo (alpeorajo solo) Los alpeorajos presentan una actividad enzimática debido a enzimas del tipo oxidoreductasa capaz de oxidar los compuestos fenólicos formando radicales libres muy reactivos que polimerizan dando especies menos solubles y tóxicas (Pérez J, 1992; Dec Bolag, 1994, Greco G., 1999). Además, los compuestos fenólicos libres sufren una degradación por la acción de especies microbianas específicas (Maestro –Durán et al, 1991; Martínez Nieto et al 1992, Robles et al 2000).; por lo que estos procesos degradativos y de polimerización de las sustancias fenólicas llevan a una disminución de las fracciones polifenólicas hidrosolubles (Saviozzi, A et al. 1987) con lo cual se justifica la disminución de la toxicidad del compost maduro.

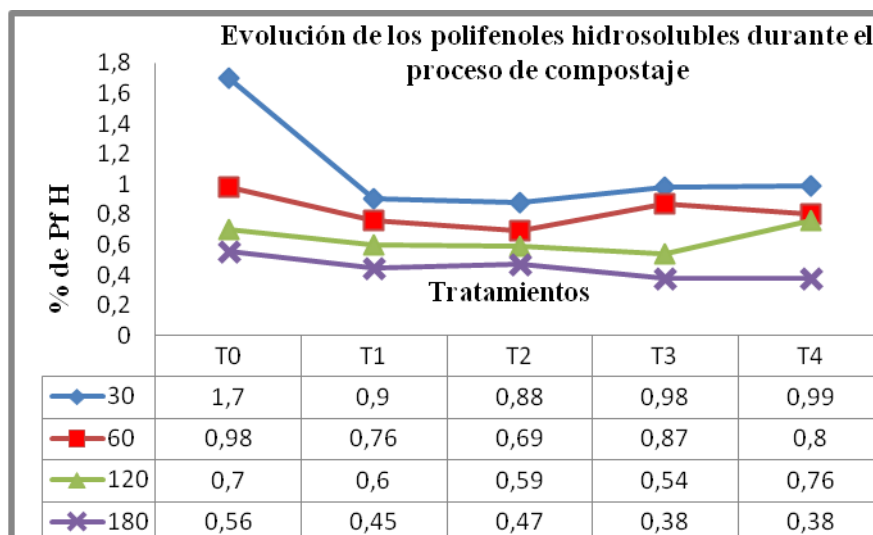


Figura 2: Evolución de los polifenoles hidrosolubles en el proceso de compostaje con mezclas de alpeorujó. Los tratamientos T₀ y T₁ presentaron diferencias significativas para α : 0,05

Los parámetros de humificación evaluados durante el proceso de compostaje se muestran en la tabla 1, donde se aprecia un aumento en todos los parámetros de humificación; sin embargo, los índices de humificación para T₀ (alpeorujó solo) y T₃ (75 % alpeorujó – 25 % de hojas) presentan los mayores valores a 180 días de compostados, mientras que los otros tratamientos a los 120 días. Este comportamiento indicaría que dichos tratamientos requieren de mayor tiempo para lograr una buena estabilización, por lo que podría inferir que los compuestos fenólicos conjuntamente con la lignina, presentes en el alpeorujó, desempeñan un papel fundamental en los procesos de humificación. Los compuestos de naturaleza fenólica se transforman en radicales fenólicos e Hidroxibenzoquinonas que junto a péptidos y aminoácidos presentes en el sustrato se polimerizan constituyendo así a un aporte de sustancias de naturaleza húmica (Martín y Haider, 1971); Albuquerque Méndez, J. A 2000) Por otra parte, la lignina es un importante precursor de sustancias húmicas ya que sus productos de degradación forman complejos lignocelulósicos característicos de los compost (Serra-Wittling, et al 1996, Tuomela, et al 2001)

La relación de humificación (RH) da resultados mayores a los 120 días para todos los tratamientos excepto par a T₃ que es a los 180 días. Al inicio del compostaje la RH es muy poca representativa en las etapas iniciales del proceso, ya que una buena parte del carbono extraíble a pH básico proviene del material vegetal fresco. Asimismo, el alpeorujó es rico en compuestos fenólicos, lípidos, restos de lignina y azúcares que se degradan durante el proceso, los compuestos más lábiles similares a los ácidos fúlvicos son degradados por los microorganismos; por lo debería ser notoria la disminución de la RH al comienzo del proceso, sin embargo los resultados muestran un leve aumento hasta los 120 días de compostaje y recién a los 180 días se observa una leve disminución de la RH para todos los tratamientos, por lo que se puede suponer que sólo una pequeña parte del carbono orgánico que contiene el sustrato se puede considerar como representativo de las fracciones húmicas.

Tabla 1: Evaluación de los Parámetros de Humificación

Tratamientos	Parámetros (%)	Tiempo de compostaje (Días)			
		30	60	120	180
T ₀	RH	8,4	11,5	<u>23,4</u>	18,7
	IH	4,75	6,4	16	<u>17</u>
	PAH	45	55	68	<u>90,3</u>
T ₁	RH	14,6	19,4	<u>27,2</u>	18,9
	IH	8,9	12,8	<u>18,3</u>	14,9
	PAH	60,7	65,5	67,4	<u>78,8</u>
T ₂	RH	12,3	18,8	<u>46</u>	35
	IH	7,8	13,6	<u>27,9</u>	23,3
	PAH	63	<u>72</u>	61,2	<u>66,9</u>
T ₃	RH	10,4	14,18	<u>26,8</u>	24,1
	IH	6,6	2,4	14,8	<u>18,6</u>
	PAH	64	17,3	61	<u>66,6</u>
T ₄	RH	11	14,7	<u>29,3</u>	26,3
	IH	6,4	11	<u>24,3</u>	18,6
	PAH	58	<u>73,9</u>	59,4	<u>70</u>

El porcentaje de ácidos húmicos (PAH) aumentó para todos los tratamientos a los 180 días este aumento puede atribuirse a la formación de sustancias policondensadas que se degradan y enriquecen a la fracciones húmicas, el sustrato compostado a partir del testigo, alpeorajo solo, alcanzó un porcentaje de compuesto húmicos del 90 %.

Otra forma rápida de evaluar la estabilidad de los productos compostados, es a través de bioensayos con especies sensibles, y dentro de estos los ensayos de germinación son muy utilizados y muy difundidos.

La figura 2 muestra los resultados de la evaluación de la fitotoxicidad de los productos compostados: (PGR) el porcentaje de semillas germinadas en papel de celulosa embebido y regados con soluciones de extractos preparados a partir de cada tratamiento en diferentes estadios del proceso e incubadas; el crecimiento relativo de la radícula (CRR) de la semilla y el índice de germinación (IG).

La inhibición del crecimiento de la radícula se relaciona directamente con la presencia de compuestos moderadamente fitotóxicos incapaces de impedir la germinación (Varnero, M.T. et al. 2007).

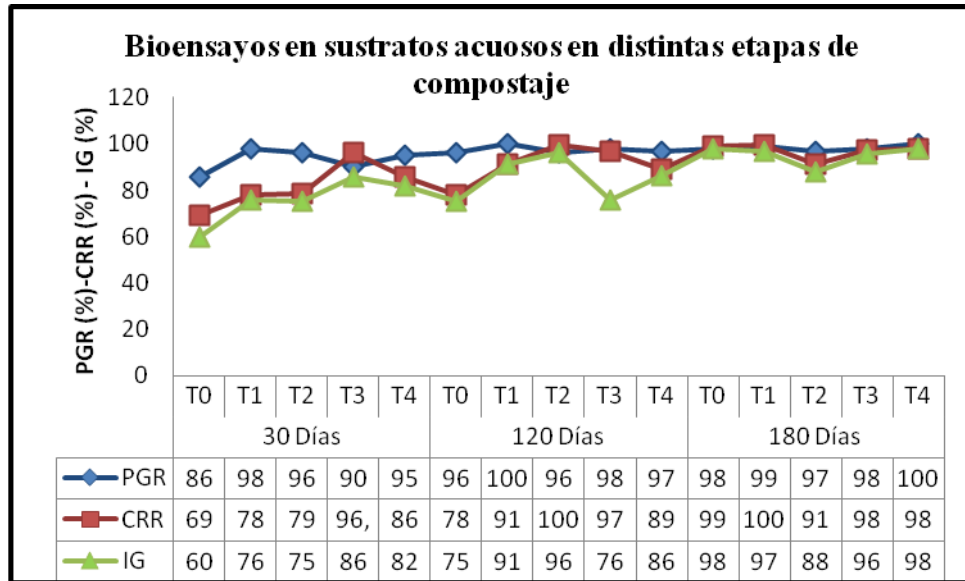


Figura 2: PGR – CRR-IG de semillas de rabanitos regadas con extracto de un compost de alpeorujo de oliva. Los tratamientos T₀ y T₁ presentaron diferencias significativas para α : 0,05

En la figura 2 se observa que los PGR dan valores altos de germinación, superiores al 80% , para todas las muestras, por otra parte, los porcentajes de crecimiento radicular para las mismas y para el tiempo inicial de compostaje dan valores algo menores al 80 % como se puede ver en T₀ , T₁ y T₂ al inicio del compostaje (30 días), y para T₀ a los 120 días, eso indicaría que el crecimiento radicular es un ensayo más sensible a la presencia de sustancias fitotóxicas no degradadas, que la germinación, dado que las semillas germinan en un buen porcentaje aún en presencia bajas cantidades de dichas sustancias. Esto concuerda con los resultados obtenidos por otros investigadores (Tiquia, 2000; Emino y Warman, 2004; Varnero et al, 2006) Se deduce que el alpeorujo solo demora más tiempo en estabilizarse que los tratamientos con mezclas.

Los IG al comienzo del compostaje (30 días) da valores menores al 80% por lo que se infiere la presencia de sustancias fitotóxicas en baja concentración, de acuerdo al criterio establecido por Zucchini et al (1981). A evaluar por los índices de germinación y el crecimiento radicular, figura 3; el alpeorujo solo daría un producto totalmente estabilizado a los 180 días, mientras que con mezcla el tiempo de madurez se llevaría a cabo a los 120 días.

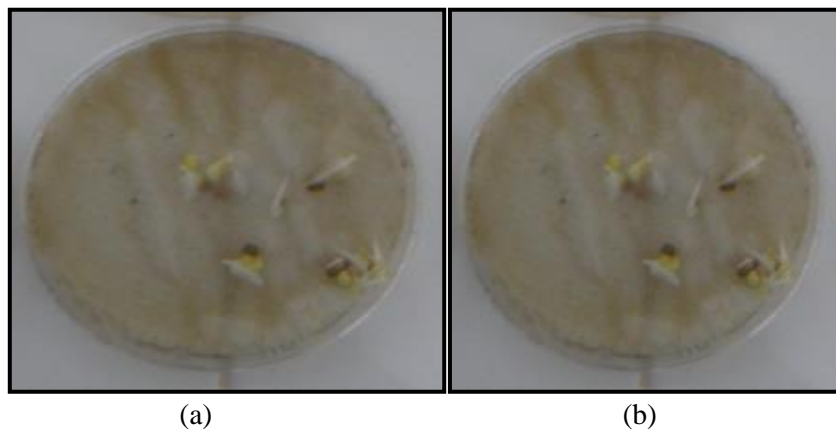


Figura 3: Germinación y crecimiento radicular de semillas de rabanitos (a) testigo en agua destilada (b) en solución de extracto de alpeorujo

5. Conclusiones:

Los resultados obtenidos muestran que en las primeras semanas de compostaje las pilas de alpeorujos solo, debido a su composición característica, su pH levemente ácido, su elevada humedad y pequeño tamaño de las partículas indican una deficiencia en el proceso de biodegradación, por lo que es aconsejable mezclarlo con restos vegetales o guano fresco de animal para favorecer su aireación.

A los 180 días de compostaje todos los tratamientos disminuyeron notablemente la cantidad de compuestos fenólicos, siendo los tratamientos T₃ y T₄ los que presentaron los valores más bajos. Por otra parte, las fracciones húmicas aumentaron en todos los tratamientos, siendo el alpeorujos solo y el T₁ los que alcanzaron mayores valores. Los IG para todos los tratamientos fueron mayores al 80% lo que indica ausencia o casi nula toxicidad.

A partir de todos los tratamientos se obtuvo un producto estabilizado rico en materia orgánica constituida por estructuras húmicas capaces de aportar materia orgánica al suelo. Se puede concluir que a partir de la transformación del alpeorujos mediante compostaje se obtiene un producto estabilizado, exento de fitotoxicidad rico en materia orgánica y factible de ser usado como mejorador de suelo.

6. Bibliografía:

Alburquerque Méndez, J.A. (2002) El compost de orujo de oliva de dos fases. Estudio del proceso y evaluación de los productos obtenidos. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. 161.

Alburquerque, J. A., González, J., García, D. And Cegarra, J.: (2004) Agrochemical characterisation of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology* 91 (2) 195-200.

Borjas, R.; Raposo, F.; Rincón, B. (2006) Treatment technologies of liquid and solid wastes from two-phase olive oil mills. *GRASAS Y ACEITES*, 57 (1), 32-46 ISSN: 0017-3495.

Dec, J.; Bollag, J.M. (1994) Use of plant material for decontamination of water polluted with phenols. *Biotechnology and Bioengineering* (44) 1132-1139.

Emino E., Warman, P. (2004). Biological assay for compost *Science & Utilization*. 12 (4) 342-348)

González, M.D.; Moreno, E. Quevedo-Sarmiento, J.; and Ramos-Cormenzana, A. (1990) Studies on antibacterial activity of waste waters from olive oil mills (Alpechín): inhibitory activity of phenolic and fatty acids. *Chemosphere* 20 (3/4) 423-432.

Greco, G., Toscano, G., Cioffi, M., Gianfreda, L. y Sannino, F. (1999) Dephenolisation of olive mill waste-water by olive husk. *Water Res.* (33) 3046-3050.

Levanon, D & Pluda, D. (2002) Chemical, physical and biological criteria for maturity in compost for organic farming. *Compost. Sci. Util.* (10) 339-347.

Linares, A., Caba, J.M., Ligeró, F., de la Rubia, T., Martínez, J., (2001). Eliminación de los efectos fitotóxicos de los residuos de las almazaras por *Phanerochaete Flavidolobata*. In: I Encuentro Internacional Gestión de residuos orgánicos en el ámbito rural mediterráneo, Pamplona (España)

Maestro-Duran, R., León Cabello, R. y Luis Gutiérrez, V. (1994) Compuestos fenólicos del olivo (*Olea europea*) *Grasas y Aceites*, 45 (4) 265-269.

Martín, J.P.; y Haider, K. (1971) Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Science*. 111 (1) 54-63.

- Martínez Nieto, L, Ramos- Cormensana ,A.; García Pareja, M.P. y Garrido Hoyos, S.E. (1992) Biodegradación de compuestos fenólicos del alpechín en su posible aprovechamiento. *Grasas y Aceites*, 37 (4) 215-223.
- Pascual, J.A.; Hernández, T.; García, C.; Ayuso, M. (1998) Carbon mineralization in an arid soil amended with organic wastes of varying degrees of stability. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* (29) 835-846.
- Pérez, J.; De la Rabia, T.; Moreno y Martínez, J. (1992). Phenolic content and antibacterial activity of olive oil waste water. *Environmental toxicology and Chemistry*, (11) 489-495.
- Riffaldi, R.; Levi-Minzi, R.; Saviozzi, A.; Vanni, G.; and Scagnozzi, A. (1993). Effect of the disposal of sludge from olive processing on some soil characteristics, laboratory experiments. *Water, Air and Soil Pollution* (69) 257–264
- Robles, A., Lucas R., Álvarez de Cienfuegos, G., y Gálvez A. (2000) Biomasa production and detoxification of wasters from the olive oil industry by strains of *Penicillium* isolate from wastewater disposal ponds. *Bioresource Technology*, (74) 217-221
- Saviozzi, a., Riffaldi, R. y Levi-Minzi, R. (1987) Compost maturity by water extract analysis .En: *Compost: production, quality and use*. Eds: M. de Bertoldi; MP Ferranti, P., L' Hermite and F. Zucconi. Elsevier Applied Science Publishers. Barking 359-367
- Serra-Wittling, C., Barriuso, E. y Houot, S. (1996) Impact of composting on composts organic matter characteristics. En: *The Science of Composting*. Eds: M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmens and T. Papi. Blackie Academic and Professional. Glasgow 262-273.
- Tejada, M., Ruiz, J.L.; Dobao, M.; Benítez, C.; and González, J.L. (1997) Evolución de parámetros físicos de un suelo tras la adición de distintos tipos de orujos de aceituna. *Actas de Horticultura* (18) 514–518.
- Tiquia, S.M. (2000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. En P.R.Warman y B.R. Taylor, Ed. *Proceedings of the International composting Symposium*, CBA Press Inc. Truro, NS, 625-647.
- Toumela, M., Hatakka, A., Raaskila, S. Vikman, M y Itävaara, M. (2001) Bidegradation of radiolabelle synthetic ligning (¹⁴C-DHP) and mechanical pulp in a compost environment. *Applied Microbiology Biotechnology* (55) 492-499.
- Van Heerden, I, Cronjé, C.; Swar4t, S.H.; Kotzé, J.M. (2002). Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. *Bioresourc. Technol.* (81) 71-76.
- Varnero M.; M: T.; Rojas A.; C.; Orellana R.; R. (2007) Índice de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *J. Soil Sc Nutr.* 7 (1) 28 – 37.
- Walkey, A.y I.A. Black, (1932). An Examination of degtjareft method for determining soil organic matter and prosposed modifications of chromic acid titration method. *Soil Science*: (37) 29-38.
- Yeomans, J.C.; Bremner, J.M. (1988). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Soil Sci. Plant Anal.* (19) 1467-1476.
- Zucconi, F. Pera, A. Forte, M.; De Bertoldoi, M. (1981) Evaluating toxicity in immature compost. En: *Biocycle* (22) 54-57.

13TCAm. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS (RAEES) EN SAN RAFAEL, MENDOZA

Guajardo A. B., Prósperi S. B., Maggioni R. A., Julián F., Tonidandel C., Zapata C., Yapur F.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. B. De Irigoyen 375. San Rafael. Mendoza. Tel. 02627-421947. e-mail: aguajard@fcai.uncu.edu.ar

Resumen: Los “residuos electrónicos”^[1], comprende diversos tipos de aparatos eléctricos y electrónicos que han dejado de tener toda utilidad para sus dueños. En Argentina el 95 % de estas corrientes de residuos peligrosos acaba en rellenos sanitarios^[2]. Los RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) ponen en riesgo el medio ambiente y la salud humana, por las sustancias tóxicas que contienen, como litio, plomo, mercurio, bromo, cadmio, etc.. El presente proyecto tiene como objetivo general realizar un diagnóstico de la generación de Residuos Electrónicos en el Departamento de San Rafael, identificar los riesgos potenciales asociados y proponer estrategias para su mitigación. El marco metodológico en el que se encuadra esta investigación es del tipo enfoque mixto. Se realizó un prediagnóstico de la generación y manejo de los residuos electrónicos en San Rafael para establecer los elementos de mayor relevancia local dentro de los RAEE y la situación actual en cuanto a gestión y disposición final de los mismos. Se utilizó el análisis de flujo de material (AFM) para la estimación de las cantidades de residuos electrónicos de los elementos seleccionados como referentes. Se especifica composición y peligrosidad de los componentes de los RAEE. A través del análisis de los impactos ambientales que producen los RAEE se realizan propuestas para evitar o minimizar los riesgos asociados a este tipo de residuos. Los resultados obtenidos pueden servir como base para la ejecución de las propuestas de mitigación por parte de la autoridad municipal.

1. Introducción

El término genérico “residuos electrónicos”^[1] comprende diversos tipos de aparatos eléctricos y electrónicos que han dejado de tener toda utilidad para sus dueños.

En décadas pasadas, los elevados precios de su adquisición hacían que el número de personas que accedían a ellos fuese reducido, por lo que sus Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) tenían un impacto bajo sobre el medio ambiente. En la actualidad la realidad es distinta ya que los avances tecnológicos han hecho que tanto la producción como el consumo hayan alcanzado niveles impensables.

Debido al contenido de sustancias potencialmente peligrosas, los aparatos eléctricos y electrónicos pueden dar origen a importantes problemas medioambientales si no son pretratados adecuadamente.

Según un informe de la Unidad Ejecutora de Manejo Sustentable de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), en 2004 hubo 1850 toneladas de "chatarra electrónica".^[3]

Según la Cámara Argentina de Máquinas de Oficina, Comerciales y Afines (CAMOCA) en 2005 se habían generado 18.000 toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos^[4].

En el Departamento de San Rafael no se dispone de estudios previos específicos realizados sobre las cantidades de los RAEE. Por lo que, es de suma importancia contar con estos datos para poder dejar planteado un diagnóstico de la situación actual y de proyectar a futuro la evolución de estos residuos y las posibilidades de gestión que eviten o minimicen los posibles impactos ambientales.

2. Objetivo

- Realizar un diagnóstico de la generación de Residuos Electrónicos en el Departamento de San Rafael.

3. Metodología

Se realizó un prediagnóstico de la generación y manejo de los residuos electrónicos en San Rafael, a través de encuestas a los comercios de mayor venta de este tipo de elementos y a las autoridades municipales involucradas en este tema. Se realizó un estudio estadístico sobre dos poblaciones. Una población consiste en los proveedores de telefonía e informática y, la otra población en estudio referente al consumo de dichos elementos. Se decidió realizar un muestreo tratando de obtener la mejor muestra que capture la “heterogeneidad de respuestas” se decidió realizar un muestreo estratificado proporcional que cuente con tres estratos: Hogares clase media-alta, hogares clase baja y el estrato formado por instituciones y empresas. La recopilación de datos se realizó mediante encuestas especialmente diseñadas. Se efectuó la medición de peso y volumen para determinar valores promedio. Se utilizó el análisis de flujo de material (AFM)^[5] sobre dos de los elementos de mayor relevancia local dentro de los RAEE: celulares y computadoras. Se seleccionó un método para la evaluación del impacto ambiental utilizando tonalidades cromáticas para facilitar la comprensión de los resultados finales del estudio. Se usa una representación cromática para describir el impacto ambiental en forma cualitativa. Para llevar a cabo un análisis más detallado de las causas de impacto, se caracterizan los posibles destinos de los residuos electrónicos a través de la construcción de cinco matrices^[6]:

-Matriz de causas y elementos de impacto (Matriz A): Caracteriza el residuo electrónico para determinar las causas del impacto que dependerán de la composición del aparato electrónico y el destino del residuo. Los elementos de impacto son los factores capaces de modificar el estado de las categorías ambientales.

-Matriz de indicadores y categorías ambientales (Matriz A1): Las categorías ambientales pueden ser definidas como aquellos componentes del medio ambiente que reciben los efectos generados por los elementos de impacto. Esto incluye los componentes físicos del medio ambiente y también aquellos relacionados con las actividades humanas.

-Matriz de impactos potenciales (Matriz B): La lista de control de esta matriz presenta los elementos de impacto y las categorías ambientales ya definidas en las matrices A y A1, respectivamente. Por medio de la intersección de estas dos listas, se puede predecir el impacto potencial que ocasionarán los residuos electrónicos sobre el medio ambiente.

-Matriz de criterios restrictivos (Matriz C): Tomando como base los impactos negativos potenciales individualizados en la matriz B, la cuarta matriz considera las operaciones y medidas que deben ser adoptadas a fin de limitar, eliminar o reducir a niveles aceptables, los impactos negativos.

-Matriz de impactos residuales (Matriz D): Considerando las medidas de control y su eficacia, evaluadas con la matriz C, el método provee una quinta matriz para la evaluación del impacto reducido, esto es, del impacto residual una vez que las medidas de control se hayan establecido para hacer frente a las diferentes causas de impacto.

4. Resultados

El prediagnóstico permitió establecer como elementos de mayor relevancia local dentro de los RAEE a los aparatos informáticos (PC, monitor, partes informáticas e impresoras) y teléfonos celulares. Las encuestas realizadas durante 2010 indagaban sobre la cantidad de

aparatos que habían poseído los encuestados durante los 5 años anteriores. Los resultados de Encuestas y los valores promedio de los equipos calculados indican las siguientes cantidades aparatos desechados durante el periodo mencionado y los que están acumulados en viviendas, instituciones o empresas:

Celulares: El peso promedio calculado para celulares es de 0,095 Kg. Para la población de San Rafael se estiman potenciales residuos de celulares por 39 tn.

Teniendo en cuenta que el 17,2% de los celulares han sido desechados, en los últimos 5 años se generaron más de 665 kg de residuos de estos aparatos electrónicos.

Computadoras: Teniendo en cuenta que las Computadoras están constituidas por CPU, monitor y teclado fundamentalmente, se calculó el peso y volumen promedio para cada una de estas partes. A continuación se detallan por separado los valores calculados.

El peso promedio calculado para la Unidad Central de Procesamiento (CPU) es de 31,2Kg. Para la población de San Rafael se estiman potenciales residuos de CPU por 115 tn.

Teniendo en cuenta que el 3,9% de las computadoras han sido desechados como RSU, en los últimos 5 años se generaron más de 4,5 tn de residuos de estos aparatos electrónicos.

Considerando que el volumen promedio del CPU es de 27.800 cm³, el volumen que ocuparon los aparatos en desuso es de más de 102 m³ y en los residuos ocupan 4 m³.

El peso promedio calculado para los monitores es de 10,5 Kg.

Monitores: Para San Rafael se estiman potenciales residuos de monitores por 39 tn.

Teniendo en cuenta que el 3,9% de las computadoras han sido desechados como RSU, en los últimos 5 años se generaron más de 1,5 tn de residuos de estos aparatos electrónicos.

Considerando que el volumen promedio del monitor es de 29.700 cm³, el volumen que ocuparon los aparatos en desuso es de más de 109 m³ y en los residuos ocupan 4,25 m³.

El peso promedio calculado para los teclados es de 0,6 Kg.

Teclados: En San Rafael se estiman potenciales residuos de teclados por 2 tn.

Teniendo en cuenta que el 3,9% de las computadoras han sido desechados como RSU, en los últimos 5 años se generaron más de 78 kg de residuos de estos aparatos electrónicos.

Considerando que el volumen promedio del monitor es de 2.000 cm³, el volumen que ocuparon los aparatos en desuso es de más de 7 m³ y en los residuos ocupan 0,28 m³.

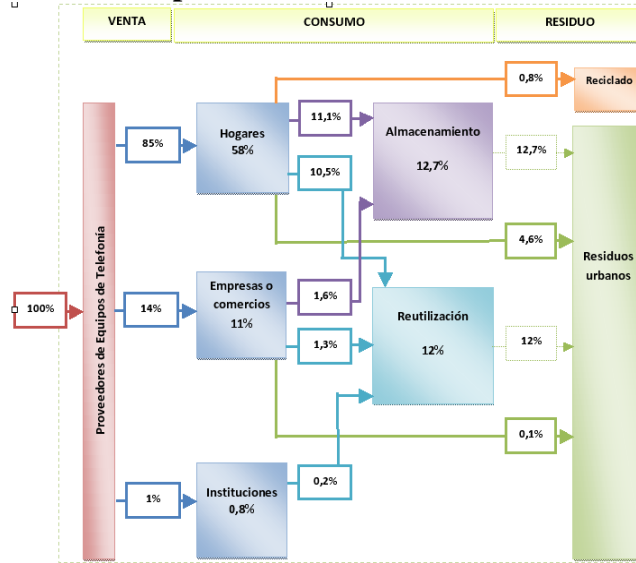
Impresoras: El peso promedio calculado para impresoras es de 6,15 Kg.

Para la población de San Rafael se estiman potenciales residuos de impresoras por 139 tn.

Teniendo en cuenta que el 15,6% de las impresoras han sido desechados como RSU, en los últimos 5 años se generaron más de 21 t de residuos de estos aparatos electrónicos.

Considerando que el volumen promedio de las impresoras es de 33.200 cm³, el volumen que ocupan los aparatos en desuso es de más de 122 m³ y en los residuos ocuparon 19 m³.

Análisis de Flujo de Materiales para Celulares en la ciudad de San Rafael



Evaluación de Impactos Ambientales de los Residuos Electrónicos en San Rafael

NIVELES DE IMPACTO	TONALIDADES CROMÁTICAS	
	POSITIVO	NEGATIVO
Alto		
Moderado		
Bajo		
No significativo		

Matriz A

Causas de impacto	Elementos de impacto							
	Lixiviación de metales	Estrujos, rasposos (Gorras y faldas)	Emisión de partículas	Ocupación de área o volumen	Accidentes laborales	Cargas con metales pesados	Bioacumulación	Desaprovechamiento de materiales
Disposición de RAEE en la calle	●			●	●			
Almacenamiento en domicilios				●				●
Transporte como RSU	●			●	●			●
Disposición final en vertedero municipal	●			●			●	●
Despiece de RAEE para recuperar materiales sin control		●	●		●	●		
Despiece y almacenamiento en servicios técnicos				●	●			
Quema incontrolada en vertederos o basurales		●	●		●	●	●	●
Falta de legislación	●	●	●	●	●	●	●	●

Matriz A1

Indicadores ambientales	Categorías ambientales											
	Agua Superficial	Agua Subterránea	Aire	Suelo	Flora	Fauna	Salud	Educación	Economía	Uso del suelo	Infraestructura	Población
Calidad Fisicoquímica	●	●	●	●								
% de infiltración	●	●		●								
Índice de biodiversidad					●	●						
% de enfermedades relacionadas							●		●		●	●
Nivel de vida							●	●	●	●		●
Nivel de Empleo									●			●
% Afección de la vegetación					●	●						
% Afección de la Fauna					●	●						
Situación sanitaria							●				●	●
Disponibilidad de servicios									●		●	●
Aprovechamiento de recursos									●	●	●	●
Cantidad de RAEE generados	●	●	●	●	●	●						●

Matriz B

Elementos de impacto	Categorías ambientales											
	Calidad Fisicoquímica	Porcentaje de infiltración	Índice de biodiversidad	Porcentaje de enfermedades relacionadas	Nivel de vida	Nivel de Empleo	% Afección de la vegetación	% Afección de la fauna	Situación sanitaria	Disponibilidad de servicios	Aprovechamiento de recursos	Cantidad de RAEE generados
Lixiviación de metales	■											
Emisiones gaseosas (dióxidos y furanos)												■
Emisión de partículas												■
Ocupación de área o volumen												■
Accidentes laborales						■			■			
Cenizas con metales pesados	■											
Bioacumulación												■
Desaprovechamiento de materiales											■	■

Matriz C

Criterios límite	Elementos de impacto							
	Lixiviación de metales	Emisiones gaseosas (dióxidos y furanos)	Emisión de partículas	Ocupación de área o volumen	Accidentes laborales	Cenizas con metales pesados	Bioacumulación	Desaprovechamiento de materiales
Legislación específica sobre gestión RAEE	●	●	●	●	●	●	●	●
Centro de recuperación de materiales municipal o privado	●		●	●	●	●	●	●
Educación ambiental								●
Transporte específico para RAEE	●					●		●
Almacenamiento controlado	●			●	●			
Reciclado de materiales	●	●	●	●		●	●	●
Programa de recuperación para reuso								●

En la Matriz C se presentan las medidas de mitigación que se consideran pertinentes para la disminución o eliminación de los impactos negativos detectados en la Matriz B y que son utilizados en la construcción de la Matriz D.

Matriz D (teniendo en cuenta las medidas de mitigación)

Elementos de impacto	Categorías ambientales											
	Calidad Fisioclimática	Porcentaje de infiltración	Índice de biodiversidad	Porcentaje de enfermedades relacionadas	Nivel de vida	Nivel de Empleo	% Afectación de la vegetación	% Afectación de la fauna	Situación sanitaria	Disponibilidad de servicios	Aprovechamiento de recursos	Cantidad de RAEE generados
Lixiviación de metales												
Emisiones gaseosas (dioxinas y furanos)												
Emisión de partículas												
Ocupación de área o volumen												
Accidentes laborales												
Cenizas con metales pesados												
Bioacumulación												
Desaprovechamiento de materiales												

5. Conclusiones

A finales de 2010 según los datos recabados, las cantidades de aparatos electrónicos en uso representan el 69,8% del total de celulares y el 80,2% del total de computadoras, ingresados al sistema, los que se encuentran distribuidos, mayoritariamente en hogares, y en menor proporción en empresas, comercios e instituciones.

La cantidad de aparatos electrónicos que llegaron los residuos sólidos urbanos en el período 2005- 2010 representan una mínima proporción (4,6% del total de celulares y 2,6% del total de computadoras) de los aparatos ingresados al sistema. Teniendo en cuenta los impactos determinados, los elementos desechados, a pesar de ser una minoría, impactan negativamente sobre el ambiente debido a la ausencia de una estrategia de gestión específica.

Siendo el almacenamiento, en la mayoría de los casos, el principal destino de los aparatos en desuso, tanto los que provienen de hogares, como los provenientes de empresas, comercios e instituciones. El problema más relevante se presenta al analizar el sistema completo, ya que la mayoría de los aparatos electrónicos en desuso se encuentran almacenados (12,7% del total de celulares y 5,76% del total de computadoras), estos elementos almacenados constituyen potenciales residuos destinados a los vertederos si no se adoptan medidas adecuadas en el menor tiempo posible.

Como se observa en la Matriz C entre los criterios límite que determinan las medidas de mitigación, establecer programas de educación ambiental dirigidos a los consumidores de aparatos electrónicos, fomentando la "responsabilidad en el consumo" para aumentar el ciclo de vida de dichos elementos disminuiría el impacto negativo de los residuos sobre elementos del ambiente.

Los datos obtenidos, no solo permiten dimensionar el problema asociado a los RAEE en el departamento de San Rafael, sino que también dejan establecidas las bases para la gestión ya que, conociendo las cantidades de aparatos electrónicos y el flujo de los mismos dentro del sistema de venta, consumo y generación de residuos, y estableciendo un marco regulatorio de lo RAEE a nivel local, pueden adoptarse estrategias de gestión que eviten o minimicen los posibles impactos ambientales y definirse alternativas que permitan encontrar la salida ambiental y económica más aceptable para la gestión de estos residuos.

Es por esto que se hará llegar al Municipio el presente informe con los datos para el diseño adecuado del Sistema de Gestión Integral de RAEE en el Departamento de San Rafael que incluya los siguientes puntos:

- Legislación específica sobre gestión RAEE (según Legislación Nacional a aprobarse)
- Centro de recuperación de materiales
- Educación ambiental específica

- Transporte exclusivo RAEE
- Almacenamiento controlado
- Reciclado de materiales
- Programa de recuperación para reuso

6. Bibliografía

- [1] DIRECTIVA 2002/96/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)
- [2] Hirshler, I Seminario RAEE, www.ambiente.gov.ar
- [3] G. Di Nicola - E. Himitian, Nadie controla la chatarra electrónica, Diario La Nación, 22 de mayo de 2006.
- [4] C. Galván, En sólo un año se duplicó en el país la cantidad de basura electrónica, Diario Clarín, 5 de diciembre de 2006
- [5] B. Steubing. “Generación de residuos electrónicos en Chile”. Tesis de Maestría. Julio 2007.
- [6] G. Andreottola, R. Cossu y R. Serra. Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario. 1989. Publicaciones CEPIS
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind51/ppe/ppe.html>

14TCAm. PRESENCIA DE CICLOS PARASITARIOS QUE AFECTAN A ANIMALES Y AL HOMBRE, EN AGUAS EUTRÓFICAS DEL CENTRO-SUR DE MENDOZA.

YUNES, A.N.; CAVIEDES, E.; CASTRO VAZQUEZ, A.; CERUTTI, S.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la industria - UNCUYO – San Rafael Mza. - Argentina

Resumen: La conformación de ciclos parasitarios en aguas superficiales eutróficas, en donde actúan como huéspedes intermediarios gasterópodos de diferentes especies y como huéspedes definitivos animales como aves, peces y también el hombre, es de suma trascendencia en climas tropicales y subtropicales en donde desarrollan enfermedades graves como por ejemplo las esquistosomiasis. En forma global en diferentes climas y regiones del mundo, ha tomado importancia una enfermedad denominada “dermatitis cercarial”, que ha sido asociada al ingreso a la piel humana de una cercaria del género *Trichobilharzia* (esquistosoma aviar) que aunque no representa un trastorno severo para la salud humana, es considerado un importante problema médico en ciertas regiones de América y Europa, principalmente desde el punto de vista del turismo y la recreación.

Desde hace varios años se ha observado que bañistas del embalse El Nihuil y lagunas cercanas en el departamento San Rafael, Provincia de Mendoza, Argentina, luego de un cierto tiempo de estar en contacto con el agua, sufren una dermatitis aguda que presenta pápulas y un prurito muy intenso. Este fenómeno ocurre en época estival todos los años, coincidiendo con actividades recreacionales. Tanto la enfermedad como su agente causal son referidos localmente como “corrocho”, existiendo varias representaciones infundadas de este último, en el imaginario popular. También han sido referidos públicamente en los últimos años, varios episodios de muerte masiva de aves y peces en la periferia del embalse, sin que ninguno de estos fenómenos tenga una explicación valedera.

Se investigaron en el embalse gasterópodos de diferentes géneros que están relacionados como huéspedes intermediarios de diferentes parasitosis, los cuales fueron expuestos a determinadas condiciones físico-químicas que dieron como resultado el aislamiento de furcocercarias pertenecientes a géneros vinculados al síndrome de la dermatitis cercarial y a parasitosis que afectan a aves y peces.

1. Introducción

Los cuerpos de agua dulce de poca profundidad, que sufren procesos de eutrofización y en donde conviven especies de caracoles acuáticos conjuntamente con aves que utilizan el mismo hábitat, son proclives a la conformación de ciclos parasitarios en donde actúan como huéspedes intermediarios gasterópodos de diferentes especies y como huéspedes definitivos se ven afectados una gran variedad de animales como aves, peces, y en forma importante, también el hombre. Estos ciclos, en el caso del hombre, toman trascendencia en climas tropicales y subtropicales en donde desarrollan enfermedades graves como por ejemplo las esquistosomiasis (*Squistosoma mansoni*, *S. japonicum*, *S. haematobium*). También tiene trascendencia una enfermedad denominada “dermatitis cercarial”, que ha sido asociada al ingreso a la piel humana de una cercaria del género *Trichobilharzia* (esquistosoma aviar) que aunque no representa un trastorno severo para la salud humana, tiene gran importancia desde el punto de vista de la recreación y el turismo.

El ciclo parasitario del género *Trichobilharzia* cumple una fase de parásitos adultos de sexos separados que desarrollan en el intestino de aves acuáticas del género *Anas* (patos) como huéspedes definitivos. A partir de ellos se generan huevos que son eliminados por las

heces y luego de ingresar al agua eclosionan y generan miracidios que van en busca de su huésped intermediario, entre los que se encuentran gasterópodos de géneros *Limnaea* y *Chilina*. Cuando encuentran a su huésped intermediario se introducen en este y cumplen un ciclo de multiplicación asexual, para luego evolucionar a cercarias que en condiciones adecuadas son expulsadas desde el caracol nuevamente al agua y nadan en busca del huésped definitivo. Se cierra el ciclo cuando estas cercarias se introducen a través de la piel del pato y por el torrente sanguíneo llegan a los órganos “blancos” desarrollando a parásito adulto nuevamente.

En forma ocasional las cercarias se contactan con la piel del hombre (bañistas) en donde se introducen (equivocando su huésped) y mueren en esa estructura, originando una reacción inflamatoria local.

Existen numerosas publicaciones que mencionan la existencia del ciclo parasitario del género *Trichobilharzia* en Argentina y en el mundo.

Szidat, L. entre los años 1950 y 1960 describe en varios trabajos llevados a cabo en nuestro país, la dermatitis ocasionada por un trematode de la familia *Schistosomatidae*^{ref.7,8,9}. Martorelli, S. (1984) describe la existencia de cercarias que producen dermatitis en el Lago Pellegrini, Río Negro, Argentina^{ref.6}.

Varias furcocercarias de la familia *Schistosomatidae* que tienen interés por su patogenicidad para el hombre, fueron descritas por Ostrowski de Núñez^{ref.10}. Esta investigadora, describe que existe un gran número de cercarias cuyos adultos parasitan a mamíferos y aves salvajes, las cuales al entrar ocasionalmente en contacto con la piel humana pueden penetrar y producir las llamadas “dermatitis”.

J. Bastert y col. de la Universidad Manchen, Alemania reportaron un caso de dermatitis en el año 1998. Un hombre de 33 años de edad presentó pápulas de un rojo intenso en el dorso de sus manos y antebrazos. Dichas pápulas habían aparecido 90 minutos después de haber limpiado un acuario en el cual conservaba peces nativos y caracoles de agua traídos desde una laguna. El examen del agua proveniente del acuario reveló la presencia de cercarias y el diagnóstico clínico de la dermatitis cercarial fue corroborado.

Desde hace varios años se ha observado que bañistas que concurren al embalse El Nihuil, departamento San Rafael, Provincia de Mendoza, Argentina, luego de un cierto tiempo de estar expuestos o en contacto con el agua del embalse, sufren una dermatitis aguda que presenta pápulas y prurito muy intenso.

El fenómeno de la dermatitis ocurre en El Nihuil en época estival todos los años, coincidiendo con actividades recreacionales, afectando con mayor o menor intensidad a bañistas, los cuales pueden sufrir el prurito y las pápulas hasta 2 ó 3 semanas después del episodio^{ref.1}. La enfermedad o su agente causal son referidos localmente como “corrocho”, existiendo varias representaciones de este último en el imaginario popular.

Según datos obtenidos a partir de estudios realizados por la Dirección General de Irrigación de la provincia de Mendoza^{ref.2}, el embalse El Nihuil posee condiciones que lo caracterizan como un cuerpo de agua en franco proceso de eutrofización. En temporada estival, presenta superficialmente temperaturas relativamente elevadas, llegando en días muy soleados cercanas a los 15 a 17° C, tiene poca profundidad, presencia de excesiva cantidad de vegetación subacuática, con agua rica en nutrientes aportados por aguas naturales de deshielo de las cadenas montañosas aledañas de la Cordillera de Los Andes o del aporte de animales que en forma constante utilizan el lago y sus márgenes, tanto para beber como también como hábitat natural. En el perillago hay presencia de algas filamentosas, caracoles de diversas especies y una gran variedad de aves, de las cuales, muchas son migratorias^{ref.3}.

Hasta la actualidad, no ha sido descrita la existencia de ciclos parasitarios relacionados con esquistosomas en aguas del centro-sur de Mendoza.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es describir la existencia de estos ciclos y poder relacionarlos con el problema local de la dermatitis en el lago El Nihuil.

3. Materiales y métodos

Durante 4 años, de Noviembre a Marzo (2006 a 2010) se realizó la recolección de aproximadamente 500 especies de gasterópodos por año, a partir de lugares limnológicamente aptos para el desarrollo o vida de estos animales, como orillas, sobre y bajo piedras, en sustrato blando de superficie y hasta 50 centímetros de profundidad y en macrófitas palustres y sumergidas. Estos gasterópodos fueron transportados vivos al laboratorio con frío y humedad. Luego fueron acondicionados en sendos envases plásticos con agua del mismo embalse. Se acondicionó a temperaturas de 15 a 24 °C y con un fotoperíodo natural con 2 lámparas incandescentes de 60 Wats a una distancia de 50 cm. se realizaron observaciones en busca de cercarias mediante una Lupa binocular marca Kyowa modelo SZM. Se controló la hora, la frecuencia y la cantidad de cercarias emitidas por hora en los gasterópodos. Las cercarias liberadas se estudiaron “*in vivo*” colocándolas entre porta y cubreobjetos con una gota de agua, y tiñéndolas con rojo neutro o Bismark Braun (Etchegoin, 1997; Ostrowski de Núñez, 1992 a; Ostrowski de Núñez y Quaggiotto, 1995).

Se separaron los especímenes infestados para identificar el género de esos gasterópodos e investigar morfológicamente las furcocercarias que emitían, lo que se llevó a cabo con un Microscopio óptico marca Alphafot y un Microscopio de interferencia espectral marca OLYMPUS BH 12, con cámara digital incorporada. Las cercarias fueron identificadas al menor nivel taxonómico posible utilizando la información obtenida de los ejemplares vivos y de referencias como: Combes y colaboradores (1980); Ostrowski de Núñez (1992 a; Ostrowski de Núñez y Quaggiotto (1995).

4. Resultados

A partir de los 60 minutos y en otros casos de las 3 a 4 horas se comienzan a observar furcocercarias que emanan de los gasterópodos en forma espontánea a partir de la mucosidad de su cuerpo y en número variable desde decenas hasta cientos. Presentan un movimiento ondulante constante y enérgico que se incrementaba con la temperatura del agua o disminuyen considerablemente al colocarlas en heladera a 4-8°C. Tienen un movimiento direccional hacia la luz (fototropismo), con la particularidad de llevar las furcas y la cola hacia adelante, quedando el cuerpo hacia atrás del movimiento. Debido al fototropismo positivo se pudo medir la velocidad de traslado en un tubo negro con los extremos transparentes y cambiando el origen de la luz proyectada, observándose una velocidad de traslado de aproximadamente 10 cm por minuto. Presentan una vida media de 48 horas según la temperatura a las que se las expone. Mantenidas a bajas temperaturas sufren un letargo que prolonga su vida a más de 72 hs. Luego de un tiempo de su movimiento ondulatorio, se unen con sus ventosas a la superficie del recipiente y luego pierden la cola y furcas, quedando el cuerpo que reptaba a través de la superficie valiéndose de ambas ventosas, una oral y otra ventral. Las medidas fueron en promedio las siguientes, expresadas en micrometros: el cuerpo mide 290 de largo y 80 de ancho.; el tronco caudal mide 500 de largo y 50 de ancho; y las furcas miden 200 presentando cada una de ellas un velo natatorio. El cuerpo tiene espinas relativamente grandes en la zona anterior del órgano de penetración que disminuyen de tamaño al aproximarse al extremo posterior de dicho órgano. Además, tiene dos ocelos pigmentados, ubicados en el segundo tercio del cuerpo a

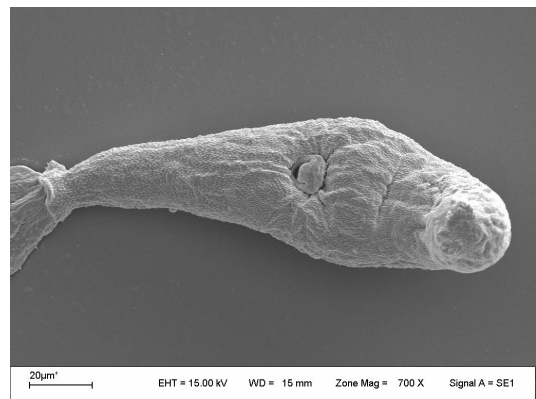
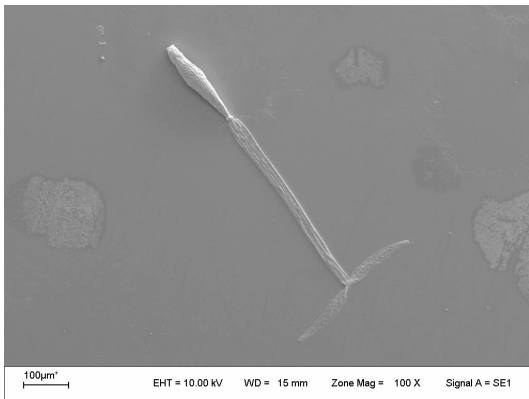
una distancia de 120 del extremo anterior, con un diámetro de 10. Posee cinco pares de glándulas de penetración que se disponen de la siguiente manera: dos por delante de la ventosa ventral, dos a la altura de la misma y uno por detrás. La ventosa ventral está ubicada en el último tercio del cuerpo a una distancia de 200 del extremo anterior, tiene un diámetro de 35. El sistema excretor está formado por lo menos por cinco pares de células flamígeras en el cuerpo y un par en el tronco caudal. El canal excretor que recorre el tronco caudal se abre en el extremo de cada furca.

Otras cercarias observadas pertenecen a familias de trematodes digeneos generalmente afectan a aves salvajes y a peces.

Discusión

Las cercariás de la familia *Schistosomatidae* tienen especial interés en el noroeste de Argentina, en Brasil y otras partes de mundo, por su patogenicidad especialmente en el género *Schistosoma* (*S.mansoni*, *S.haematobium*, *S.japonicum*) que producen las graves afecciones denominadas “esquistosomiasis”. Existen también un gran número de cercarias que parasitan a mamíferos y aves salvajes, algunas de ellas al entrar ocasionalmente en contacto con la piel humana pueden “equivocar” su hospedador y originar la dermatitis, muriendo pronto. Los ciclos de vida son similares, variando su hospedador intermediario que poseen una especificidad bastante notable.

La erradicación de estos ciclos es muy difícil debido a que no se puede erradicar los gasterópodos o las aves sin un importante daño al ecosistema y con consecuencias naturalmente impredecibles. Los cambios climáticos conllevan modificaciones y adaptaciones de distintas especies que conviven en un ecosistema, por lo tanto es posible que habiendo condiciones favorables (“cambio climático”) esa especificidad pueda cambiar y estas especies muy patógenas para el hombre, puedan adaptarse a nuevos hábitat y ser estos reservorios de agua un ecosistema potencialmente receptor de parasitosis de alto riesgo para la salud humana. Se requiere así un control y estudio constante de las variaciones del bentos animal y las consecuencias que pueden tener para la salud humana.



Figuras 1: Imágenes obtenidas con microscopía electrónica de barrido y con microscopio de interferencia

5. Conclusiones

El hallazgo y la verificación de la existencia de furcocercarias del género *Trichobilharzia* en gasterópodos es un importante avance en la búsqueda de la causa de la dermatitis que desde hace muchos años afecta a gran número de bañistas y ocasiona un notable efecto sobre el turismo y la recreación. Poner en evidencia la existencia de estos ciclos parasitarios, predispone a orientar la investigación de numerosos fenómenos naturales, como la muerte masiva de peces o aves salvajes que periódicamente ocurren en esta región.

Referencias

- ¹ Observaciones personales y datos aportados por el Centro de Salud de la villa El Nihuil, San Rafael, Mza., Argentina.
- ² Departamento General de Irrigación & FAO, 2003 – Planes Directores Cuenca Río Atuel.
- ³ Observaciones personales y datos aportados por Consultora “ Ictios” en trabajo de estudio de Eutrofización encargada por la Empresa Hidroeléctrica Hinisa-Hidisa (año 2002).
- ⁴ Observaciones personales y datos de trabajo de estudio de Eutrofización encargada por la Empresa Hidroeléctrica Hinisa-Hidisa (año 2002).
- ⁵ Ríos Leite y Costa y Costa. – Departamento de Parasitología de la Universidad de Minas Gerais – Brasil. (1984).
- ⁶ Martorelli, S. – Neotrópica, 30 (83): 97-106. – La Plata, Bs. As., Argentina. (1984).
- ⁷ Bosq, P., Szidat, L. y Soria M. F., 1955. Dermatitis Shistosómica por *Cercaria chascomusi*. *La Prensa Médica Argentina* 42 (46): 3500-3504.
- ⁸ Szidat, L., 1951. Cercarias schistosómicas y dermatitis schistosómica humana en la República Argentina. *Com. Inst. Nac. Env. Cienc. Nat., Cienc. Zool.* 2 (10):129-150.
– 1958. Investigaciones sobre *Cercaria Chascomusi* n. sp. *Bol. Mus. Arg. Cienc. Nat.* 18: 13 pág.
- ⁹ Szidat, L. yL. C. de Szidat, 1960. Eine neue Dermatitis erzeugende Cercarie der Trematoden-Familie Schistosomidae aus *Tropicorbis peregrinus* (d’Orbigny) des río Quequén. *Z. Parasitenk.* 20: 359-367.
- ¹⁰ Ostrowsky de Nuñez, Margarita. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia.* Tomo II, N° 3 (1972).
- ¹¹ Observaciones personales y datos aportados por el Centro de Salud de la villa El Nihuil, San Rafael, Mza., Argentina.
- ¹² Observaciones personales y datos aportados por el Centro de Salud de la villa El Nihuil, San Rafael, Mza., Argentina.

¹³ Bastert J., Sing A., Wollenberg A., Korting H. C. Universidad Munchen, Alemania. *Dermatology*, 1998; 197: 84 – 86.

¹⁴http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed&cmd=Search&itool=PubMed_Abstract&term=%22Horak+P%22%5BAuthor%5D

¹⁵http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Search&itool=pubmed_Abstract&term=%22Pence+DB%22%5BAuthor%5D

¹⁶[http://www.springerlink.com/\(3fsslmtotq45oa45kdzyggjg\)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,2,7;journal,165,179;linkingpublicationresults,1:103002,1](http://www.springerlink.com/(3fsslmtotq45oa45kdzyggjg)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,2,7;journal,165,179;linkingpublicationresults,1:103002,1)

¹⁷ D. Blair y K.S. Islam (1982) del Department of Zoology, University of Canterbury, Christchurch 1, Nueva Zelanda y del Department of Tropical Veterinary Science, James Cook University of North Queensland, 4811 Townsville, Queensland, Australia

Bayssade-Dufour Ch, Vuong PN, Rene M, Martin=Oler C, Martins C. Del Museum National d'histoire naturelle, biologie parasitaire, 61, rue Buffon, 75005 Paris, France.

6. Bibliografía

- Armengol, Joan, 2000. Análisis y Valoración de los embalses como ecosistemas.
- Bernard J. Nebel y Richard T. Wright, 2004 – Esquema del Proceso de Eutrofización.
- Cole, Gerard A., 1988. Manual de Limnología.
- Chani, J. M. y A. L. Echeverría, 2000. Los Embalses artificiales y la biodiversidad, un caso de estudio. Acta zoológica Lilloana.
- Departamento General de Irrigación & FAO, 2003 – Planes Directores Cuenca Río Atuel.
- Fuentes & Velo, 1993. Geología y Recursos Naturales de Mendoza (XII Congreso de Geología Argentina).
- García- Ash, 1983. -Diagnóstico parasitológico.
- Hovhanissian, Rafael y Gabrielyan, Bardukh, 1998. Investigación de los mecanismos de eutrofización del lago alpino Seva (Armenia).
- Jarett, Leonard, 1983.- Métodos y Diagnósticos del laboratorio clínico.
- Margalef, Ramón, 1983. Limnología.
- Murgel Branco, Samuel, 1984. Limnología Sanitaria, Estudio de Polución de Aguas Continentales. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos.
- Margni, Ricardo, 1979.- Inmunología e Inmunoquímica.
- Narosky, T. y A. Bosso, 1995. Manual del observador de aves.
- Narosky, T. y D. Yzurieta, 1987. Guía para la Identificación de las Aves de Argentina y Uruguay. Asoc. Ornitológica del Palta. Bs. As. Argentina.
- Nores, M. y D. Izurieta, 1980. Aves de ambiente acuáticos de Córdoba y Centro de Argentina. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. Dir. De Caza, pesca y actividades acuática.
- Olrog, C., 1984. Las aves argentinas. Una nueva guía de campo. Administración de Parques Nacionales.
- Pozzoli, José (coordinador), 1999. Guía de educación ambiental: flora y fauna de Mendoza.

- Raúl Adolfo Ringuelet, 1976. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 15 – Fasc. 1 – Moluscos.
- Raúl Adolfo Ringuelet, 1976. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 15 – Fasc. 2 – Moluscos.
- Raúl Adolfo Ringuelet, 1981. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 15 – Fasc. 3 a 7 – Moluscos.
- Raúl Adolfo Ringuelet, 1977. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 43 – Fasc. 2 – Aves.
- Zulma A. de Castellanos, 1993. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 43 – Aves.
- Zulma A. de Castellanos, 1993. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina – Vol. 9: Trematodes – Fasc. 1 – Furcocercarias.

15TCAm. AGRESIVIDAD DEL AGUA NATURAL DEL SUR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA SEGÚN EL MÉTODO DE CÁLCULO

BALANZA, M. E.; ORDOÑEZ, A. L.; SÁNCHEZ, A. M.; SANTIBAÑEZ, M. E.; GONZÁLEZ, V. N.

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Mendoza, Argentina. (mbalanza@fcai.uncu.edu.ar)

Resumen: El agua subterránea de uso industrial en la región de San Rafael, Mendoza, suele tener valores de dureza y salinidad mucho mayores que los de las aguas superficiales, ya muy duras. Si bien hay diversos métodos para el cálculo de índices de agresividad, todos se basan en la determinación del pHs (de saturación o equilibrio del CaCO_3), pero dada la influencia que puede tener la alta salinidad en el equilibrio químico de este compuesto, se estudia la pertinencia de los resultados obtenidos a través de tres métodos, a fin de verificar su aplicabilidad al sistema hídrico en estudio. La fuerza iónica del agua puede valorarse a través del análisis iónico completo o como función de los sólidos disueltos totales, pero no en función de la conductividad debido al alto contenido de sulfatos del agua. El método gráfico de Hoover y Langelier para la determinación de los índices de agresividad tiende a dar valores del pHs más altos y consecuentemente menores índices de agresividad que los reales, por lo que resulta necesario tener en cuenta la fuerza iónica del agua en el cálculo. En dichas condiciones las aguas de los diferentes puntos de muestreo aparecen como muy incrustantes ya a temperatura ambiente, situación que se agrava mucho a altas temperaturas.

1. Introducción

Las industrias, en su mayoría frutihortícolas y vitivinícolas, del sur de la provincia de Mendoza, requieren para su funcionamiento importantes cantidades de agua, por lo que utilizan principalmente agua subterránea, de buena calidad microbiológica pero de alta o muy alta salinidad y alto contenido de calcio. Es de conocimiento general que el agua de la zona posee mayormente un carácter incrustante, habida cuenta de los depósitos que se forman en cañerías e instalaciones de agua caliente.

El comportamiento de los componentes o contaminantes químicos de las aguas naturales y residuales es función de las propiedades físico-químicas que predominan en éstas. El sistema carbonatado es el principal sistema de ácido débil en aguas naturales y como tal, el responsable de su capacidad buffer. Este es un sistema de ácido diprótico débil que comprende cuatro especies: H_2CO_3 (englobando H_2CO_3 y $\text{CO}_{2(\text{aq})}$), HCO_3^- y CO_3^{2-} . La presencia de CO_2 disuelto y de sus productos de ionización (bicarbonatos y carbonatos) en el agua, influye en los equilibrios de precipitación y disolución de compuestos inorgánicos, y en la bibliografía se encuentran referencias a varios métodos de determinación de la capacidad agresiva corrosiva o incrustante de un agua, en su mayoría relacionados casi exclusivamente al equilibrio de las especies carbonatadas y el contenido de calcio, pero también con referencias a la influencia del contenido de sales totales o de los otros iones presentes en dicho equilibrio (Shams El Din, 2009; Villar Alvarado,2008; Rodier,1998; Birnhack et al., 2010)

Conociendo por trabajo previo de los autores que las aguas subterráneas de uso industrial en San Rafael, Mendoza, presentan generalmente altos contenidos de sales, con predominancia clara de los sulfatos entre los aniones, relativamente baja alcalinidad y alta dureza, a los efectos de encontrar la metodología más adecuada para el análisis de la

agresividad de dichas aguas se requiere analizar la pertinencia de los resultados obtenidos por diferentes métodos, a fin de verificar su aplicabilidad al sistema hídrico en estudio.

2. Materiales y Métodos

Se realizó el análisis fisicoquímico del agua subterránea del sur de Mendoza, obtenida en tres puntos de muestreo, en relación a los principales iones, conforme a los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, de APHA-AWWA-WPFC (1995), así como pH, conductividad eléctrica (C) y sólidos disueltos totales (SDT).

El carácter agresivo (ya sea corrosivo o incrustante) del agua se determinó como Índice de Agresividad (Ia) de Langelier, o sea, la diferencia entre el pH medido del agua y el pH de equilibrio o saturación de la misma para una determinada temperatura (pHs)

Se utilizaron tres métodos para el cálculo del pH de saturación (pHs) del agua: Método gráfico de Hoover y Langelier, por medio de un nomograma (Rodier, 1998), por cálculo según Langelier (Langelier, 1936, Barceló et al., 2002) y por cálculo teniendo en cuenta la fuerza iónica (f_i) del agua. (Barceló et al., 2002). A su vez, la fuerza iónica se calculó en base al contenido de iones y mediante expresiones abreviadas en función de la conductividad (C) y de los sólidos disueltos totales (SDT) (APHA-AWWA-WPFC, 1995)

3. Resultados y discusión

La composición media del agua en los tres diferentes puntos de muestreo elegidos y su desviación estándar a lo largo del tiempo, se muestran en la tabla 1, así como la fig. 1. Se trata, en general de aguas de elevado contenido salino como se muestra por la conductividad y residuo seco (SDT).

En la fig. 1 puede apreciarse una alta similitud de composición en el agua de los puntos II y III, mientras el punto I presenta contenidos de sulfatos y calcio mucho mayores, así como menor cantidad de iones alcalinos. Esto se confirma con el análisis estadístico de prueba de rangos múltiples y homogeneidad de grupos de Duncan, realizada para esos tres parámetros, mientras que los restantes no muestran diferencias significativas entre los puntos de muestreo.

Tabla 1. Composición media y desviación estándar del agua en tres diferentes puntos de muestreo y prueba de rangos múltiples y homogeneidad de grupos según Duncan para cada parámetro entre los diferentes puntos de muestreo (letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas del parámetro para $\alpha=0,05$).

Parámetro	Punto Muestreo I	Punto Muestreo II	Punto Muestreo III
Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$	$2505 \pm 7,1^a$	$1948 \pm 133,2^b$	$2203 \pm 145,1^b$
Residuo Seco (SDT), en mg/L	$2300 \pm 42,4^a$	$1497 \pm 117,7^b$	$1810 \pm 136,1^b$
pH	$7,0 \pm 0,14$	$6,95 \pm 0,07$	$7,80 \pm 0,17$
Dureza, en $\text{mmol CaCO}_3/\text{L}$	$16,25 \pm 1,06^a$	$8,35 \pm 0,35^b$	$9,78 \pm 1,36^b$
Calcio, en $\text{mmol Ca}^{+2}/\text{L}$	$13,50 \pm 2,12^a$	$6,45 \pm 0,21^b$	$6,57 \pm 0,44^b$
Alcalinidad, en $\text{mmol CaCO}_3/\text{L}$	$1,80 \pm 0,10^a$	$1,64 \pm 0,09^a$	$1,65 \pm 0,09^a$
Cloruros, en $\text{mmol Cl}/\text{L}$	$3,61 \pm 1,41^a$	$1,90 \pm 0,04^b$	$2,64 \pm 0,15^a$
Sulfatos, en $\text{mmol SO}_4^{-2}/\text{L}$	$12,15 \pm 0,05^a$	$7,68 \pm 0,20^b$	$8,72 \pm 0,51^b$
Carbonatos, en $\text{mmol CO}_3^{-2}/\text{L}$	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$	$0,01 \pm 0,02$

Bicarbonatos, en mmol HCO ₃ ⁻ /L	3,6 ± 0,20 ^a	3,27 ± 0,18 ^a	3,30 ± 0,18 ^a
Dióxido de carbono, en mmol CO ₂ /L	0,84 ± 0,26	0,84 ± 0,16	0,09 ± 0,09

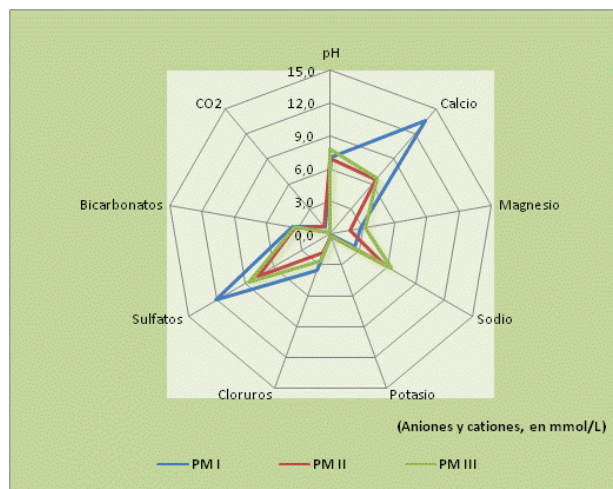


Fig. 1. Composición iónica media del agua en los tres puntos de muestreo. Parámetros de mayor incidencia.

Fuerza iónica del agua.

En la tabla 2 se muestran los valores de fuerza iónica calculados para el agua de cada punto de muestreo, tanto a partir del análisis completo, como de las expresiones reducidas en función de la conductividad o de los sólidos disueltos totales del agua.

El ANOVA muestra diferencias muy significativas entre los valores calculados en función de la conductividad con los dos métodos restantes. Los valores calculados como función de los SDT, si bien resultan menos dispersos y con valores un poco inferiores a los calculados con la composición iónica, no muestran diferencias significativas con éstos.

Tabla 2. Fuerza iónica del agua calculada en base a la concentración molar de iones y como función de la conductividad o de los sólidos disueltos totales (valores medios y desviaciones estándar) y prueba de rangos múltiples y homogeneidad de grupos según Duncan ($\alpha=0,05$), para valores obtenidos por los diferentes métodos en un mismo punto de muestreo

Fuerza iónica (mol/L)	Punto Muestreo I	Punto Muestreo II	Punto Muestreo III
$f_i = \mu = \frac{1}{2} \sum [X_i] Z_i^2$	0,062 ± 0,003 ^a	0,038 ± 0,001 ^a	0,043 ± 0,002 ^a
$f_i = 1,6 * 10^{-5} C$	0,040 ± 0,000 ^b	0,031 ± 0,001 ^b	0,035 ± 0,001 ^b
$f_i = SDT / 40000$	0,058 ± 0,001 ^a	0,037 ± 0,000 ^a	0,045 ± 0,001 ^a

El análisis de regresión se muestra en la fig. 2. Los coeficientes de determinación de las rectas de regresión muestran una alta correlación de los datos, pero cuando se analizan las pendientes de ambas rectas, puede observarse claramente que la determinación de la fuerza iónica como función de la conductividad, más allá de lo señalado mediante el análisis estadístico, no resulta un método adecuado para el tipo de agua en estudio. En caso de no

disponer de análisis completos del agua para el cálculo de la fuerza iónica, debería utilizarse como dato el contenido de sólidos disueltos totales, que si bien arroja resultados un poco inferiores a los reales, no muestra diferencias significativas. Este comportamiento al margen de lo reseñado en la bibliografía específica para el análisis del agua, se debe al alto contenido de sulfatos frente a cantidades mucho menores de cloruros y alcalinidad, lo cual modifica la relación típica entre los valores de la conductividad y los SDT.

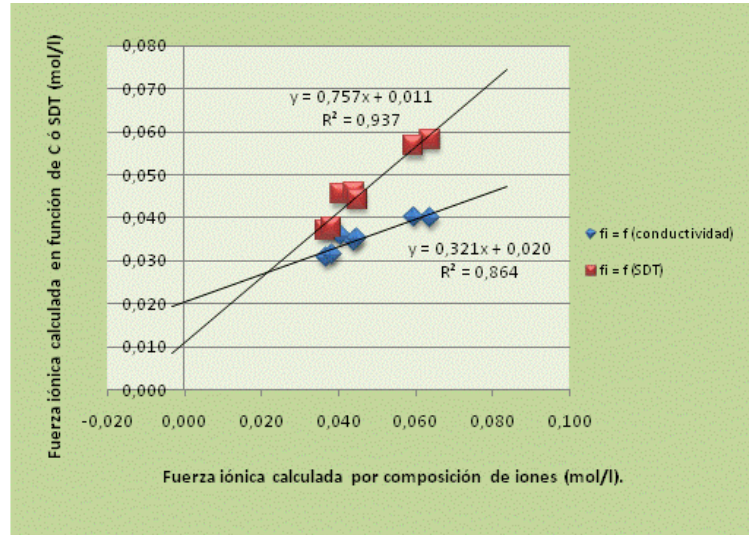


Fig. 2. Correlación de valores de fuerza iónica calculados a partir de la conductividad o de los sólidos disueltos totales del agua con los obtenidos por cálculo de la composición iónica de la misma.

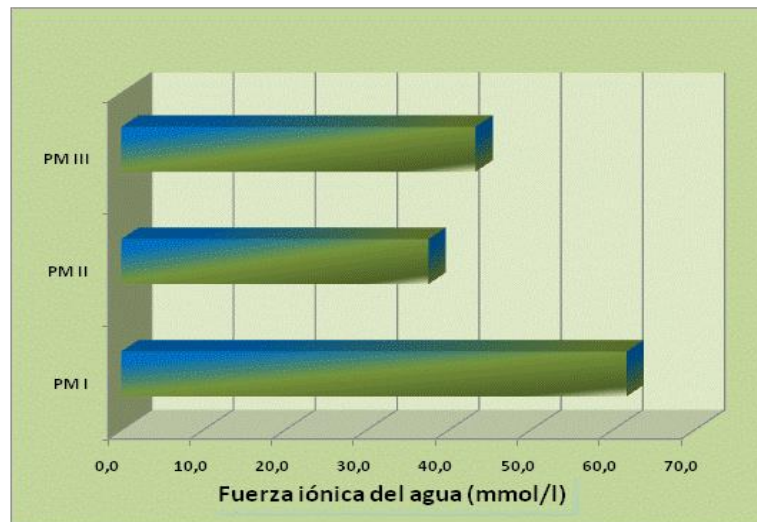


Fig. 3 Valores medios de fuerza iónica del agua para los diferentes puntos de muestreo, calculados en base a la composición iónica.

pH de saturación (pHs) e índices de agresividad del agua.

Tabla 3. pH de saturación del agua calculado con el método gráfico de Hoover y Langelier (nomograma), con la ecuación de cálculo del índice de saturación de Langelier y con la corrección por la fuerza iónica del agua, a 25°C (ambiente) y a 70°C: Valores medios, desviaciones estándar y homogeneidad de grupos en prueba de rangos múltiples de Duncan para cada punto de muestreo.

Cálculo de pHs	t (°C)	Punto Muestreo I	Punto Muestreo II	Punto Muestreo III
Hoover-Langelier (Nomograma)	25	6,80 ± 0,01 ^a	7,00 ± 0,01 ^a	7,08 ± 0,03 ^a
	70	6,05 ± 0,21	6,45 ± 0,07	6,40 ± 0,10
Índice de saturación de Langelier $pH_s = 9,3 + A + B - C - D$	25	6,46 ± 0,14 ^b	6,87 ± 0,04 ^b	6,88 ± 0,03 ^b
	70	5,76 ± 0,14	6,17 ± 0,04	6,18 ± 0,03
Corrección por fuerza iónica $pH_s = pK_2 - pK_1 + p[Ca^{2+}] + p[HCO_3^-] + 5 \left(A \frac{\sqrt{f_i}}{1 + \sqrt{f_i}} - 0,31 \right)$	25	6,58 ± 0,06 ^b	6,88 ± 0,02 ^b	6,89 ± 0,02 ^b
	70	6,04 ± 0,06	6,34 ± 0,02	6,35 ± 0,02

Como se muestra en la tabla 3, los valores obtenidos, para cada punto de muestreo, por el método gráfico de Hoover y Langelier (uno de los más ampliamente utilizados por la rapidez y facilidad de uso) son más elevados y muestran diferencias significativas en la prueba de rangos múltiples de Duncan con los otros dos métodos utilizados. Las temperaturas se seleccionaron como representativas de las características del agua a temperatura ambiente y el comportamiento en sistemas o equipos sometidos a calentamiento, sin llegar al punto de ebullición del agua.

A partir de estos valores, se hallaron los Índices de agresividad de Langelier para cada punto de muestreo y temperatura seleccionada, según la ecuación $I_a = pH - pH_s$, los cuales se grafican en las figs. 4 y 5. Dado que dichos índices consisten en la diferencia entre el pH medido del agua y el pHs calculado, en los índices aparecen iguales diferencias a las indicadas para el pH de saturación.

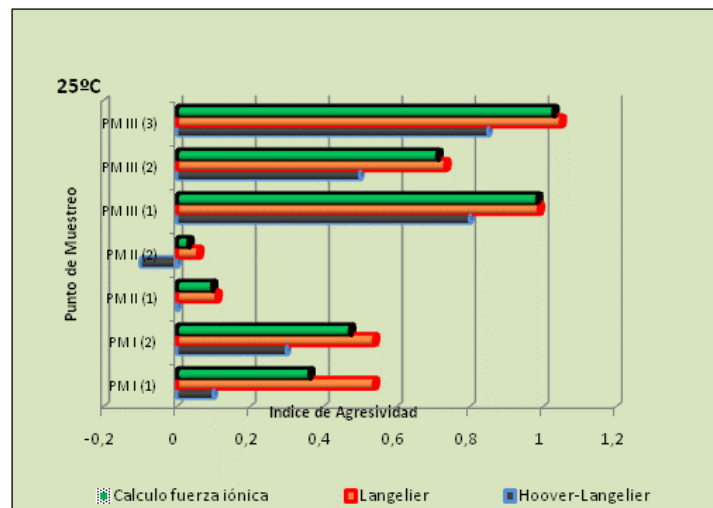


Fig. 4. Índices de agresividad de Langelier según diferentes métodos de cálculo del pHs, del agua a 25°C, para muestras individuales de los diferentes puntos de muestreo

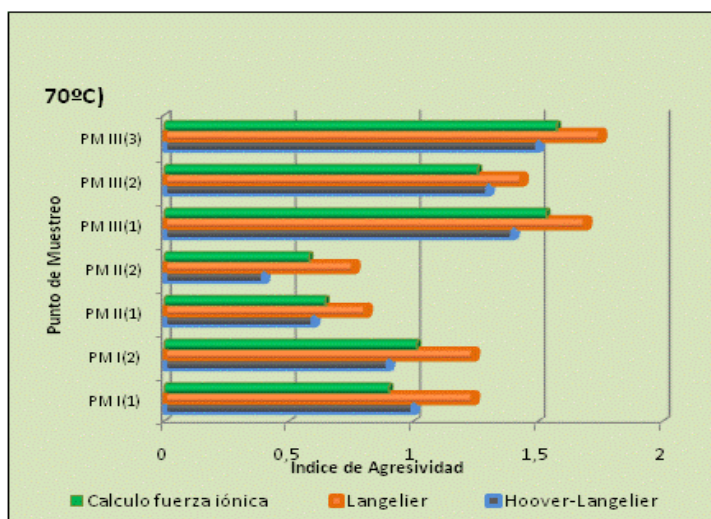


Fig. 5. Índices de agresividad de Langelier según diferentes métodos de cálculo del pHs, del agua a 70°C, para muestras individuales de los diferentes puntos de muestreo

A 25°C puede observarse que los valores obtenidos por el método gráfico de Hoover y Langelier son mucho menores a los hallados por los otros dos métodos, que prácticamente no muestran diferencias entre ellos. Con el primer método, una de las muestras examinadas presenta un índice levemente negativo, como agua corrosiva, mientras que con los métodos por cálculo muestra su verdadero carácter incrustante.

A 70°C, aparecen diferencias entre los tres métodos, dando el método gráfico valores ligeramente inferiores y el cálculo de Langelier valores superiores a los obtenidos empleando el cálculo con la fuerza iónica del agua. De ello se considera que este último debería ser utilizado como base en las determinaciones para la aplicación de tecnologías correctivas de la agresividad.

4. Conclusiones

Los resultados de la medición de la agresividad del agua varían significativamente cuando se tiene en cuenta la fuerza iónica del medio, por lo que este es un parámetro importante a determinar.

Si bien en la bibliografía aparecen métodos simplificados para la determinación de la fuerza iónica cuando no se dispone de un análisis completo del agua, como funciones de la conductividad o de los SDT, para las aguas subterráneas de la zona en estudio sólo resultaría aplicable el cálculo en función de los SDT, posiblemente debido a la influencia del contenido mayoritario de sulfatos del agua.

El método gráfico de Hoover y Langelier para la determinación de los índices de agresividad, dado que está diseñado para contenidos salinos menores que los reales en la zona, tiende a dar valores del pHs más altos, con lo que algunas aguas aparecen como corrosivas a 25°C.

Los métodos de cálculo, especialmente cuando se incorpora la fuerza iónica del agua en los mismos, muestran aguas muy incrustantes ya a temperatura ambiente, situación que se agrava mucho a altas temperaturas.

5. Bibliografía

1. APHA-AWWA-WPCF. Methods for the examination of water. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington. (1995)
2. Barceló, I.D., Allende, I., Solís, H.E., Bussy, A.L., Gonzalez, C. Determinación del estado de equilibrio de un sistema hídrico. Journal of the Mexican Chemical Society. Vol 46 Num 2, 93-104 (2002).
3. Barceló Quintal, I. D. Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, México, (2000).
4. Birnhack, L. et al., Fundamental chemistry and engineering aspects of post-treatment processes for desalinated water—A review, Desalination (2010), doi:10.1016/j.desal.2010.11.011
5. Langelier, W.F. J. Am.. Wat. Works Ass.,(AWWA) 28, pp. 1500-1521. (1936)
6. Rodier, J.:*Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar.* Ed. Omega S.A.121-130 (1998).
7. Shams El Din A.M. Three strategies for combating the corrosion of steel pipes carrying desalinated potable water. Desalination 238 (2009) 166–173
8. Villar Alvarado, M.J.; Tesis de grado Ingeniería Química, Determinación cuantitativa de la agresividad y dureza total del agua subterránea de uso industrial, en el área metropolitana de Guatemala (Región I), a través del índice de Langelier considerando iones ajenos al sistema carbonato. Universidad de San Carlos de Guatemala (2008).

16TCAm. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL DRENAJE PLUVIAL URBANO – ALTERNATIVA CLÁSICA VS SUSTENTABLE

FRANCK VACA GUZMÁN, W. R.; VERÓN, J. A.; RAMOS, J. A.; FAMA, F. S.
Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa
Maximio Victoria 55 – San Fernando del Valle de Catamarca, tel.: 03833-435112
waldofranck@hotmail.com; javeron@tecno.unca.edu.ar, julioramos@tecno.unca.edu.ar

Resumen: Las tendencias en las formas de urbanizar han sido influidas por la racionalización económica en el uso del espacio, el tradicional uso del “damero”, el incesante crecimiento de la ciudad con su consecuente y creciente impermeabilización de la “piel urbana”; factores que provocan un aumento considerable de los escurrimientos pluviales, impidiendo los procesos generales de infiltración y evapotranspiración y generando inundaciones episódicas en las zonas más deprimidas.

El presente estudio, evaluó los probables efectos significativos en el medio ambiente producto de la Implementación de un Plan de Drenaje Urbano Sustentable en las Zonas Sudoeste y Central de San Fernando del Valle de Catamarca.

Se plantearon tres diferentes alternativas/ escenarios de acción para el plan.

El primer escenario / alternativa consideró la no aplicación del plan. Un segundo escenario para el PDUS es implementar/ aplicar el plan de desarrollo urbano sustentable en la zona oeste de la ciudad. La tercera alternativa incluye la segunda y prevé extender el alcance del Plan a zonas urbanizadas más céntricas trabajando en el macrodrenaje con medidas de tipo estructural.

En una matriz se identificaron las actividades (que causan impactos y que se desarrollan en las tres fases del plan: implementación, operación y futuro inducido) y los impactos clasificados en factores y medios. Se incluye un cuadro de las definiciones de valores de categorías, componentes y parámetros.

Se calculó la importancia de los impactos y el impacto global para las tres alternativas/ escenarios considerados.

Este primer análisis da una visión global de la problemática de drenaje. Se observa como más conveniente implementar un Plan de Drenaje Urbano Sustentable. La alternativa menos conveniente sería que el proceso de urbanización siguiera realizándose como hasta ahora.

Se puede ir haciendo por etapas por que la alternativa 2 es parte de la 3, pero es importante hacer el esfuerzo de realizar este último para alcanzar realmente el objetivo de impedir que se produzcan inundaciones en las zonas más bajas del pedemonte urbano.

Las obras de macrodrenaje implican la implementación de estanques de amortiguamiento, lo que en algunos casos implica tener que expropiar terrenos estratégicamente ubicados para tal fin.

Palabras claves: Plan de Drenaje Urbano; impacto ambiental; microdrenaje; macrodrenaje

1. Introducción

La ciudad de Catamarca, Capital de la Provincia del mismo nombre fue fundada en su actual localización en 1683. Su emplazamiento se realizó en la margen derecha del río del Valle, creció hacia el oeste sobre el pedemonte, en ladera occidental de las serranías de Ambato. Este pedemonte tiene una pendiente descendente con dirección oeste – este. En los tres siglos de existencia, su población ha crecido hasta alcanzar actualmente más de 160.000 habitantes que fueron ocupando el territorio sin una adecuada planificación

urbana. Las tendencias en las formas de urbanizar han sido influidas en gran manera por la racionalización económica en el uso del espacio, el tradicional uso del “damero”, el incesante crecimiento de la ciudad acompañado de la impermeabilización de la “piel urbana”. Esta última provoca un aumento considerable de los escurrimientos pluviales, generando frecuentes inundaciones en las zonas más deprimidas. Las técnicas actuales de urbanización y pavimentación han impedido en la mayoría de los casos, los procesos generales de infiltración y evapotranspiración. Estas consideraciones nos llevan a proponer un Plan de Drenaje Urbano Sustentable especialmente en la zona más alta del pedemonte, en lo que todavía no se ha “impermeabilizado” y en lo que falta por urbanizar. Esto implicará implementar un desarrollo urbano de bajo impacto que proteja la red de drenaje natural usando técnicas que potencian la infiltración, el almacenamiento temporal y la desconexión de zonas impermeables.

2. Objetivos:

El presente estudio, analiza y evalúa los probables efectos significativos que puedan producirse en el medio ambiente, denominados impactos ambientales como consecuencia de la implementación de un Plan de Drenaje Urbano Sustentable en las Zonas Sudoeste y Central de San Fernando del Valle de Catamarca (PDUS-SFV).

3. Metodología:

Básicamente el trabajo se desarrolló en tres etapas: 1) valorización de la Importancia de los Impactos, 2) valorización sobre el medio ambiente y 3) comparación de tres diferentes alternativas para la implementación del PDUS-SFV.

El estudio comprendió la identificación de los impactos ambientales, la predicción de su comportamiento y la evaluación de los mismos.

El Anexo I comprende un listado de las actividades que causan impactos debido a su aplicación y que se desarrollan en las tres fases del plan: implementación, operación y futuro inducido. También se incluyen tablas que muestran la matriz de identificación de impactos ambientales y las definiciones para entender la valorización de la importancia de los mismos.

En el Anexo II las tablas muestran el cálculo de la importancia de los impactos según tres alternativas/ escenarios que se consideraron, en las tres fases y para cada uno de los factores del impacto. Por ejemplo “Incremento de emisión e incrementos de niveles sonoros en el aire, que es un medio físico abiótico. En el Anexo III se incluyen definiciones de valores para el Plan de Drenaje Urbano Sustentable.

En el Anexo IV se indican y calculan los impactos globales en los tres diferentes escenarios / alternativas de acción que se consideraron en relación al plan.

El plan se desarrolla en tres fases: la fase de implementación / ejecución del plan, la fase de operación del mismo y una última denominada de futuro inducido.

Las alternativas/ escenarios que se consideraron son:

- La primera alternativa considera la no aplicación del plan. No se realiza ningún cambio a la situación actual, se deja que el crecimiento urbano siga su desarrollo natural como hasta ahora. La primera fase consiste con la continuación del asfaltado de calles tal como se viene haciendo hasta ahora. Esto implica que se continúe con la impermeabilización de los territorios urbanos al oeste de la ciudad.
- Un segundo escenario es implementar/ aplicar el plan de desarrollo urbano sustentable o de bajo impacto, PDUS. En una primera fase aplicaremos el Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) en las áreas ya urbanizadas de la zona oeste de la ciudad que carecen de impermeabilización. Esto comprende toda acción que incremente el

microdrenaje tratando de evitar transferir los impactos aguas abajo. Significar promover medidas estructurales y no estructurales favoreciendo el microdrenaje. La modificación de la normativa vigente en lo referido al uso del suelo tanto público como privado será una medida no estructural a incluir en esta alternativa. Un ejemplo sería que los propietarios mantengan permeables las superficies destinadas a los jardines. En las vías públicas se propone el uso de pavimento permeable. Estas actividades se implementan con el objeto de mitigar los impactos reales y potencialmente predecibles referidos al incremento de los caudales máximos y su frecuencia que provocan inundaciones en las zonas más bajas de la ciudad. También en el diseño de nuevas urbanizaciones se prevé considerar criterios de mínimo impacto, lo que reduciría los costos del sistema de drenaje.

- La tercera alternativa incluye la segunda y prevé extender el alcance del Plan a zonas urbanizadas más céntricas trabajando en el macrodrenaje con medidas de tipo estructural. La primera fase para el tercer escenario consiste en implementar además del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS), obras de macrodrenaje.

Se considera la planificación e implementación de espacios verdes que obren como estanques de amortiguamiento distribuidos estratégicamente en diferentes zonas. En algunos casos será necesario expropiar algunos predios. Así se extenderá el alcance del Plan a la zona céntrica. La ciudad carece de grandes espacios verdes dentro del trazado urbano por lo que estos espacios que se proponen tendrán además de función de amortiguación de las crecidas urbanas la de esparcimiento y/o recreación.

A título de ejemplo se propone construir estanques de amortiguamientos en la Av. Ocampo y la Av. S. Oviedo. La primera expropiando el terreno del club “teléfono” y la segunda en el predio del ex servicio penitenciario. La direcciones de estas avenidas de oeste a este, coinciden con la dirección de la pendiente del pedemonte de la ciudad.

La fase de Operación se inicia una vez que se hayan implementado / ejecutado las obras propuestas en el Plan. En esta etapa se considerará además la operación del sistema mejorado de residuos sólidos, la puesta en marcha en marcha del nuevo reglamento de pavimentación de vías (con pavimentos permeables) y de uso y ocupación del suelo, reduciendo las superficies edificadas permitidas pero promoviendo y posibilitando mayores alturas en las construcciones.

La fase de futuro inducido se caracteriza por la habilitación de nuevas áreas urbanizables al oeste de la ciudad Capital que cumplan con criterios de sustentabilidad y la implementación de un gran espacio verde en la margen derecha del Río El Tala.

La comparación de alternativas del PDU-SFV se resume en la siguiente tabla:

RESUMEN DE LA EVALUACIÓN GLOBAL

	GLOBAL		IMPLEMENTACIÓN		OPERACIÓN		FUTURO INDUCIDO	
	ABS.	%	ABS.	%	ABS.	%	ABS.	%
Alternativa 1	500	100	-32	-6,32	-183	-36,56	-211	-42,17
Alternativa 2	500	100	-30	-6,08	119	23,84	82,8	16,56
Alternativa 3	500	100	-54	-10,8	151	30,22	56,6	11,32

4. Resultados Obtenidos:

En el Anexo I se incluyen tres tablas con el listado de actividades que causan impactos por fases; la matriz de identificación de impactos ambientales y las definiciones para entender la valorización de la importancia de los impactos

En el Anexo II las tablas reflejan y calculan la importancia de los impactos según las tres alternativas consideradas. En el Anexo III se incluyen definiciones de valores para el Plan de Drenaje Urbano Sustentable; mientras que en el Anexos IV se indican y calculan los impactos globales para las tres hipótesis

En base a las tablas incluidas en los anexos se puede resumir los cálculos en la siguiente tabla:

Luego de calcular los impactos globales para cada alternativa, se define un criterio para analizar las posibilidades de acción, resaltando la importancia de ir de lo general a lo particular. Consideremos en primer lugar la fase de Implementación en la tabla: “Resumen de la Evaluación Global”. Los valores -32 (-6.32%) y -30 (-6.08%) son similares en orden de magnitud. Esto indica que la afectación negativa por construir pavimentos impermeables versus permeables además de otros factores es similar. Lo que si se manifiesta como una afectación negativa más importante es la de la Alternativa 3: -54 (-10,8%) donde las medidas estructurales a implementar se revelan con una afectación negativa un poco más importante. Independientemente de otras consideraciones este porcentaje no se considera elevado, por lo que se puede absorber sin mayores problemas las consecuencias del Impacto negativo de la Implementación del Plan para esta opción.

Consideremos ahora los posibles impactos en la fase de operación para las tres alternativas. Para la alternativa 1, se observa una afectación negativa del orden del 37%. Este valor se revierte para las otras alternativas, en razón de que se presentan afectaciones positivas del 24% y 30% para las alternativas 2 y 3 respectivamente.

En la fase de Futuro Inducido se observa también algo similar a lo detectado en la Fase de Operación. Para la alternativa 1 se obtiene una afectación negativa del orden del 42%, sin embargo en las otras dos alternativas tenemos afectaciones positivas del 17% y 11% respectivamente.

Para profundizar el análisis y tener que optar por la alternativa 2 o la 3 se considera ahora la tabla de “Afectación relativa”. Atendiendo a las afectaciones en el medio físico abiótico si consideramos las fases inducido, operación y futuro inducido los valores aparecen como favorables para la alternativa 2.

En el análisis del medio físico biótico las alternativas 2 y 3 presentan valores similares.

Sin embargo son los valores que aparecen en la categoría medio socioeconómico los más importantes a considerar debido a que el valor de la categoría es de 300. Esto es debido a que el medio urbano esta bastante degradado y es poco lo que resta por salvar de la “impermeabilización del territorio”. Es en esta situación que observamos una afectación relativa importante de la alternativa 3 en relación a la 2: 39,57% vs 16,73%.

También el futuro inducido se ve ligeramente beneficiado 19,60% vs 16,73%.

AFECTACIÓN RELATIVA					
MEDIO	ALTER.	Valor Cat.	Porcentual (%)		
			FASE		
			i	o	fi
FÍSICO ABIÓTICO	I	120	-14,33	-24,33	-68,83
	II	120	-13,33	57,50	57,17
	III	120	-30,67	27,00	28,17
FÍSICO BIÓTICO	I	80	0,0	-93,0	-89,0
	II	80	0,0	0,0	-45,0
	III	80	0,0	0,0	-45,0
SOCIO - ECONÓMIC - CULTURAL	I	300	-4,80	-26,4	-19,01
	II	300	-4,80	16,73	16,73
	III	300	-5,73	39,57	19,60

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones Obtenidas:

Este primer análisis da una visión global de la problemática de drenaje. Se observa como más conveniente implementar un Plan de Drenaje Urbano que tenga un criterio de sustentabilidad como eje de acción. La alternativa menos conveniente sería que el proceso de urbanización siguiera realizándose como hasta ahora. Tradicionalmente se ha buscado drenar y evacuar rápidamente los escurrimientos pluviales, reemplazando el sistema natural de drenaje por elementos artificiales como calles, cunetas y colectores. Agravan la situación el hecho de que los pocos espacios verdes existentes no fueron planificados para ser utilizados para el amortiguamiento de las crecidas urbanas.

La conclusión es que sumamente conveniente implementar el plan en cuestión. Se puede ir haciendo por etapas por que la alternativa 2 es parte de la 3, pero es importante hacer el esfuerzo de realizar este último para alcanzar realmente el objetivo de impedir las inundaciones en las zonas más bajas del pedemonte urbano.

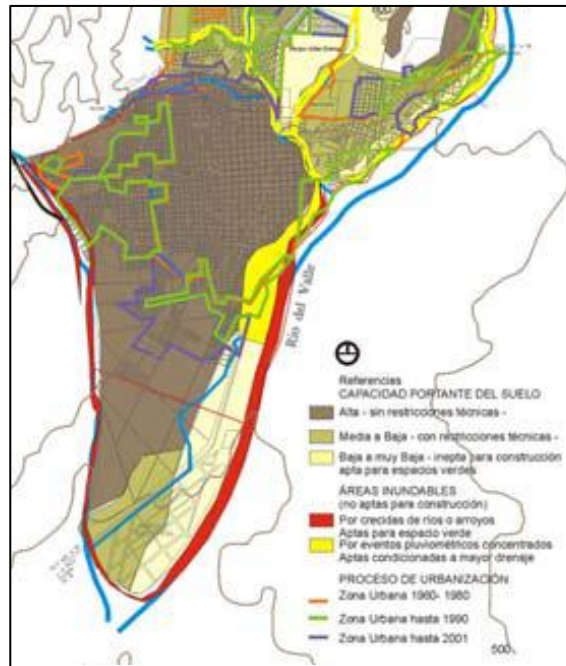
Las obras de macrodrenaje implican la implementación de estanques de amortiguamiento, lo que en algunos casos implica tener que expropiar terrenos estratégicamente ubicados para tal fin. Estos impactos hacen que el costo económico de tener que implementar esta tercera alternativa como una solución integral, sea importante. La ciudad Capital de Catamarca está en gran manera intervenida por la urbanización e impermeabilización del suelo, agravado porque no se han previsto espacios para áreas verdes. Corregir el problema integralmente implicará un gran esfuerzo dado lo avanzado de la problemática pero vale la pena intentarlo lo más antes posible.

6. Bibliografía:

- Burgos, Víctor Hugo. Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico (DUBI).- Instituto Nacional del Agua- Centro Regional Andino.
- Espinoza, Guillermo. - Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental
- Guidini, Roberto. Aprendiendo una lección de Curitiba.-

- Peláez, Juan Diego León. Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo. Ed Johan Alexander Correa Metrio
- Revisión y Actualización del Plan de Drenaje para el Área Urbana de La Paz – Informe Final del Plan Maestro – Volumen V de VII – Tomo 1 de 3: Evaluación Ambiental Estratégica: Resumen Ejecutivo Octubre 2007
- Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano.- Presidencia de la Nación – Secretaría de Obras Públicas.
- Plan Urbano Ambiental – SVC – Catamarca
- Tucci, Carlos E. M.- Gestión de Inundaciones Urbanas.

Áreas inundables por eventos pluviométricos



17TCAm. SIMULACIÓN POR CFD DE LA COMBUSTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LECHOS FLUIDIZADOS

SORIA J.^{a,c}, ZAMBON M.^a, RODRIGUEZ R.^b, UDAQUIOLA S.^b, GAUTHIER D.^c,
FLAMANT G.^c, MAZZA G.^a

- (a) Instituto Multidisciplinario de Investigación y Desarrollo de la Patagonia Norte, IDEPA (CONICET-UNCo) y Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Buenos Aires 1400, (8300) Neuquén – Argentina
- (b) Instituto de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador 1109 (O), (5400) San Juan - Argentina
- (c) Laboratoire Procédés, Matériaux et Energie Solaire (CNRS-PROMES), 7 Rue du Four Solaire, Odeillo, (66120) Font-Romeu - Francia
mariana.zambon@fain.uncoma.edu.ar

Resumen: En este trabajo, se utiliza la Fluidodinámica Computacional (CFD) –asistida con UDFs- con el objetivo de modelar, a escala local, la etapa de combustión heterogénea que tiene lugar durante la incineración de una partícula de residuo urbano en un lecho fluidizado. El modelo transiente propuesto comprende los fenómenos de transferencia de materia y calor a través de la partícula porosa, al igual que la reacción gas-sólido y el consumo del sólido.

1. Introducción:

La aplicación de tecnologías relacionadas con la combustión (incineración) de residuos está creciendo en el mundo principalmente por dos razones: reducen el peso y el volumen de los residuos por una parte, y a su vez generan energía térmica. Su espectro de utilización se encuentra ampliamente distribuido partiendo desde la eliminación de residuos sólidos urbanos, lodos domiciliarios hasta la incineración de residuos médicos, a lo que pueden agregarse las co-incineraciones. A pesar de constituir una interesante forma para el procesamiento de residuos, existe una gran preocupación en relación al impacto ambiental de esta actividad, basado en las potenciales emisiones de contaminantes que deben evitarse. Por ello resulta indispensable comprender los mecanismos y procesos que tienen lugar en la combustión de residuos al fin de desarrollar sistemas de combustión eficientes, compatibles con la protección del medio ambiente.

Un proceso que constituye una contribución relevante al conocimiento del comportamiento local de los sistemas de combustión es el de combustión de partículas de carbón. Este proceso ha sido extensamente estudiado por su interés intrínseco pero también como integrante de fenómenos simultáneos que se presentan en los sistemas de combustión de la madera, biomasa, lodos y residuos. Cooper y Hallet (2000) estudiaron la combustión de carbón en un lecho fijo, formulando un modelo que inspiró luego el modelado propuesto por Menard et al. (2006). En él se desprecian los fenómenos de atrición, fragmentación y aglomeración. El esquema de reacción adoptado es un sistema simplificado y se usa la ley de Arthur para definir la estequiometría.

Más recientemente, Yang et al. (2008) estudiaron la combustión de una sola partícula de biomasa. Los autores desarrollaron un modelo 2D sobre la base de una partícula cilíndrica, donde el dominio computacional también es cilíndrico pero mayor que el volumen de la partícula. La configuración adoptada condujo a la utilización de coordenadas cilíndricas. Adicionalmente, los autores supusieron la existencia de equilibrio térmico entre las fases sólida y gaseosa en el interior de la partícula.

Manovic et al. (2008) publicaron uno de los artículos más relevantes en la temática, en el cual se estudió el comportamiento térmico de una partícula de carbón durante su

incineración en un lecho fluidizado. Se adoptó un perfil interno de temperatura en el sólido, considerado con geometría esférica y tamaño constante. Además, los fenómenos mecánicos como la atrición y la fragmentación no fueron considerados. Durante la combustión, el área superficial varía con el grado de conversión del carbono. Los autores reportaron perfiles radiales de temperatura en la partícula para diferentes condiciones operativas (temperatura del lecho y composición del gas fluidizante).

Finalmente, Mazza et al. (2010) combinaron la combustión de una partícula de residuo con la vaporización de metales pesados contenidos en ella, que tiene lugar durante la incineración. Se aplica el modelo del consumo asintótico para tratar a la combustión y el modelo del núcleo reaccionante para describir la vaporización del metal, sobre la base de considerar la no isoterminia de la partícula. Este modelo considera que la combustión procede con cenizas no adherentes (como fue observado experimentalmente en la caracterización de la partícula), a pesar de que este enfoque general permitiría la posibilidad de incluir la presencia de cenizas adherentes, si fuera necesario.

Sobre este marco es que se decidió modelar y simular el complejo proceso de combustión heterogénea de una partícula de residuo, teniendo en cuenta además que constituye la etapa limitante en el proceso global de incineración en un lecho fluidizado y que la temperatura que alcanza la partícula en este proceso es significativamente mayor que la temperatura promedio del lecho.

2. Objetivo:

El propósito de este trabajo consiste en desarrollar un modelo de combustión de una partícula individual, utilizando la CFD, que permita luego integrar los esquemas de modelado del resto de los procesos que tienen lugar durante la incineración del residuo.

3. Metodología de utilización de la CFD en este trabajo:

La geometría del dominio computacional diseñada en 2D, junto con las condiciones de borde, se muestra en la Figura 1a (vista frontal). Consiste en una partícula de residuo fija, porosa y cilíndrica de radio R_0 y altura L . La dirección de la entrada principal de flujo (aire) es perpendicular al eje longitudinal de la partícula. Las propiedades de esta partícula (Figura 1b) junto con el análisis último se presentan en la Tabla 1.

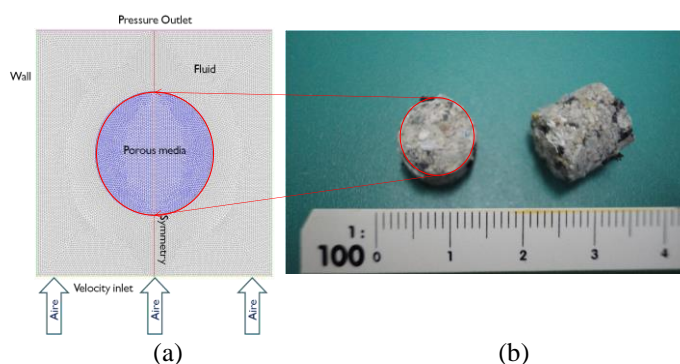


Figura 1 – (a) Características del mallado. (b) Estructura y geometría de las partículas analizadas

Tabla 1 - Características de la partícula y análisis último

Propiedad	ϵ	L [m]	R_0 [m]	r_{poro} [μm]	ρ_{app} [kg/m^3]	
Valor	0.65	1.5×10^{-2}	0.5×10^{-2}	100	614	
Análisis Último	C	H	O	N	S	Cenizas
% en peso (base seca)	45.9	6.5	30.5	1	0.3	15.8

Con el fin de lograr un modelo ágil pero a su vez robusto y con tiempos de cómputo prácticos, resulta necesaria la adopción de determinadas suposiciones y simplificaciones. Así, se considera que:

1. El flujo que circula alrededor de la partícula es laminar.
2. Existe transferencia de calor por radiación entre la partícula y sus alrededores.
3. El gas y el sólido están en equilibrio térmico en el interior de la partícula.
4. La estructura de la partícula es isotrópica.
5. La porosidad cambia proporcionalmente con el grado de conversión de carbono.
6. La capa de cenizas formada luego de la combustión se desprende instantáneamente (cenizas no adherentes).

Reacciones Químicas

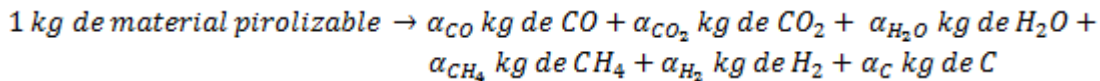
Durante la combustión de un residuo se pueden distinguir cinco procesos: secado, pirólisis, combustión homogénea de los gases generados por la pirólisis, combustión heterogénea y gasificación del C residual, cuyas principales características se mencionan a continuación.

Secado

El procedimiento de preparación de estas partículas sintéticas (compuestas por residuos reales y pegamento para papel) consiste en impregnar las muestras en una solución líquida del metal. A continuación son prensadas y finalmente secadas en una mufla de laboratorio. Es por ello que en este modelo, la etapa de secado de la partícula no es tenida en cuenta.

Pirólisis

Durante este lapso, la materia orgánica es debilitada. A medida que la temperatura aumenta, se va descomponiendo en una fracción volátil y un sólido residual (principalmente C). Es importante destacar que es difícil cuantificar experimentalmente las especies volátiles generadas durante la pirólisis. Menard et al. (2006) ha mostrado que se trata de un proceso rápido, donde se aplica la siguiente relación estequiométrica:



cuyos coeficientes se listan en la Tabla 2.

Combustión homogénea de los gases de pirólisis

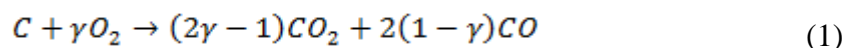
La mezcla de los gases de la pirólisis contiene, principalmente, H_2 , CH_4 y CO . Estas especies pueden oxidarse por el oxígeno presente en el aire. Se trata de un complejo conjunto de reacciones cuya inclusión en el modelado no se tiene en cuenta en este trabajo. Su consideración está contemplada en la perspectiva futura del trabajo.

Tabla 2 – Coeficientes estequiométricos para la pirólisis del residuo

Especies	CO	CO_2	H_2O	CH_4	H_2	C
α_i [masa de i/masa de material pirolizable]	0.378	0.133	0.111	0.178	0.022	0.177

Combustión de C residual.

La reacción heterogénea de combustión puede representarse mediante la ecuación (1).



$$\gamma = \frac{2+f_c}{2(1+f_c)}; f_c = \frac{c_{CO}}{c_{CO_2}} = 1340 \exp\left(-\frac{63500}{RT_s}\right) \quad (2)$$

Se utiliza una estequiometría efectiva a partir de las reacciones de combustión clásicas que dan como producto una mezcla de $CO-CO_2$. La relación CO/CO_2 es especialmente importante en los cálculos de la temperatura de la partícula durante su combustión. Con una disminución de la relación CO/CO_2 , el calor generado por la reacción aumenta provocando que la temperatura de la partícula en combustión sea mayor. Para el cálculo de esta relación, se utiliza la ley de Arthur (Arthur, 1951) indicada en la ecuación (2).

La expresión de la cinética corresponde a la ecuación (3). Se puede observar que se trata de una reacción de primer orden y que su velocidad depende de la concentración molar de oxígeno en el gas C_{O_2} , de la superficie disponible para reaccionar S_v , de la temperatura local de la partícula T y de la fracción de C disponible, X_C . El factor pre-exponencial A y la energía de activación E_a fueron tomados de Cooper y Hallet (2000).

$$r_C = A.T.e^{-E_a/RT}.C_{O_2}.S_v.X_C \quad (3)$$

La estructura de la capa límite, con la caída de concentración característica del film es evaluada por el programa. Por lo tanto, no resulta necesario tener en cuenta la difusión del oxígeno en el film mediante un coeficiente de transferencia. Esto permite que el modelo pueda aplicarse cualquiera sea el régimen: desde el controlado por la cinética (bajas temperaturas) hasta el régimen controlado por difusión (temperaturas elevadas).

Gasificación del C residual

El CO_2 y el vapor de agua pueden reaccionar con el carbono residual, modificando la combustión heterogénea, particularmente en zonas de baja concentración de oxígeno. Sin embargo, las reacciones de gasificación del residuo carbonoso son despreciables en comparación con las reacciones con oxígeno. Esto se debe a las altas temperaturas y a la atmósfera oxidante existente en el ambiente.

Ecuaciones de Gobierno

Las ecuaciones de gobierno en un código CFD consisten en:

- Ecuación de cantidad de movimiento
- Ecuación de continuidad (conservación de la masa)
- Balance de masa por especie
- Balance de Energía
- Ecuación de transferencia por radiación

El número de ecuaciones de gobierno a utilizar depende del propósito del modelo.

Así, en el caso estudiado en este trabajo, resulta necesaria la aplicación de los cinco balances. La partícula es tratada con el enfoque de “*medio poroso*”. Así, las ecuaciones de transporte habituales son modificadas de acuerdo a lo establecido por el mismo.

Generalmente, el proceso de combustión se encuentra limitado por difusión en el sólido. Por lo tanto, es necesario considerar la influencia combinada entre la difusión de Knudsen y la molecular. Todas las ecuaciones de transportes requeridas por el modelo conjuntamente con sus parámetros se resumen en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3 – Sistema de ecuaciones a resolver

Ecuación de Cantidad de Movimiento $\frac{\partial(\varepsilon\rho_f v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon\rho_f v v) = -\varepsilon\nabla p + \nabla \cdot (\varepsilon\tau) + \varepsilon B_f - \frac{\mu}{K} v$	Balance de masa para el C residual $\rho_{\text{res}} \frac{dX_c}{dt} = -r_c$
Balance de masa global para la fase gaseosa $\frac{\partial(\varepsilon\rho_f)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon\rho_f v) = r_c$	Balance de Energía $(\rho c_p)_{\text{gas}} \frac{\partial T}{\partial t} + (\rho c_p)_f v \nabla T = \nabla \cdot (k_{\text{eff}} \nabla T) + r_c \cdot (-\Delta H_c)$
Balance de materia por especies gaseosas ($i = CO_2, CO, O_2$ y N_2) $\frac{\partial(\varepsilon\rho Y_i)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon\rho v Y_i) = \nabla \cdot (\varepsilon D_{\text{eff},i} \nabla Y_i) + S_i$	Ecuación de Transferencia de Calor por Radiación $\frac{dI(\vec{r}, \vec{s})}{ds} + (\beta_{\text{abs}} + \beta_{\text{scat}}) I(\vec{r}, \vec{s}) = \beta_{\text{abs}} n^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\beta_{\text{scat}}}{4\pi} \int_{\Omega} I(\vec{r}, \vec{s}') \Phi(\vec{s}, \vec{s}') d\Omega'$

Tabla 4 – Correlaciones para estimar los parámetros del modelo

Coeficientes de difusión $D_{\text{eff},i} = \left(\frac{\varepsilon}{\tau}\right) D \quad \text{donde} \quad D = \left(\frac{1}{D_{m,i}} + \frac{1}{D_{K,i}}\right)^{-1}$ $D_{K,i} = \frac{4}{3} \left(\frac{8RT}{\pi M_i}\right)^{1/2} K_0$ $D_{m,i} = \frac{10^{-2} T^{1.75} [(M_i + M_g)/M_i M_g]^{1/2}}{P [(\sum v_A)^{1/2} + (\sum v_B)^{1/2}]^2}$	Conductividad efectiva $k_{\text{eff}} = \varepsilon k_f + (1 - \varepsilon) k_s$ Coeficiente de absorción radiante $\beta_{\text{abs}} = 1.5 \frac{(1 - \varepsilon) \varepsilon_g}{d_{\text{parto}}}$
---	---

Solución Numérica:

Las ecuaciones se resolvieron numéricamente utilizando el *Software* de CFD ANSYS FLUENT, el cual aplica el método de discretización de volúmenes finitos. A pesar de que se trabaja en 2D, el software permite fijar en el eje z la profundidad de celda. De esta manera, es posible asignar a la profundidad el valor de la longitud de la partícula L , lográndose así tener en cuenta el volumen de la partícula en los cálculos numéricos.

Es preciso remarcar que el aspecto crítico para lograr simular correctamente el comportamiento de los fenómenos asociados a la combustión heterogénea (generación de gases productos de la combustión, incremento de la temperatura, disminución del tamaño de partícula, etc.), reside en la necesidad de valerse de la programación en lenguaje C++ para crear funciones denominadas “UDF (*User Defined Function*)”, las cuales se acoplan al algoritmo de cálculo provisto por ANSYS FLUENT. Así, durante los ciclos iterativos, el código llama a estas funciones toda vez que es necesario. Finalmente, se trabajó con esquemas de discretización de segundo orden para obtener soluciones más precisas, se aplicó la alternativa “*Pressure Based Method*” para resolver la ecuación de Navier-Stokes (debido a las bajas velocidades del gas), la ecuación de transferencia de calor por radiación fue resuelta por el método de Ordenadas Discretas (OD) y se modificaron los factores de subrelajación a los fines de evitar posibles inestabilidades.

4. Resultados:

Se realizaron simulaciones a tres niveles de temperatura promedio de lecho diferentes: 923 K, 1023 K y 1123 K. En la Figura 2 se muestran resultados obtenidos, en particular para la temperatura intermedia (1023 K). Como es de esperar, el control de la combustión es difusivo, ocurriendo la reacción heterogénea sobre una delgada capa situada cerca de la superficie de la partícula (Figura 2c). Por lo que los parámetros que afectan la difusión del oxígeno son determinantes.

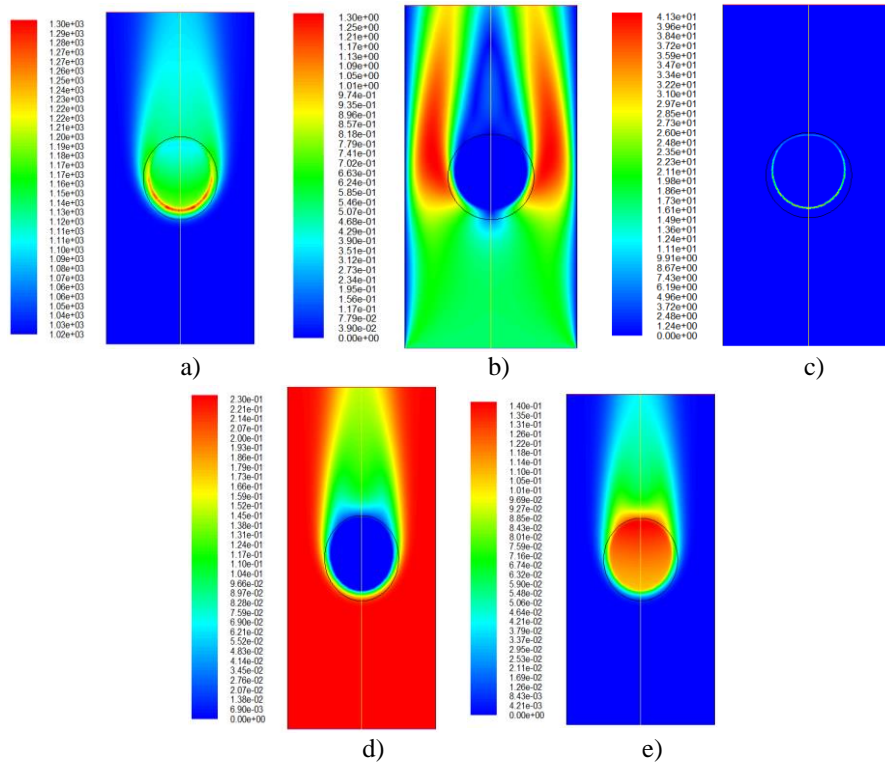


Figura 2 – Gráficos de contorno. ($T_{lecho} = 1023$ K, $t = 30$ segundos). a) Temperatura. b) Velocidad. c) Zona de reacción. d) Fracción másica de O₂. e) Fracción másica de CO₂.

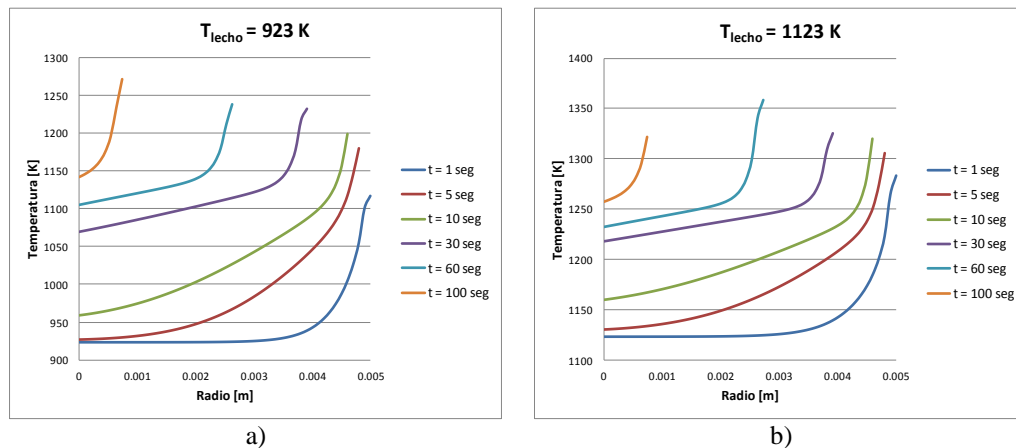


Figura 3 – Temperatura de la partícula en función del radio

También queda en evidencia la existencia de gradiente térmico radial (Figura 2a), por lo que la partícula se comporta no isotérmicamente, especialmente al inicio de la combustión. En la Figura 2b se puede corroborar el perfil de velocidades de un flujo laminar. Otro punto a destacar se aprecia en la Figura 2d: la fracción másica de oxígeno cae a cero sobre la superficie de la partícula, característico de sistemas gas-sólido reactivo controlados por difusión.

Adicionalmente, para las dos experiencias restantes ($T_{lecho} = 923$ K y 1123 K), en las Figuras 3a y 3b se representa la evolución de la temperatura en la partícula a lo largo del radio de la misma para diferentes tiempos de reacción. Se puede apreciar la existencia de un gradiente de temperatura significativo entre la superficie de la partícula y su centro.

5. Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo local para predecir la combustión de una partícula individual de residuo urbano en un lecho fluidizado, haciendo uso de la Fluidodinámica Computacional. Se representó a la partícula con el enfoque de “*medio poroso*” agregándose un completo conjunto de UDFs con el fin de lograr la evaluación de aspectos fundamentales que conciernen a la cinética, la termodinámica y características estructurales de sistemas gas – sólidos reaccionantes.

Los resultados muestran que, inclusive a las temperaturas más bajas simuladas, el proceso de oxidación está principalmente controlado por difusión, en concordancia con lo reportado por Manovic et al (2008). Adicionalmente, la no uniformidad de temperatura en la partícula se condice con las observaciones experimentales y teóricas realizadas por diversos autores (Manovic et al, 2008; Yang et al, 2008).

Finalmente, se puede concluir que el modelo desarrollado representa correctamente los fenómenos de transferencia de materia y energía y puede aplicarse tanto en condiciones donde controla la difusión (altas temperaturas) como en regímenes controlados por la cinética química (bajas temperaturas), siendo ésta una de las características más destacadas del modelo.

6. Bibliografía:

- Arthur, J. (1951). Reactions between carbon and oxygen. Farad. Soc. Trans, 47:164-78.
- Cooper, J.; Hallet, W.L.H. (2000). A numerical model for packed-bed combustion of char particles, Chemical Engineering Science 55, 4451-4460.
- Manovic, V.; Komatina, M.; Oka S. (2008). Modeling the temperature in coal char particle during fluidized bed combustion, Fuel 87, 905-914.
- Mazza, G.; Falcoz, Q.; Soria, J.; Gauthier, D.; Flamant, G. (2010). Nonisothermal particle modeling of municipal solid waste combustion with heavy metal vaporization, Combustion and Flame 157, 2306-2317.
- Menard, Y.; Asthana, A.; Pattison, F.; Sessiecq, P.; Ablitzer, D. (2006). Process Safe. Environ. Protect. 84 (SI B4) 290-296.
- Yang, Y.; Shafiri, V.N.; Swithenbank, J.; Ma, L.; Darvell, L.I.; Jones, J.M.; Pourkashanian M.; Williams, A. (2008). Combustion of a single particle of biomass, Energy Fuels 22, 306-316.

18TCAm. APORTES AL DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, MENDOZA, ARGENTINA

DROVANDI, A.^{1,2}; ZULUAGA, J.^{1,2}; FILIPPINI, M.¹; CÓN SOLI, D.¹; VALDES, A.¹; NACIF, N.¹; DEDIOL, C.¹; MORSUCCI, A.²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo - A. Brown 500 (5505) Chacras de Coria, Mendoza, Argentina. ² CRA-INA - Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza, Argentina.
E- mail: adrovandi@ina.gov.ar

Resumen: Potrerillos es un asentamiento ubicado en el valle del Río Mendoza, que se consolida a partir de la instalación de la estación del ferrocarril Trasandino (1891). Existen varios asentamientos a lo largo de la subcuenca del Río Blanco, que se han instalado paulatinamente en la zona, perdiéndose de esta manera la actividad agro ganadera para convertirse en una zona con gran predominio turístico, con poca ocupación permanente. Se observa una fuerte inclinación a la actividad turística, destacándose un acelerado proceso de cambio, advirtiendo un crecimiento explosivo de la actividad de la construcción destinado al hospedaje temporario. A nivel de las urbanizaciones mencionadas, se estima que se está produciendo ya una fuerte contaminación de las napas freáticas, debido a la falta de servicios de saneamiento (cloacas y planta de tratamiento de efluentes). Las aguas servidas se tratan en pozos sépticos, que percolan a las napas freáticas; la importante pendiente de la zona hace predecir que en un corto plazo esta contaminación llegue al embalse, disminuyendo la calidad de sus aguas.

Entre los principales objetivos propuestos para el presente estudio se realiza el monitoreo de parámetros físico-químicos y biológicos del agua para realizar propuestas para una gestión más sustentable del recurso hídrico en el área. Se seleccionaron 9 sitios de muestreo, correspondientes al río Blanco, sus principales afluentes, al embalse Potrerillos y una perforación subterránea, que se abastece de agua freática a 9 metros de profundidad. Periódicamente se realizan muestreos dichos puntos determinado parámetros como pH, CEA, cationes, aniones, RAS, oxígeno disuelto, NO_3^- y PO_4^{-3} , algunos metales pesados, bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y fecales. Los resultados han sido comparados con estándares adecuados, y con estudios desarrollados desde el 2005 por este equipo de trabajo, donde se han determinado modificaciones negativas en aspectos cuantitativos y cualitativos del recurso hídrico, ocasionados principalmente por el aumento de la actividad humana y el consecuente incremento de vertidos y residuos contaminantes. Si bien se han encontrado en general aguas con buenas características de calidad físico-química, se ha determinado la presencia de bacterias coliformes, que si bien no afectarían la calidad del agua para riego, constituyen un potencial problema para la salud humana, pues tanto los contenidos de coliformes totales como de coliformes fecales sobrepasan en general los correspondientes valores límite dados por el CAA para agua potable, observándose picos de contaminación con los deshielos primaverales.

Palabras clave: calidad, recurso hídrico, gestión, Río Blanco, Potrerillos

1. Introducción

Parte del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Mendoza se realiza desde el Río Blanco. Para tal fin, en la zona de Potrerillos se han construido obras de toma y una planta de tratamiento para potabilizar el agua, la que se envía por un acueducto a la zona urbana de Mendoza. Cuando se construyeron estas obras, la población establecida en la zona de Potrerillos era muy escasa, por lo que el consumo de agua como los desechos producidos no eran relevantes, como tampoco lo era el impacto generado sobre el ambiente. Esa situación ha cambiado en las dos últimas décadas, en las que se ha incrementado significativamente la presencia de barrios con población estable y sobre todo de fin de semana, para atender a una creciente demanda turística. Estas viviendas se abastecen de agua a partir de vertientes y cursos superficiales pertenecientes a la cuenca del Río Blanco. Asimismo, la actividad humana que se desarrolla genera una cantidad creciente de residuos sólidos y líquidos contaminantes. Como consecuencia de ello, y debido a las modificaciones que se han producido sobre la geomorfología y el paisaje de la cuenca del Río Blanco, se presume que se estarían induciendo modificaciones negativas en los aspectos cuantitativos y cualitativos del recurso hídrico disponible en las obras de toma.

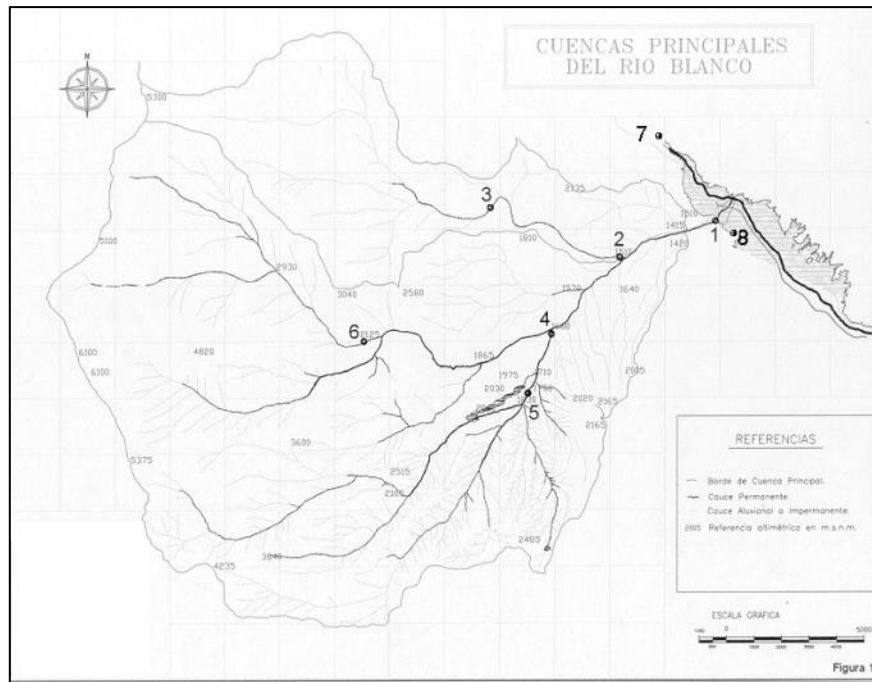
La entrada en operación del dique Embalse Potrerillos, ocurrida hace unos pocos años, sin dudas está influyendo significativamente en el proceso de desarrollo de la zona, incrementándose la presencia de loteos destinados a la construcción de casas de fin de semana, así como al desarrollo de campings. A nivel de las urbanizaciones presentes a lo largo de la subcuenca del Río Blanco, se está produciendo una fuerte contaminación de las napas freáticas, debido a la falta de servicios de saneamiento (cloacas y planta de tratamiento de efluentes) Las aguas servidas se tratan en pozos sépticos, que percolan a las napas freáticas; la importante pendiente de la zona hace predecir que en un corto plazo esa contaminación llegará al embalse, disminuyendo la calidad de sus aguas.

2. Objetivos

- (i) Relevar las fuentes de contaminación del recurso hídrico en la cuenca del Río Blanco;
- (ii) Analizar la actual gestión del recurso hídrico en la cuenca; y (iii) proponer futuras acciones para mejorar el manejo del agua.

3. Metodología

De la extensa red del sistema del Río Blanco se seleccionaron 6 sitios de muestreo, correspondientes al río y a sus principales afluentes: Alto Las Vegas, Vallecitos, Río Las Mulas, Alto Manantiales y Río Blanco. A partir de mayo de 2008 se agregaron otros dos sitios de muestreo: uno en el Río Mendoza antes de la cola del embalse, para evaluar la calidad del agua proveniente de la alta cuenca, y otro en el propio embalse, aguas abajo de la desembocadura del Río Blanco. Finalmente, en junio de 2009 se incorporó a la red de muestreo una perforación subterránea, que se abastece de agua freática a 9 m. de profundidad, denominada "Pozo Romero". Se ubica en El Salto, a unos 2000 m del sitio de muestreo, y el objetivo de su incorporación es monitorear la presencia de contaminantes de tipo fecal en las aguas subterráneas. La figura 1 permite apreciar el área de estudio y los puntos de muestreo.



Referencias: (1) Río Blanco; (2) El Salto; (3) Alto Manantiales; (4) A° Las Mulas; (5) Alto Las Vegas; (6) Vallecitos; (7) Río Mendoza; (8) Embalse Potrerillos

Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo

In situ se realizaron las siguientes determinaciones: Conductividad Eléctrica (CE) con conductivímetro portátil marca Eijkelkamp, pH con pH-metro portátil marca Eijkelkamp, Temperatura: con termómetro analítico, y Oxígeno Disuelto (OD) con medidor portátil. En el laboratorio se determinó: (i) Salinidad y peligrosidad sódica: se valoró la concentración de los iones Sodio (Na) y Potasio (K) por fotometría de llama; Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), por complexometría con EDTA; Carbonatos (CO_3^{2-}) y Bicarbonatos (HCO_3^-), mediante volumetría ácido-base; Cloruros (Cl^-), con método volumétrico de Mohr. Además se calculó el RAS (Relación de Adsorción de Sodio); (ii) Fosfatos: por el método colorimétrico del ácido salicílico (APHA, AWWA, WPCF, 1992), en espectrofotómetro HACH DR/2010, con kit correspondiente. Los resultados se expresaron como $\text{mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$; (iii) Nitratos: se determinó por el método por reducción con cadmio, empleando kits del laboratorio HACH. Las lecturas se realizaron en espectrofotómetro de la misma empresa y se expresaron en mg/dm^3 ; (iv) Bacterias aerobias mesófilas: recuento en ágar por Standar Methods 9215.B (APHA, AWWA, WPCF, 1992); (iv) Bacterias coliformes totales: técnica del NMP (APHA, AWWA, WPCF, 1992); (v) Bacterias coliformes fecales: técnica del NMP (APHA, AWWA, WPCF, 1992); (vi) Metales pesados: por espectrofotometría de Absorción Atómica (APHA, AWWA, WPCF, 1992), sobre las muestras previamente sometidas a digestión ácida, con Espectrofotómetro de Absorción Atómica, para determinación de cobre, cinc, plomo, cadmio y manganeso. Se utilizaron estándares certificados. Se realizaron 10 muestreos entre junio de 2009 y octubre del 2010, en 9 puntos de la cuenca.

4. Resultados

En cuanto al **pH**, en todos los casos los valores fueron inferiores a 8,5 que es el valor máximo admisible para el desarrollo de vida acuática (Tyller Miller, 1994)

Los valores de **Conductividad Eléctrica Actual** (CEA) mostraron una clara diferencia entre los diferentes puntos de muestreo. Las muestras de las nacientes de los arroyos, en los sitios de Alto las Vegas y Alto Manantiales, fueron las que manifestaron valores menores para este parámetro, no superándose los $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, lo que indica que su salinidad es “baja” según la Clasificación de Riverside (Avellaneda et al, 2004), o “escasamente salina” según Wainstein (Avellaneda et al, 2004) En los restantes puntos, la salinidad se presentó como “moderada” o “levemente salina”, alcanzándose un valor máximo de $670 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, registrado en junio de 2010 en el Río Blanco. Ello indica que el agua es adecuada para el riego de todos los cultivos, aún para los sensibles, debido a la buena permeabilidad de los suelos de esta zona. Además, se nota claramente cómo la carga salina aumenta desde las nacientes de los arroyos hasta llegar al Río Blanco en su desembocadura en el Embalse. El Río Mendoza escurre por una cuenca geológicamente diferente a la del Río Blanco. Sus valores medios históricos de CEA oscilan entre 800 y $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Esa característica hidroquímica la transfiere a las aguas del Embalse Potrerillos. Se destaca que el Río Mendoza, en mayo y agosto de 2010, presentó valores cercanos a los $1200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, nunca antes registrados en el marco de los estudios de este grupo de trabajo. Esa tendencia se mantuvo durante los meses de estiaje (setiembre a diciembre) lo que se debería a que los caudales del ciclo hidrológico han sido los más bajos de las últimas décadas, por las escasas precipitaciones níveas en alta montaña, aún menores que el mínimo histórico (año 1968)

En cuanto a la Peligrosidad Sódica (manifestada a través del **RAS**) se apreció que los más altos valores se presentaron en el Río Mendoza y en el Embalse Potrerillos, en el muestreo de agosto de 2010. Dentro de la subcuenca del Río Blanco, el máximo valor (cercano a 1,50) se presentó en las aguas del Arroyo El Salto. Sin embargo, en todos los casos los valores se encontraban alejados del valor 10, considerado como límite superior de la categoría S1 de Riverside, correspondiente a “Baja Peligrosidad Sódica”. Por ello, estas aguas pueden ser utilizadas para el riego en casi todos los suelos, sin peligro que el nivel de sodio intercambiable suba demasiado, pudiendo así resultar problemático para las plantas.

Respecto del **Oxígeno Disuelto**, sus valores también se presentaron como adecuados, superándose inclusive en varias oportunidades los 9 mg/l. En el Embalse Potrerillos, sus resultados indicaron buenas condiciones para la autodepuración de la materia orgánica.

Los valores de **Nitratos** en general no superaron el máximo tolerable de $45 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dado por la Resolución N° 778 del Departamento General de Irrigación. Se pudo apreciar un valor extraordinario en la muestra de Alto Manantiales en el mes de noviembre de 2009, el que superó ampliamente al registrado en marzo de 2008, de $7,53 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el Arroyo El Salto, ubicado aguas abajo de una de las villas más urbanizadas de la cuenca. Ese valor en la alta cuenca del Río Blanco podría deberse a que en dicho mes (noviembre) la fusión nival arrastra heces depositadas por el ganado bovino y equino en los valles durante el pastoreo del verano anterior. Un dato alentador es que tanto en los muestreos del Río Mendoza como del Embalse Potrerillos sus valores no superaron los $2 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Los valores de **Fosfatos**, en general, también se mostraron por debajo del límite máximo tolerable del DGI, de $0,70 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, lo cual se explica debido a que no hay establecimientos agroindustriales que vuelquen a los cauces sustancias de tipo detergentes, pudiendo en este caso tener su origen solamente en desagües de tipo domiciliarios. Las muestras cuyos valores superaron dicho límite fueron las correspondientes al Río Blanco en diciembre de 2009, Río Las Mulass en febrero de 2010, y Vallecitos en octubre de 2010. En el primer

caso, el valor hallado corresponde con una época de alta afluencia de turismo en la zona, por lo que ese dato estaría reflejando la incorporación de efluentes domiciliarios en la cuenca superior. El mismo motivo puede atribuirse al alto valor hallado en el Río Las Mulas, que se ubica en el tramo medio de la cuenca, siendo históricamente el segundo cauce más contaminado del área. El tercer caso (en Vallecitos) corresponde a una zona que, si bien se ubica en las nacientes de la subcuenca, recibe efluentes contaminantes de los desagües de las instalaciones de la estación de esquí que se encuentra aguas arriba.

El principal problema de calidad del agua encontrado en la cuenca del Río Blanco radica en la contaminación microbiológica. Así, en cuanto a **bacterias aerobias mesófilas**, en la Figura 2 se aprecia que muy frecuentemente las muestras del Embalse Potrerillos han sobrepasado ampliamente el valor límite dado por el Código Alimentario Argentino (C.A.A. 1998) para agua potable, de 500 U.F.C/cm³. Este cuerpo es centro recreativo de habitantes del Gran Mendoza, por lo que no es extraño encontrar tales valores. El Río Blanco, en abril de 2010, también mostró un valor elevado para este parámetro (2000 U.F.C/cm³) Ello puede explicarse, al igual que para otros parámetros antes enunciados, se trata del sector más bajo de la cuenca, en donde se concentra la carga microbiana. Si bien el agua es distribuida por el Departamento General de Irrigación para el riego, en la práctica también se la utiliza en el abastecimiento de viviendas, empleándose para aseo personal, lavado de alimentos, y a veces aún para beber.

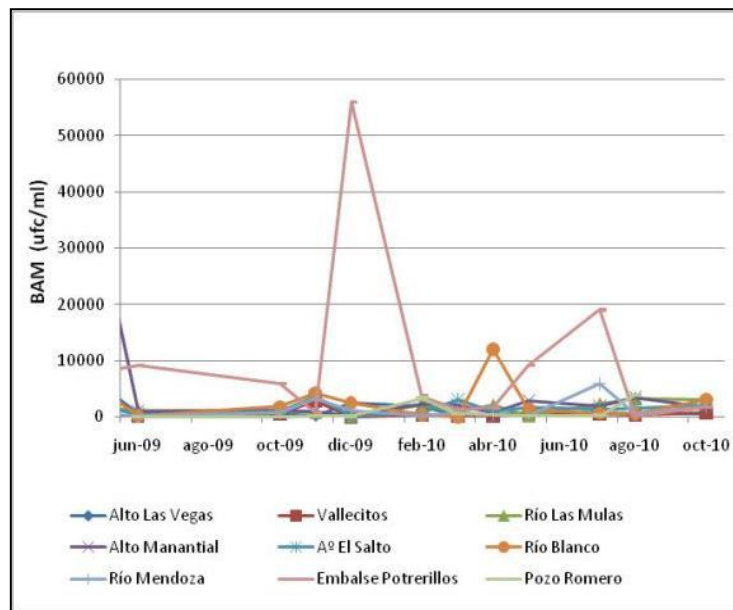


Figura 2. Variación de bacterias aerobias mesófilas

Los resultados de **bacterias coliformes totales** indican que, frecuentemente, se sobrepasa el límite del CAA para agua potable (NMP = 2 bacterias/100 cm³) La mayor carga contaminante aparece en diciembre de 2009 en el embalse (24.000 bacterias/100 cm³) superando a los de muestreos en Alto Las Vegas y Vallecitos en noviembre de 2007. Respecto de las **bacterias coliformes fecales**, la totalidad de los resultados sobrepasaron el límite fijado por el CAA para agua potable, de “ausencia” en 100 cm³ (C.A.A., 1998) Su presencia en agua indica una descarga de materia fecal, lo cual supone que junto a ellas pueden encontrarse microorganismos patógenos, peligrosos para la salud humana (Stocker, 1981) En el área de estudio, el agua destinada a riego se emplea para otros usos sin tratamiento, tanto por obreros rurales como por acampantes en la orilla del río. Ello indica un riesgo potencial del curso de agua como transmisor de enfermedades de origen fecal. De la misma forma pueden transmitirse enfermedades al regar con agua contaminada

cultivos de hoja, en contacto directo con el agua, y que luego son consumidos crudos en ensaladas.

En diciembre de 2009 se alcanzaron valores cercanos a 750 NMP/100 cm³ en el Río Blanco, mientras que en el embalse se registraron valores superiores a 400 NMP/100 cm³ en varias ocasiones. Los altos valores registrados, tanto para coliformes totales como para coliformes fecales, se debería a la influencia de desagües domiciliarios que contaminarían el acuífero freático, como se observa en la muestra del “pozo Romero”, cuyos valores pasaron de 30 NMP/100 cm³ en diciembre de 2009, a 230 NMP/100 cm³ en diciembre de 2010. Esa perforación se utiliza para extraer agua para abastecimiento domiciliario.

Respecto de los resultados de los **metales pesados** que ya venían siendo monitoreados (cobre, plomo, cadmio y cinc) sus valores en general se ubicaron por debajo de los límites respectivos según normativa. Sin embargo, en el caso del cadmio se detectaron valores superiores a los establecidos para agua de riego (0,01 mg.l⁻¹ según EPAS, 1996) para la mayoría de los puntos muestreados y en diversas ocasiones. Los sitios más altamente contaminados con este metal correspondieron a Río Blanco, Arroyo El Salto y Vallecitos.

5. Conclusiones

Respecto del contenido de sales totales, se puede aseverar que las aguas de la cuenca del Río Blanco son aptas para el riego de todos los cultivos. En el caso de especies sensibles, se requiere que el suelo sea moderadamente permeable. En relación con la peligrosidad sódica (RAS) dentro de la cuenca del Río Blanco, puede decirse que todas las aguas de esta subcuenca son de “baja peligrosidad sódica”. Si se analiza el pH, se observa que en todos los casos los valores fueron inferiores a 8,5 valor máximo admisible para el desarrollo de vida acuática (Tyller Miller, 1994) En cuanto al oxígeno disuelto, los valores medidos se mostraron como adecuados. En cuanto a Nitratos y fosfatos, en general los valores encontrados no superaron los respectivos límites máximos tolerables según el DGI.

El principal problema de calidad del agua encontrado en la cuenca del Río Blanco radica en la contaminación microbiológica. A pesar de ello, puede decirse que el agua del Río Blanco es apta para el riego de cultivos de hoja que se consumen crudos, así como para frutales regados por aspersión y pasturas en general (“tipo A” según las directrices sobre calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura para riego restringido, ACRE) Sin embargo, dichas aguas no aparecen como aptas para usos tales como el doméstico, bebida de animales o recreación, ya que no cumplen con las normas del Código Alimentario Argentino.

En cuanto a las aguas del Embalse Potrerillos, se aprecia que con mucha frecuencia que las Bacterias Aerobias Mesófilas, Coliformes Totales y Coliformes Fecales han sobrepasado ampliamente los valores límite dados por el Código Alimentario Argentino (C.A.A. 1998) para agua potable. Este cuerpo de agua constituye un importante centro recreativo y de pesca para los habitantes del Gran Mendoza, por lo que es razonable encontrar dichos valores en sus aguas. Una explicación similar a la anterior puede justificar algunos valores medidos por encima de los límites en las aguas del Río Mendoza, en algunos muestreos realizados aguas abajo de estaciones donde se practican deportes acuáticos como el rafting. La incorporación de datos de calidad de agua de una perforación en la zona de El Salto, que extrae agua freática de una profundidad de 9 m, ha permitido verificar la presencia de bacterias coliformes totales y fecales. Su origen serían desagües domiciliarios que contaminan el acuífero freático. Lo alarmante de esta situación es que, además de notarse un incremento de la carga contaminante, dicha perforación es empleada para extraer agua para abastecimiento domiciliario.

En general, puede decirse que la carga contaminante aumenta desde las nacientes hasta la desembocadura del Río Blanco en el embalse, resultando ser los afluentes más

contaminados los arroyos Las Mulas y El Salto. La actividad antropogénica es la principal causa de contaminación del sistema, por lo que una eficiente policía del agua que haga cumplir toda la reglamentación destinada al vuelco de efluentes por parte de los usuarios particulares, y una oportuna planificación del mantenimiento, adecuación y construcción de plantas de tratamiento de efluentes, evitará que los arroyos se transformen en colectores de aguas contaminadas. Como recomendación a futuro, deberá continuarse con los análisis microbiológicos al menos, en momentos y sitios críticos de la cuenca. Es aconsejable continuar con los muestreos en el Río Mendoza antes de su ingreso al Embalse Potrerillos, y dentro de éste aguas abajo de la desembocadura del Río Blanco, ya que se han observado importantes picos de contaminación por coliformes fecales. También es recomendable continuar con el monitoreo de la calidad del agua freática en el pozo Romero. Además, se debe recomendar que se completen las obras de potabilización para disponer de agua apta para consumo humano. Es recomendable realizar inspecciones con mayor frecuencia a aquellos establecimientos que ofrecen actividades deportivas, tanto de invierno (esquí); como de verano (rafting) instalados a orillas de los ríos, ya que contaminan el agua con desechos domiciliarios. El período más crítico es el de primavera, donde a la actividad turística que se desarrolla a la orilla de arroyos y ríos se le suma la fusión nival, que arrastra a los cauces las heces de animales que pastorearon en la alta cuenca en el verano anterior. Le siguen en importancia las vacaciones de invierno, de verano y fines de semana largos.

6. Bibliografía

- APHA - AWWA – WPCF, 1992. “Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales”; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.
- Avellaneda M., A. Bermejillo y L. Mastrantonio, 2004. “Aguas de Riego”. Ediunc. Mendoza
- CAA (Código Alimentario Argentino), 1998. Ediciones Marzochi. Argentina.
- Departamento General de Irrigación, 1996. “Resolución N° 778. Reglamento general para el control de contaminación hídrica”. Mendoza.
- Drovandi, A. et al, 2010. “Evaluación de la calidad del agua en el embalse Potrerillos y Cuenca del Rio Blanco, Provincia de Mendoza”. III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba, Argentina. 6 al 8 de Octubre de 2010.
- EPA, 1994. Method 8141A “Organophosphorus compounds by gas chromatography: capillary column technique”. En: <http://www.epa.gov/sw-846/8000b.pdf>
- EPAS, 1996. “Normas de calidad de agua para Mendoza”. Ente Provincial del Agua y el Saneamiento. Mendoza
- Tyller Miller, G., 1994. “Ecología y Medio Ambiente”. Ed. Iberoamericana. México
- Zuluaga, J. et al, 2009. “Monitoreo de la contaminación del recurso hídrico en la cuenca del Rio Blanco, Mendoza”. XXII Congreso Nacional del Agua. Trelew, Provincia de Chubut. Noviembre de 2009.

19TCAm. EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA, ARGENTINA – SEGUNDA FASE

ZULUAGA, J.^{1,2}, REARTE, E.¹, DROVANDI, A.², BERMEJILLO, A.¹, FILIPPINI, M.¹; CÓN SOLI, D.¹; SALCEDO, C.¹; VALDES, A.¹; MORSUCCI, A.², PEREYRA, M.³

¹Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo - A. Brown 500 (5505) Chacras de Coria, Mendoza, Argentina ²CRA-INA - Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza, Argentina

³Inspección Desaguantes Industriales Colector Pescara

E- mail: jzuluaga@cuidad.com.ar

Resumen: La zona de estudio se ubica en el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas y comprende los distritos: Los Corralitos, La Primavera, Kilómetro 8, Mundo Nuevo y Las Violetas.

En el área existe un importante aporte de agua subterránea y se reciben en forma permanente los aportes de vertientes y eventualmente desagües industriales, pluviales y de drenaje.

El objetivo general del trabajo fue evaluar en el Cinturón Verde de Mendoza la calidad del agua de riego superficial y subterráneo a lo largo del ciclo agrícola. Este grupo de investigación desde 1999 evalúa parámetros de calidad del agua de la zona y se han realizado muestreos periódicos en 10 sitios fijos estratégicamente seleccionados, para evaluar nitratos, fosfatos, pH, CEA y algunos metales pesados.

Se nota una distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, que es superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. En ocasiones los valores de pH menores a 6 indicaron la existencia de vertidos de industrias agroalimentarias. Las aguas de drenaje pertenecen a categoría C4 de Riverside, incluyendo el Arroyo Leyes que alcanza los mayores valores de salinidad y el resto de las aguas, las aguas subterráneas y el resto de las aguas superficiales en general se encuentran en la categoría C3S1, con “salinidad media a alta y baja peligrosidad sódica”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas subterráneas provenientes del acuífero del primer nivel de explotación son levemente más sódicas que el resto y en las aguas superficiales los mayores valores de sodicidad aparecen en el Arroyo Leyes.

En cuanto a los metales pesados, los tenores de plomo, cobre y zinc, se mantuvieron por debajo de los límites dados por la normativa, sin embargo los resultados de cadmio prácticamente en todos los muestreos superaron los tenores máximos establecidos para aguas de riego.

A partir del año 2003, la puesta en funcionamiento de la presa Embalse Potrerillos ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego y en la calidad del agua de la zona.

Palabras claves: calidad de agua – cultivos hortícolas – sustentabilidad

1. Introducción

Durante los últimos tiempos, el Oasis Norte de Mendoza viene soportado un gran crecimiento urbano-industrial, con el que no siempre se depuran correctamente los efluentes, a lo que deben sumarse los efectos de un tipo de agricultura intensiva. Dentro de este oasis se encuentra una zona especializada en la producción de hortalizas, que constituye el llamado “Cinturón Verde”, ubicado alrededor de la Ciudad, y que demanda grandes cantidades de agua para riego, como así también importantes aportes de plaguicidas y fertilizantes (Pizzi, et al, 1997) cuyos excesos se lixivian hacia los acuíferos, provocando un impacto negativo en las zonas ubicadas aguas abajo, las cuales usan este recurso para riego y consumo humano. A partir del año 2003, la puesta en funcionamiento de la presa Embalse Potrerillos ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego. Por un lado se modificaron las entregas de agua en los meses de primavera, lográndose así paliar los habituales déficit de ese periodo, pero se ha modificado la recarga del acuífero, que constituye la única fuente de abastecimiento del sector este del mencionado Cinturón Verde. Además, se ha modificado la calidad del recurso, al desaparecer casi en su totalidad los sólidos en suspensión, provocando un aumento en la infiltración en gran parte de los canales, modificándose el drenaje de las tierras agrícolas y aumentando la contaminación salina de suelos (Zuluaga et al, 2007)

2. Objetivo

El objetivo general del trabajo fue evaluar la calidad del agua de riego superficial y subterráneo a lo largo del ciclo agrícola en el Cinturón Verde de Mendoza a través del monitoreo periódico de los parámetros: salinidad, pH, nitratos, fosfatos y metales pesados (Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas de riegos (superficiales y subterráneos) y de drenaje.

3. Metodología

La zona de estudio pertenece al área administrada por la Asociación de Inspectores de la 3ra Zona de Riego del Río Mendoza, en donde se ubica el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas. Comprende los distritos: Los Corralitos, La Primavera, Kilómetro 8, Mundo Nuevo y Las Violetas. El área recibe en forma permanente los aportes de vertientes y, eventualmente, desagües industriales, pluviales y de drenaje. Hay un gran aporte de agua subterránea en el periodo comprendido entre mayo y octubre. El aporte de aguas de vertiente se realiza a través del canal Vertiente Corralitos, del Arroyo Fernández y del Canal Tulumaya, sistema que se une al canal Chachingo por el canal Lechería. El área recibe en forma permanente los aportes de vertientes y eventualmente desagües industriales, pluviales y de drenaje. A nivel de propiedades, el muestreo usado fue estadístico aleatorio, teniendo en cuenta aquellas parcelas que emplean agua superficial y subterránea. Se han tomado muestras de agua en puntos fijos correspondientes a cuatro sectores que se analizarán en forma independiente y luego en conjunto: Canal Pescara, Canal Chachingo, aguas de drenaje y aguas de origen subterráneo. En la Figura 1, se pueden observar los puntos de muestreo, a continuación de la cual se explica acerca de los mismos.



NotaNota: las referencias de los puntos de muestreo se explican en el texto a continuación

Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo

Sobre el Canal Pescara

- R: al ingreso en la intersección con la Ruta N°60. Este punto se incluyó desde el 2003 y permite evaluar la calidad inicial del agua proveniente del Río Mendoza en el ingreso a los canales Chachingo y Pescara (unos pocos kilómetros más arriba)
- P: entrada del canal Pescara a la zona de estudio, intersección con el Carril Nacional
- B: al final del área de estudio, en el punto llamado Becasés

Sobre el Canal Chachingo o Canal Vertientes Corralitos

- R: al ingreso en la intersección con la Ruta N°60. Este punto se incluyó desde el 2003 y permite evaluar la calidad inicial del agua proveniente del Río Mendoza en el ingreso a los canales Chachingo y Pescara (unos pocos kilómetros más arriba).
- PB: en la intersección del carril Nacional, donde ingresa al cinturón verde.
- CH: en el tramo medio, frente a la villa de Corralitos.
- M: al final de su recorrido, donde nace la Hijueta Montenegro.

En aguas de drenajes

- F: en el dren ubicado al inicio del sistema, donde se encuentra la finca de Fuster y cuyas aguas son de reuso agrícola.
- L: en el Arroyo Leyes, a la altura de la Escuela Las Violetas
- D: en el dren ubicado en la finca El Monte Negro, donde se encuentra una red de drenaje subterráneo en que se puede medir la calidad del agua que egresa de los drenes parcelarios antes de ingresar al Arroyo Leyes

En aguas de origen subterráneo

- P1: perforación ubicada en la finca El Monte Negro, que se abastece del 1er nivel del acuífero semiconfinado, a unos 40 metros de profundidad.
- S1: surgente ubicado en el primer nivel de explotación, ubicado en la finca García, que extrae agua del acuífero confinado. Si bien está en el mismo nivel de explotación que el

pozo P1, al tener diferente tipo de confinamiento y al haberse observado algunas diferencias en los análisis químicos de ambos se decidió proseguir monitoreándolos.

- P2: pozo para riego ubicado en la finca El Monte Negro, el cual posee 160 metros de profundidad, extrayendo agua del mismo acuífero que la perforación del D.G.I., construida en el año 2001 al inicio del Canal Montenegro, para refuerzo de la dotación en años secos. Cabe aclarar que de este punto se disponen pocos datos debido a su escasa utilización por la abundancia de agua de origen superficial en los últimos años

A campo, en cada muestreo, se midió conductividad eléctrica actual (CEA), pH, temperatura y oxígeno disuelto, asentando también el horario de toma de muestra y otras observaciones. Se tomaron dos muestras de agua en cada punto, y a una de ellas se le adicionó ácido nítrico (1+1) para poder luego valorar metales pesados en laboratorio. Las muestras fueron acondicionadas y refrigeradas para su traslado a laboratorio. En laboratorio se valoró salinidad total a través de la CEA, pH, RAS, NO_3^- (método colorimétrico por HACH), PO_4^{3-} (método colorimétrico con sulfo-vanado molíbdico) y los metales pesados Cd, Pb, Cu y Zn (técnica APHA - AWWA - WPCF., 1992)

4. Resultados

Prácticamente la totalidad de los valores de **pH**, tanto en aguas de origen superficial como subterráneas y de drenajes, estuvieron comprendidos entre 6 y 8, valores Característicos de las aguas naturales de Mendoza. A partir de marzo de 2009, los valores de pH no mostraron picos extremos, tal como se observara en períodos anteriores, especialmente en la etapa previa a la regulación del Embalse Potrerillos (Zuluaga, J. et al., 2007)

En cuanto a la **C.E.A.**, analizando los contenidos salinos en los canales de riego se destaca el Canal Chachingo, en el que en todo su recorrido desde la Ruta 60 hasta el nacimiento de la Higuera Montenegro, los valores nunca superaron los $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Resolución 778/DGI) Ello indica una mejora significativa en la calidad del recurso respecto a años anteriores, en los que se superaban los límites dados por normativa (Zuluaga, J. et al., 2007) Dentro de los cauces de riego superficiales, el canal Pescara, en su tramo final (Becases) fue el que más ampliamente superó el máximo tolerable de $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ establecido por la Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación (D.G.I., 1996) para el vertido de efluentes. Respecto de las aguas de drenaje, se pudo apreciar que los valores registrados en el sitio “Fuster”, que corresponde al vuelco de un dren parcelario que vierte sus aguas a un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo, se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de los valores de la normativa. Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes, que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego de muchas fincas del Departamento de Lavalle; en él los valores máximos superaron los $5000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en abril de 2010 (mayor que el pico máximo anteriormente registrado, de 4500 de diciembre de 2008) y registrando siempre valores elevados, por encima de lo normado, significando ello una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con el recurso. Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no presentando grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (nivel estático a 40 m de profundidad) de la finca El Monte Negro, mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García. En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en dos de las categorías de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson. El Arroyo Leyes presenta los valores más altos en sales totales, ubicándose en la categoría C4 “salinidad alta”. La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 “salinidad media”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad

y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, aún se clasificarían en la categoría C3. En cuanto a las aguas de drenaje, que se reutilizan para riego, los datos obtenidos las ubicarían en la categoría C4 (alta salinidad)

En cuanto a la peligrosidad sódica, valorada a través del **RAS**, en general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson (baja peligrosidad sódica) Sin embargo, es de destacar el Arroyo Leyes, que posee los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje. Lo más interesante es que en abril de 2010 el RAS en este punto de muestreo alcanzó el valor máximo histórico de 22 (categoría S3, de “alta peligrosidad sódica”) superando a los máximos anteriormente registrados (RAS 10, en las primaveras de 2008 y de 2009) lo cual hace prácticamente inutilizable el agua para el riego durante dicho período. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, el Arroyo Leyes quedaría categorizado como C4S3, con “alta salinidad y alta sodicidad”.

Respecto de los **Nitratos**, de acuerdo a la Resolución 461/1998 del Departamento General de Irrigación, el valor máximo tolerado en los vertidos a canales de riego no debe superar los 45 mg.l⁻¹ de nitratos. En ningún caso los valores medidos han alcanzado dicho tenor, y las mayores concentraciones en canales de riego (8 mg.l⁻¹) se alcanzaron en el tramo final del Canal Pescara (Becases) por aportes de lixiviados de agroquímicos usados en los cultivos hortícolas.

En cuanto a los **Fosfatos**, los mayores valores de fosfatos, que superan el límite de 0,7 mg.l⁻¹ dado por la Resolución 778 del DGI, se dieron sobre el Canal Pescara en su tramo final (Becases) con valores que superan los 16 mg.l⁻¹. Le sigue en carga contaminante el Canal Chachingo, pero en este caso a la inversa de lo explicado antes, los mayores tenores de fosfatos se registraron en los primeros tramos del canal a la altura del Puente Blanco, debido probablemente a la contaminación de origen industrial que se produce aguas arriba. Las aguas de origen subterráneo presentan escasa o nula presencia de fosfatos, mientras que en los drenes, solamente en el Arroyo Leyes los valores superaron el límite, en setiembre de 2009, alcanzando tenores de 1,5 mg.l⁻¹.

En cuanto a los **Metales pesados**, primeramente puede decirse que en ninguno de los muestreos los valores registrados de **plomo** superaron el valor de 5 mg.l⁻¹ que establece la norma de calidad de agua para riego (EPAS, 1995) Algo similar sucede con el **cobre** y el **cinc**, ya que en ninguno de los muestreos los valores registrados superaron los valores de normativa, de 0,2 mg.l⁻¹ para el primero y de 2 2 mg.l⁻¹ para el segundo (EPAS, 1995) Respecto del **cadmio**, prácticamente en todos los muestreos sus valores superaron los tenores máximos de 0,01 mg.l⁻¹ que establece la Resolución 778, así como el valor establecido por el Anexo 3 del EPAS para aguas de riego. Los mayores valores se alcanzaron en las aguas de drenaje, especialmente en el dren Fuster. Entre los canales de riego, el Pescara fue el que mayor carga contaminante mostró. Sin embargo, a partir del año 2009 se ha notado un considerable descenso en la concentración de este metal, con respecto al pico de 0,23 mg.l⁻¹ medido en el mes de abril de 2008 (Zuluaga, J., 2010) Este descenso se ha notado en aguas superficiales, subterráneas y de drenaje.

5. Conclusiones

Del análisis de los resultados, se nota una clara distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. Se observa una mayor susceptibilidad a la salinización y a la contaminación con nitratos, fosfatos y cadmio en las napas surgentes respecto a los acuíferos más

profundos, que por el contrario presentan una sodicidad algo mayor, aunque dentro de valores normales.

En cuanto al pH, los valores variaron entre 6 y 8. La única excepción a lo anterior se presentó en la muestra de abril de 2010 en el sitio "Puente Blanco", el que corresponde al inicio del Canal Chachingo, que recibe los vertidos de varias industrias agroalimentarias. Este valor se ubica por debajo de 6, tenor mínimo de pH establecido para el vertido de efluentes en canales de riego (Resolución N° 778/96 del DGI) Por su parte, las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentaron una baja variación del pH en el tiempo, con valores que oscilaron entre 7 y 8.

Respecto de los nutrientes (nitratos y fosfatos) el único valor a destacar, para este último parámetro, es en el tramo final del Canal Pescara (Becases) debido a los aportes de lixiviados de los agroquímicos usados en los cultivos hortícolas.

En cuanto a la salinidad (CEA) dentro de los cauces de riego superficiales el canal Pescara en su tramo final (Becases) fue el que más ampliamente superó el máximo tolerable de $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ establecido por la Resolución 778/96 del Departamento General de Irrigación (D.G.I., 1996) para el vertido de efluentes. Respecto de las aguas de drenaje, se observa que los valores registrados en el sitio "Fuster", que corresponde al vuelco de un dren parcelario que vierte sus aguas a un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo, se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de los valores de la normativa. Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes, que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego de muchas fincas del Departamento de Lavalle; en él los valores máximos superaron los $5000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en abril de 2010 (mayor que el pico máximo anteriormente registrado, de 4500 de diciembre de 2008, Zuluaga et al, 2010) y registrando siempre valores elevados, por encima de lo normado, significando ello una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con el recurso.

En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en dos de las categorías de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson. El Arroyo Leyes presenta los valores más altos en sales totales, ubicándose en la categoría C4 "salinidad alta". La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 "salinidad media", cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no presentando grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (nivel estático a 40 m de profundidad) de la finca El Monte Negro, mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, aún se clasificarían en la categoría C3.

En cuanto a la peligrosidad sódica, a través del RAS, en general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson (baja peligrosidad sódica) Es de destacar el Arroyo Leyes, con los tenores más elevados respecto a los demás cauces de riego y drenaje, lo que hace prácticamente inutilizables sus aguas para el riego durante dicho período. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, el Arroyo Leyes quedaría categorizado como C4S3, con "alta salinidad y alta sodicidad". Las aguas subterráneas provenientes del primer acuífero son levemente más sódicas que las de Surgente García, pero nunca llegan a superar el valor 2 de RAS.

En cuanto a los metales pesados analizados, tanto los tenores de plomo, como los de cobre y zinc, en general se mantuvieron por debajo de los límites dados por la normativa (EPAS, 1995) Respecto del cadmio, prácticamente en todos los muestreos sus valores superaron los tenores máximos de $0,01 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ que establece la Resolución 778, así como el valor

establecido por el Anexo 3 del EPAS para aguas de riego. Sus mayores valores se alcanzaron en las aguas de drenaje, especialmente en el dren Fuster.

Entre los canales de riego, el Pescara fue el que mayor carga contaminante mostró. Sin embargo, a partir del año 2009 se ha notado un considerable descenso en la concentración de este metal, con respecto al pico de $0,23 \text{ mg.l}^{-1}$ medido en el mes de abril de 2008 (Zuluaga, J., 2010) lo cual se explicaría por la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes industriales que vuelcan en dicho canal. De todas formas, como recomendación, se debería continuar monitoreando este metal pesado, ya que en los últimos años su contenido ha ido en aumento, tanto en las aguas superficiales como subterráneas y de drenaje.

Como recomendación para optimizar el manejo del agua de riego, las Asociaciones de Usuarios de esta 3ª Zona y las del Departamento de Lavalle deberían monitorear la calidad del agua durante los meses de primavera, que es cuando se concentran la mayoría de los contaminantes, tratando de usar aguas de origen subterráneo ó mezclando estas con las de origen superficial para diluirlas. Un ejemplo de ello es la particularidad observada en el muestreo de diciembre de 2010, cuando por primera vez en 10 años el Canal Pescara, que actúa como dren zonal, no cumplía con esa misión, debido a las restricciones hídricas impuestas por la escasa disponibilidad de agua en todo el Oasis Norte, ya que el presente ciclo hidrológico fue el de menores nevadas desde 1968. Tales restricciones que alcanzaron a la totalidad de los oasis de Mendoza.

6. Bibliografía

- APHA - AWWA - WPCF, 1992. "Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales"; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.
- Departamento General de Irrigación (DGI), 1996. "Descripción preliminar de la cuenca del río Mendoza". Departamento General de Irrigación. Mendoza.
- Departamento General de Irrigación (DGI), 1996. "Reglamento General para el Control de Contaminación Hídrica". Resolución N° 778 (Public: BOP.30-31/12/96 y 2/1/97) Mendoza.
- Ente Provincial del Agua y Saneamiento (EPAS), 1995. "Normas de calidad de aguas". Documento Preliminar. Mendoza, República Argentina.
- Pizzi; D.; E. Bardossy; E. Antonioli; K. Hiramatsu, 1997. "Identificación económica y distribución geográfica de los oasis irrigados de Mendoza". Tucumán, setiembre de 1997.
- Zuluaga, J. et.al., 2007. "Monitoreo de los contaminantes del agua en la 3ra zona de riego del Río Mendoza con el nuevo escenario de operación del Embalse Potrerillos". Congreso Nacional del Agua. Tucumán.
- Zuluaga, J., 2010. "Calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza". III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba, Argentina. 6 al 8 de Octubre de 2010.

ÁREA EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJOS COMPLETOS

ÍNDICE

01TCE. VALORES DE FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD EN EL TELÉFONO MÓVIL.....	1
02TCE. EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA.....	8
03TCE. ESTUDIO DE UN VOLANTE COMO PÉNDULO FÍSICO MEDIANTE EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA.....	15
04TCE. CÁLCULO DE DISTINTOS MOMENTOS DE INERCIA DE UN VOLANTE MEDIANTE EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA	22
05TCE. ANALISIS DE PERFILES GRUPALES DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA ..	30
06TCE. INTEGRACIÓN Y ARTICULACIÓN DE CONTENIDOS DE FÍSICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA	37
07TCE. HACIÉNDONOS AMIGOS DE LA CIENCIA. INGLÉS, LA LENGUA FRANCA DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	45
08TCE. LA MOTIVACIÓN COMO INSTRUMENTO PARA LOGRAR LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS	52
09TCE. EL FRANCÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN LA EDUCACIÓN DE INGENIEROS CIVILES HISPANOPARLANTES: UN PREMIER.....	60
10TCE. ANÁLISIS DE UNA PLATAFORMA VIRTUAL PARA LA GENERACIÓN DE SIMULACIONES EN UN AMBIENTE COLABORATIVO	67
11TCE. LA ARGUMENTACIÓN EN QUÍMICA: UNA ESTRATEGIA PARA EL AULA .	74
12TCE. ESTUDIO PROBABILÍSTICO DE FALLOS: APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA AUTOMÁTICA PARA SU PREDICCIÓN - FASE I.....	81
13TCE. TRAYECTOS CURRICULARES DE CAPACITACIÓN Y DE POSGRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO.....	88
14TCE. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA PROPUESTA CURRICULAR PARA FORMAR TÉCNICOS MEDIOS EN EL ÁREA INDUSTRIAL MENCIÓN ENERGÍA, EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS ROBINSONIANAS VENEZOLANAS	94
15TCE. FORMACIÓN DE INVESTIGADORES: ANALISIS DE LA ENSEÑANZA DESDE UN ENFOQUE POR COMPETENCIAS. RESULTADOS PRELIMINARES	101
16TCE. ANÁLISIS MATEMÁTICO Y MÚSICA.....	108
17TCE. BRAIN COMMUNICATION: A SYSTEM WHERE TO INVESTIGATE AND RE-ENGINEER HUMAN COMMUNICATION AND LEARNING PROCESSES.....	114
18TCE. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA: UN ESTUDIO DE CASO PARA SU APRENDIZAJE	121
19TCE. HACIENDO DE CUENTA QUE OBSERVAMOS LOS ASTROS EN EL LABORATORIO DE FÍSICA I.....	129

20TCE. ACUERDO SOBRE COMPETENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN LA ARGENTINA.....	135
21TCE. EMPLEANDO UN ENTORNO VIRTUAL PARA PROMOVER EL DESARROLLO DE NUEVAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA.....	141
22TCE. ENTORNOS VIRTUALES: UNA HERRAMIENTA PARA ESTUDIAR ECUACIONES NO LINEALES	149
23TCE. DESCRIPCION DE NUESTRO PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL SIGNIFICADO DE LA EXPRESIÓN “EXPLICACIÓN EN QUÍMICA”	156
24TCE. INFORME PRELIMINAR DEL PROYECTO “ANÁLISIS DE LAS EXPLICACIONES PRESENTES EN LOS TEXTOS DE CIENCIAS. VALORACIÓN DE LA POTENCIAL INFLUENCIA DE LAS EXPLICACIONES SOBRE EL DESARROLLO DE LA CAPACIDAD ARGUMENTATIVA DEL LECTOR”.....	163
25TCE. “PRESENTACIÓN DE UN CASO REAL VINCULANDO CONTENIDOS TEÓRICOS DE LA ASIGNATURA Y SU APLICACIÓN A LA PRÁCTICA PROFESIONAL”	170
26TCE. LA CREATIVIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO	176
27TCE. RECONSTRUCCIÓN 3-D: UNA APLICACIÓN TECNOLÓGICA DE TEMAS INCLUIDOS EN ASIGNATURAS DEL CICLO DE CIENCIAS BÁSICAS.....	181
28TCE. PROPUESTA ALTERNATIVA DE APRENDIZAJE INTEGRADO (VIRTUAL-PRESENCIAL) EN UNA UNIDAD TEMÁTICA DE QUÍMICA INORGÁNICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA	188
29TCE. SOLUBILIDAD DE SUSTANCIAS IÓNICAS EN UN ECOSISTEMA NATURAL	195
30TCE. INTEGRANDO CONOCIMIENTOS. UTILIZACIÓN DE PLATAFORMA MOODLE CON ALUMNOS DE INGENIERÍA	199
31TCE. APLICACIÓN DE RÚBRICA COMO ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE INFORMES	206
32TCE. PROPUESTA INNOVADORA PARA LA ENSEÑANZA DE NOMENCLATURA Y FORMULACIÓN DE COMPUESTOS INORGÁNICOS Y ESTEQUIOMETRÍA	211
33TCE. LA FORMULACIÓN, EL MODELADO Y LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA LA ENSEÑANZA DEL ANÁLISIS MATEMÁTICO II EN CARRERAS DE INGENIERÍA DE LA FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS	218
34TCE. ENSEÑANZA DE ESTEQUIOMETRIA EN CARRERAS DE INGENIERIA: EL USO DE ANALOGÍAS.....	225
35TCE. ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN INGENIERÍA.....	231
36TCE. UTILIZACION DE ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS INNOVADORAS PARA LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS FISICOS APLICADOS A ALIMENTOS: ESTUDIOS DE VISCOSIDAD EN UN ALIMENTO FLUIDO	238

37TCE. EL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO EN CAMPOS GRAVITACIONALES UNIFORMES Y LAS TIC'S: UNA EXPLORACIÓN DESDE LA TEORÍA DE VERGNAUD	244
38TCE. LA RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES EN EL CONTEXTO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	251
39TCE. APLICACIONES CON SOFTWARE LIBRE PARA CÁLCULO EN VARIAS VARIABLES	258
40TCE. ACERCAMIENTO AL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO DE CARGAS EN CAMPOS ELÉCTRICOS, MEDIADO POR TIC'S: UNA EXPLORACIÓN DESDE LA TEORÍA DE VERGNAUD	265
41TCE. DESARROLLO DE CATALIZADORES SOPORTADOS A PARTIR DE POLVOS INDUSTRIALES Y SU VALOR DIDACTICO EN LA TRANSPOSICION DE CONOCIMIENTOS	272

01TCE. VALORES DE FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD EN EL TELÉFONO MÓVIL

CHAMORRO, L. V.; REVELO, O

**Departamento de Sistemas – Facultad de Ingeniería – Universidad de Nariño – Pasto
– Colombia**

vchamorro@udenar.edu.co; orevelo@udenar.edu.co

Resumen: La Ingeniería, en su ámbito académico y de aplicación, así como cualquier trabajo formal de investigación requieren del uso de la Estadística, y todo tratamiento estadístico inferencial requiere de la utilización de valores de funciones de distribución de probabilidad que generalmente se encuentran disponibles en tablas. En general, el manejo de estas tablas presenta problemas físicos (transporte y consulta dispendiosa) y operativos (listados incompletos y precisión limitada). La investigación titulada “Valores de Funciones de Distribución de Probabilidad en el Teléfono Móvil”, permitió determinar mediante un sondeo de necesidad aplicado a estudiantes involucrados con el estudio de la Estadística en la Universidad de Nariño, que los valores más conocidos y utilizados corresponden a las distribuciones Ji-Cuadrado, binomial, t-Student y normal estándar. De igual manera evidenció el interés de los usuarios en disponer de los valores en cuestión en un medio alternativo que subsanara, al menos en parte, los problemas presentados por “las famosas tablas”. Para tratar de contribuir a la solución, se construyó un software que permite obtener en forma inmediata y dinámica los valores de las funciones de distribución de probabilidad de uso más frecuente a través del teléfono móvil.

1. Introducción

Con frecuencia, cuando los estudiantes abordan problemas estadísticos, creen haber alcanzado el objetivo del estudio cuando adquieren la habilidad mecánica de la obtención de los resultados numéricos, dado que invierten buena parte del tiempo de proceso en llegar a ellos utilizando las herramientas tradicionales (papel, lápiz, calculadora y copia de tablas), restándole tiempo al análisis de los resultados. Como alternativa se tendría la utilización de software, pero ésta exige el acceso oportuno al equipo correspondiente, limitando los campos de acción a determinados espacios físicos. De cierta manera, la situación descrita se hace extensiva a los docentes e investigadores, guardando las debidas proporciones.

Con los valores de las funciones de distribución de probabilidad (Miller, 1992) en el teléfono móvil, el estudiante que se enfrenta a un problema estadístico que involucre esos valores, queda libre del dispendioso proceso de determinarlos a través de una tabla o a través de un software, para dedicar esa energía al análisis de los resultados. Por otra parte, el analista se vería beneficiado con la disponibilidad de los valores en cuestión en lugares menos convencionales.

En resumen, el problema consiste en que, a pesar de que puede existir una disponibilidad inmediata y dinámica de los valores de las funciones de distribución de probabilidad de utilización más frecuente en los tratamientos estadísticos a través del uso de calculadoras avanzadas, paquetes estadísticos o Internet, la disponibilidad física oportuna de dichos recursos, limita su uso frecuente y masivo.

Realizadas las debidas indagaciones, tanto en el campo académico como en el comercial, el software producto final de esta investigación, con sus características particulares, no ha sido encontrado. De existir, no ha tenido la difusión adecuada.

Existen algunos sitios de Internet que ofrecen la interfaz que le permite al usuario obtener

los valores de algunas funciones de distribución de probabilidad, aunque con el ya mencionado problema de portabilidad. Por ejemplo, <http://surfstat.anu.edu.au/surfstat-home/tables/normal.php> (Young, 1994).

2. Objetivo

El objetivo general de la investigación se centró en la construcción de un software que permitiera obtener en forma inmediata y dinámica los valores de las funciones de distribución de probabilidad de uso más frecuente a través del teléfono móvil. Esa categorización de frecuencia de uso fue determinada a juicio de la población objetivo.

3. Metodología

Para establecer la evidencia acerca de la utilidad práctica del producto planteado como solución y para tener una referencia válida acerca de las distribuciones de probabilidad de uso más frecuente, se realizó un sondeo de necesidad mediante la aplicación de una encuesta.

Para tener una referencia válida sobre la teoría correspondiente a las distribuciones de probabilidad de uso más frecuente, así como de los dispositivos móviles y el software objetos de esta investigación, se recurrió a una revisión bibliográfica y a una revisión de fuentes de información en Internet.

Para realizar el sondeo de necesidad se trabajó como población objetivo el grupo de estudiantes de los Programas Académicos de la Universidad de Nariño que incluyen en sus planes de estudio cursos relacionados con la Probabilidad y la Estadística, y que los cursaron en el período B de 2009 o los estaban cursando en el período A de 2010 (ver Tabla 1).

CURSO	PROGRAMA	No. DE ESTUDIANTES
Estadística I	Licenciatura en Matemáticas	23
Estadística	Química	8
Estadística	Licenciatura en Informática	39
Probabilidad y estadística	Ingeniería de Sistemas	17
Probabilidad y estadística	Ingeniería Civil	13
Probabilidad y estadística	Ingeniería Electrónica	47
Estadística social I	Sociología	30
Estadística social II	Sociología	25
Probabilidad y estadística	Ingeniería Agroindustrial	53
Bioestadística	Medicina	57
Estadística I	Administración de Empresas	117
Estadística I	Licenciatura en Matemáticas	39
Estadística III	Licenciatura en Matemáticas	10
Estadística I	Economía	46
Estadística II	Economía	23
Bioestadística	Medicina Veterinaria	37
Estadística I	Comercio Internacional	44
Estadística	Licenciatura en Educación Básica	30
Estadística II	Administración de Empresas	115
TOTAL DE ESTUDIANTES		750

Tabla 1. Número de estudiantes en cursos relacionados con Probabilidad y Estadística. Periodos B-2009 y A-2010

Inicialmente se consideró la posibilidad de trabajar con una muestra estratificada por Programas. Sin embargo, dadas las dificultades de espacios físicos y de tiempos inherentes a la distribución de horarios de la Institución, se desistió de esa idea y se optó por una muestra aleatoria aplicada al mismo grupo poblacional. Teniendo en cuenta la población de 750 estudiantes y para un nivel de confianza del 95%, una precisión del 3% y una proporción del 5%, se obtuvo un tamaño muestral de 160 estudiantes.

Por otra parte, para la construcción de la aplicación objeto de la investigación, se tuvo en

cuenta que el desarrollo de aplicaciones destinadas a dispositivos móviles, desde el punto de vista de la Ingeniería del Software, no difiere sustancialmente de los pasos a seguir cuando se construyen aplicaciones para computadores de escritorio o estaciones de trabajo (Fernández, 2006). Los pasos seguidos fueron: análisis de requerimientos, diseño de la aplicación e implementación de la aplicación.

4. Resultados

La aplicación de la encuesta permitió conocer la opinión de los estudiantes con respecto a las distribuciones de probabilidad que utilizan con mayor frecuencia, las fuentes de información donde las consultan y el concepto que les merece una eventual aplicación para el teléfono móvil, que las ponga a su alcance.

Con respecto a cuáles son las distribuciones de probabilidad de uso más frecuente, los resultados se observan en el Gráfico 1:

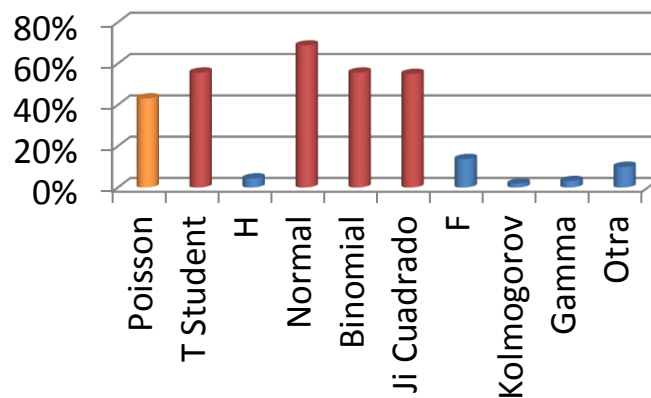


Gráfico 1. Distribuciones de probabilidad de uso más frecuente.

Con base en estos resultados, se tomó como criterio de selección para la incorporación de una distribución de probabilidad al grupo de las que serían tratadas en la aplicación final, el hecho de que tuviese una preferencia igual o superior al 50% en la opinión de los encuestados. Fueron éstas, en orden de preferencia: la normal, la t-Student, la Ji-Cuadrado y la Binomial, quedando muy cerca del parámetro de selección la distribución de Poisson. Para sondear este aspecto, se utilizó en el instrumento una pregunta de selección múltiple con múltiple respuesta.

Con respecto a las fuentes de información consultadas, los resultados se observan en el Gráfico 2:

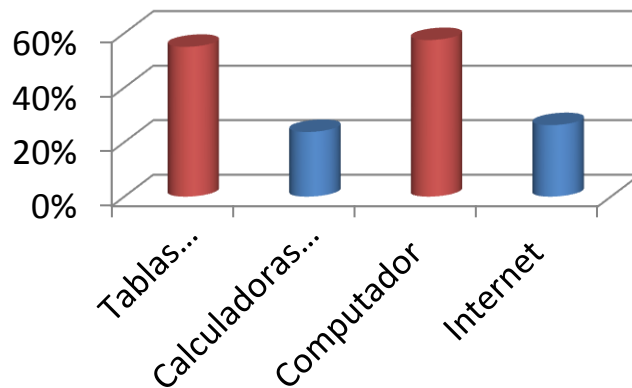


Gráfico 2. Fuentes de información consultadas.

Se puede apreciar que, cuando los estudiantes necesitan los valores de las funciones de distribución de probabilidad, recurren así: 58% a los computadores con software especializado, 55% a las tablas anexas en libros, 26% usan calculadoras virtuales disponibles en algunos sitios especializados de Internet y el 24% usan calculadoras físicas especializadas. Para sondear este aspecto, se utilizó también una pregunta de selección múltiple con múltiple respuesta.

Estos resultados llevan a pensar que, bajo estas condiciones, el interesado debe soportar siempre una “carga de lastre”, representada en libros, computador, o, en el mejor de los casos, unas cuantas fotocopias.

Los resultados obtenidos avalan la propuesta de crear una aplicación portable con lastre nulo, que funcione en dispositivos móviles, como el teléfono celular, que lo es por su naturaleza misma.

Finalmente, la apreciación frente a una eventual disponibilidad de una aplicación que funcione en el teléfono móvil y que brinde de forma instantánea y dinámica los valores de las distribuciones de probabilidad de uso más frecuente, se observa en el Gráfico 3:

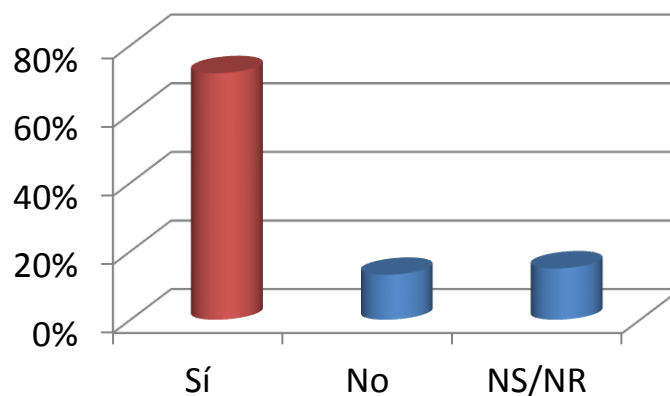


Gráfico 3. Apreciación frente a la existencia de una aplicación para dispositivos móviles.

Ese 72% visible justificó la ejecución del proyecto. El 15% correspondiente a NS/NR lleva a pensar que el grupo encuestado, dado su nivel de formación, prefiere no responder antes que afirmar algo con respecto a lo no conocido. El 13% restante, podría interpretarse como la reacción natural de rechazo, que es marcado en algunos seres humanos, ante lo desconocido.

Con base en el conjunto de resultados anteriores, se diseñó un MIDLET (Froufe, 2003), VALPRO v1.0, que genera de manera dinámica e inmediata los valores de las funciones de distribución de probabilidad catalogadas como las de uso más frecuente. Puede instalarse en cualquier dispositivo móvil que tenga soporte para aplicaciones Java y su peso es de solamente 204 KB. Se empleó en su desarrollo Java™ Platform Micro Edition Software Development Kit 3.0 y como IDE, Netbeans 6.9.1.

En la Figura 1 pueden observarse algunas pantallas de la aplicación:



PANTALLA DE INICIO

MENÚ PRINCIPAL

JI-CUADRADO

Figura 1. Pantallas del MIDLET.

Los equipos utilizados para las pruebas de rigor se listan en la Tabla 2, acompañados de su sistema operativo correspondiente:

EQUIPO	SISTEMA OPERATIVO
Samsung Star S5230	Samsung OS
Sony Ericsson W810	Sony Ericsson Java
Ipaq HW6940	Windows Mobile 5.0
BlackBerry 9630 Tour	BlackBerry OS
Nokia 5130 XpressMusic	Nokia OS

Tabla 2. Equipos de pruebas.

Discusión

Después de un largo año de trabajo, invertido más en aspectos metodológicos que en el desarrollo específico del producto final, es grato para los autores anunciar que se lograron completamente los resultados previstos. Está a disposición de la comunidad VALPRO v1.0 “Valores de Funciones de Distribución de Probabilidad”, como aplicación para ser instalada en cualquier teléfono móvil que tenga soporte para aplicaciones Java. VALPRO v1.0 permite obtener de manera dinámica e inmediata los valores de las funciones de distribución de probabilidad para las distribuciones normal estándar, Ji-Cuadrado, t-Student y Binomial, que fueron catalogadas como las de uso más frecuente en el entorno en el que se desarrolló esta investigación (estudiantes de la Universidad de Nariño).

Se destaca que en la etapa de pruebas se trabajó con teléfonos de diferentes marcas (Samsung, Sony Erickson, Nokia, BlackBerry y HP), con diferentes sistemas operativos (Windows Mobile, Android y Symbian, entre otros) logrando verificar que, efectivamente, los desarrollos bajo la tecnología J2ME de Java garantizan su funcionamiento,

independientemente del dispositivo móvil y del sistema operativo que lo soporta (Honrado, 2011). La aplicación funcionó en los teléfonos de gama básica y en los de gama alta. Como aplicación nativa, su implementación fue igualmente sencilla en los unos y en los otros, comprobando la afirmación de que la principal ventaja de Java es que es compatible con la mayoría de móviles del mercado.

Desde el punto de vista técnico, vale la pena mencionar que el Kit de desarrollo de aplicaciones para móviles de Java J2ME, presentó problemas en el computador inicial de desarrollo porque éste tenía instalado un sistema operativo de 64 bits. En los foros de discusión disponibles en Internet, relacionados con el tema, se proponen algunas soluciones para este problema, pero al intentar aplicarlas no tuvieron un resultado positivo inmediato, por lo que se optó por desarrollar bajo un sistema operativo de 32 bits.

Por otra parte debe destacarse que son varios los estudios que han intentado la obtención algorítmica eficiente de los valores de las funciones de distribución de probabilidad más comunes, tratando de evitar “el tener que recurrir” a las famosas tablas (Maindonald, 1984). Varios de ellos fueron utilizados en el desarrollo de la investigación. Merecen especial mención:

- Algorithm AS 111: The percentage points of the normal distribution (Beasley, et al., 1977).
- Algorithm 395: Student's t-distribution (Hill, 1970).
- Algorithm 396: Student's t-Quantiles (Hill, 1970).
- A Normal Approximation for Binomial, F, Beta, and Other Common, Related Tail Probabilities, I (Peizer, et al., 1968).
- A Normal Approximation for Binomial, F, Beta, and Other Common, Related Tail Probabilities, II (Peizer, et al., 1968).

Conviene resaltar en este punto que en el Mobile World Congress realizado en Barcelona en febrero de 2010 los operadores de GSMA afirman que “el futuro de las telecomunicaciones está en el desarrollo de las aplicaciones para móviles” (Noticias 24, 2010).

Finalmente, la aplicación computacional FUNCIONA, de acuerdo con lo previsto.

5. Conclusiones

Vale la pena medírsele a la adaptación de tecnología que brinde soluciones contextualizadas a problemas que se siguen tratando con paradigmas que pueden ser superados.

Se considera importante el aporte de esta investigación, dado que para el estudiante, el teléfono móvil adquiere una nueva connotación que va más allá de considerarlo como un elemento de distracción (llamadas, juegos y música), constituyéndose en una herramienta que apoye sus labores académicas.

6. Referencias

- Beasley, J. D. and Springer, S. G. (1977). **Algorithm AS 111: The percentage points of the normal distribution**. Applied Statistics, 26, pp. 118-121.
- Fernández Luna, Juan Manuel. (2006). **Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles**. Consultado el 15 de febrero de 2011 en http://leo.ugr.es/J2ME/INTRO/intro_9.htm.
- Froufe Quintas, Agustín y Jorge Cárdenes, Patricia. (2004). **J2ME. Java 2 Micro Edition. Manual de usuario y tutorial**. Alfaomega Grupo Editor, México, pp. 47-70.

- Hill, G. W. (1970). **Algorithm 395: Students t-distribution.** Communications of the ACM, October, Vol. 13 No. 10, pp. 617-619.
- Hill, G. W. (1970). **Algorithm 396: Student's t-Quantiles.** Communications of the ACM, October, Vol. 13 No. 10, pp. 619-620.
- Honrado, José Ignacio. (2011). **Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.** Consultado el 3 de mayo de 2011 en <http://blog.tantacom.com/general/desarrollo-de-aplicaciones-para-dispositivos-moviles>.
- Maindonald, J. H. (1984). **Statistical Computation.** Wiley, John & Sons, Incorporated, pp. 294-295.
- Miller, Irwin R. y otros. (1992). **Probabilidad y estadística para ingenieros.** Cuarta edición. Prentice-Hall, México, pp. 89-135.
- Noticias 24. (2010). **El futuro de las telecomunicaciones está en el desarrollo de aplicaciones para móviles.** Consultado el 10 de diciembre de 2010 en <http://www.noticias24.com/tecnologia/noticia/2603/el-futuro-de-las-telecomunicaciones-podria-estar-en-el-desarrollo-de-aplicaciones-para-moviles/>.
- Peizer, David B. and Pratt, John W. (1968). **A Normal Approximation for Binomial, F, Beta, and Other Common, Related Tail Probabilities, I.** Journal of the American Statistical Association, December, Vol. 63 No. 324, pp. 1416-1456.
- Peizer, David B. and Pratt, John W. (1968). **A Normal Approximation for Binomial, F, Beta, and Other Common, Related Tail Probabilities, II.** Journal of the American Statistical Association, December, Vol. 63 No. 324, pp. 1457-1483.
- Young, Anne and others. (1994). **SurfStat Australia.** Consultado el 20 de enero de 2010 en <http://surfstat.anu.edu.au/surfstat-home/tables/normal.php>.

Sobre los autores

Luis Vicente Chamorro Marcillo: Licenciado en Matemáticas y Física. Ingeniero de Sistemas. Especialista en Computación para la Docencia. Magister en Investigación de Operaciones. Docente Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Calle 14 No. 37-20 Casa 6 Prados del Oeste. vchamorro@udenar.edu.co.

Oscar Revelo Sánchez: Licenciado en Comercio y Contaduría. Ingeniero de Sistemas. Especialista en Multimedia Educativa. Magister en Investigación de Operaciones. Docente Hora Cátedra de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Manzana B Casa 24 Sauces La Carolina.orevelo@udenar.edu.co

02TCE. EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA

ENRIQUE, C. M.^{1,2}; ALZUGARAY, G. E.^{1,3}

¹Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)

²UDB Física, Dpto. Materias Básicas

E-mail: cenriquear@yahoo.com.ar

³Dpto. Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Lavaisse 610 – (3000) - Santa Fe, Argentina.

Resumen: Las TIC's están presentes en la mayoría de los campos del conocimiento, han originado grandes cambios en la sociedad y, consecuentemente, en el ámbito educativo. Por ello, la educación debe favorecer su uso con el propósito de preparar a los estudiantes para su desarrollo en la sociedad del siglo XXI.

En el campo de las ciencias en general y de la Física en particular, son variados los usos que se pueden hacer mediante las TIC's: desde la transmisión de datos con una interfase en una práctica experimental, la simulación de experimentos de laboratorio, y el procesamiento de datos, hasta la educación a distancia, el trabajo con archivos de información disponibles en Internet, el laboratorio remoto, entre otros. En algunos casos contribuyen con nuevas técnicas en actividades relacionadas con la práctica docente, como por ejemplo en la práctica experimental o Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), que impulsadas por desarrollos en las competencias de la electrónica, la computación, la informática y las comunicaciones, han mejorado, entre otros, la precisión en la toma de datos y su procesamiento. Particularmente en este trabajo, se propone un análisis cinemático integral de un volante a partir de un TPL, orientado a la educación secundaria y/o universitaria utilizando las potencialidades de las TIC's.

1. Introducción

El uso de las TIC's en los TPL's de Física deben provenir de la redefinición y la reorientación del concepto de trabajo práctico, y de una mejor adaptación de la actividad al objetivo escogido. El docente de Física debe apropiarse de las TIC's para poder hacer una abstracción de sus enormes potencialidades con el objeto de realizar un análisis crítico orientado a lo que estos recursos permiten o inhiben en términos de aprendizajes, a fin de entender la acción educativa que debería incorporar elementos de reflexión docente tales como contenidos, estrategias, tareas, estructuras de conocimiento; los contextos social, institucional y aúlico, etc. Para ello es necesario la creación de nuevos escenarios donde, amén de la interpretación y comprensión de códigos y lenguajes de las áreas de conocimiento y de los recursos, sino también de la enseñanza que se integre a los procesos tradicionales, junto a la selección de información u otras acciones que se integren a los procesos activos de construcción de saberes.

Quienes usen estas metodologías lógicamente necesitan una capacitación que les permita reconocer que un modelo es una simplificación de la realidad, por lo que existirán resultados aproximados o al menos no tan exactos y precisos tales como se ven en la teoría. También es fundamental el dominio de aspectos pedagógicos específicos para poder adaptar las propuestas didácticas a su entorno particular de enseñanza y poder realizar nuevos diseños poniendo en juego la creatividad. Consideramos que la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los artefactos, sino por la reconstrucción de los encuadres pedagógicos de dicha renovación (Maggio, 2000).

Es conocido que la práctica docente responde a distintas finalidades, y que su diseño debe realizarse de acuerdo al objetivo planteado para la misma (Izquierdo y Espinet, 1999; Capuano, 2006a; Capuano 2006b). También se puede decir que una vez diseñada la práctica docente su arquitectura definirá los aprendizajes, y no escapa a esta consideración la presencia de las TIC's en distintos aspectos de la misma.

Uno de las situaciones más comunes en los TPL's de Física consiste en analizar de manera individual variables que podrían interconectarse con otras para analizar más exhaustivamente al sistema desde un punto de vista integral. Por ejemplo, suele estudiarse a un movimiento partiendo de que si es con aceleración lineal constante, es uniformemente acelerado. Si bien es válido para situar el estudio desde una referencia, normalmente suele omitirse lo que sucede con la velocidad y/o la posición. Pero en los problemas, estas variables se tratan de vincular entre sí, lo que habitualmente desconcierta al alumno sobre todo cuando inicia sus estudios en Física y quiere resolver todo con "la fórmula".

Según Richoux (2003) "la estructura "clásica" de los trabajos prácticos se apoya sobre el hecho de poner a disposición de los estudiantes una ficha de actividades y aparatos adecuados para estudiar diferentes fenómenos, generalmente de forma cuantitativa (mediciones, tratamientos numéricos, modelización)". El TPL en el proceso de enseñanza - aprendizaje es generalmente considerado como una actividad de aprendizaje útil para una diversidad de funciones (Barberá y Valdés, 1994; Hodson, 1994). Sin embargo, en la realidad se ve un marcado énfasis en el aprendizaje de destrezas y técnicas de recolección y procesamiento de datos experimentales, con escasa relación explícita con referentes teóricos o modelos. Además, se vislumbra una falta de claridad en cuanto a los objetivos de aprendizaje que se espera lograr con el TPL. En tal sentido, es primordial precisar el rol del TPL en el contexto de la enseñanza de las ciencias experimentales más cercana al quehacer científico.

El TPL como una situación de investigación permite desarrollar destrezas en la resolución de problemas. La interacción grupal en el laboratorio bajo este tipo de enfoque de enseñanza le permite al estudiante discutir, razonar y comparar lo que se ha hecho en el trabajo práctico, teniendo así la oportunidad de vivir un proceso real de resolución de problemas. A pesar de los avances realizados en cuanto a los objetivos del trabajo de laboratorio, hay que considerar que es necesario que el docente tenga una visión, enfoque o estilo didáctico en consonancia con los mismos, sin dejar de tomar en cuenta la propia visión de los estudiantes, las que muchas veces no coincide con la propia.

Los TPL's de Física, tal como se llevan a cabo en su amplia mayoría en la actualidad, plantea determinadas situaciones innecesarias que dificultan el aprendizaje. A los estudiantes se les pide frecuentemente que comprendan la naturaleza del problema y el procedimiento, que adopten la perspectiva teórica relacionada con el tema de estudio, que lean, asimilen y sigan las instrucciones del experimento, que manejen el aparato en cuestión, que recopilen los datos obtenidos, que reconozcan las diferencias entre los datos conseguidos y los resultados que "deberían haberse obtenido", que interpreten tales resultados y escriban un informe del experimento. Estas situaciones pueden ocasionar que los estudiantes muchas veces sean incapaces de asociar la temática del TP con la teoría. Consecuentemente, es posible que adopten una de estas estrategias (Johnstone y Wham 1982):

- Adoptar un "enfoque de receta", siguiendo simplemente las instrucciones paso a paso.
- Concentrarse en *un único* aspecto del experimento con la virtual exclusión del resto.
- Mostrar un comportamiento aleatorio que les hace "estar muy ocupados sin tener nada

que hacer”.

- Mirar a su alrededor para copiar lo que están haciendo los demás.
- Convertirse en “ayudantes” de un grupo organizado y dirigido por otros compañeros

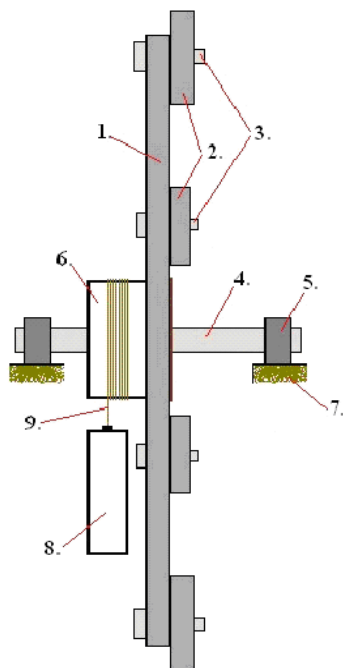
2. Metodología

En este trabajo se considera que la elaboración de buenos materiales (Litwin, 2008) para la enseñanza que implica la posibilidad de reutilización de los mismos, su adaptabilidad y versatilidad, para enfrentar diferentes situaciones según los destinatarios. Por lo tanto, el diseño y desarrollo de los materiales didácticos incluyendo TIC's puede constituir un campo de estudio, al considerarlos instrumentos de integración de contenidos, así como también herramientas ineludibles para el proceso de enseñanza - aprendizaje, generando situaciones susceptibles de ser sometidas al análisis, evaluación e investigación permanente.

Proponemos el uso de las TIC's en el estudio cinemático integral de un volante para alumnos de escuelas medias y/o niveles iniciales en la universidad. Llamamos *estudio cinemático integral* a aquél que permite la adquisición de datos simultáneos de la posición, velocidad y aceleración – en este caso, angulares - de un volante, donde el objetivo principal es tratar de estudiar de manera conjunta las variables cinemáticas que históricamente y operativamente, debido a la fragmentación propia del método científico, se han analizado de manera separada y generalmente inconexa por parte de los alumnos.

Un volante (conocido técnicamente como volante de inercia) es un disco macizo muy usado en la Mecánica, cuya misión es acumular y liberar energía transitoriamente. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

A continuación, se presenta un esquema del dispositivo empleado en este trabajo (Figura 1).



1. Disco mayor del volante.
2. Discos sobrepuestos intercambiables para aumentar - o disminuir - el momento de inercia del volante.
3. Bulón para fijación del disco intercambiable.
4. Eje de hierro trefilado.
5. Rulemanes 6203.
6. Cilindro hueco (donde se enrolla la cuerda).
7. Soporte del equipo.
8. Pesa.
9. Cuerda transmisora de la tensión de la pesa.

Figura 1: Esquema del volante

Este sistema se conecta con un Sensor de Movimientos Rotacionales/Encoder p/Interfase Science Workshop Pasco - CI-6538 a través de una correa inextensible y de masa despreciable al eje del volante (Figura 2).



Figura 2: Sensor de rotación



Figura 3: Interfase con accesorios

Dicho sensor se conecta con una Interfase USB de Altas Prestaciones para Laboratorio de Ciencias Pasco - ScienceWorkshop 750 Interface (1), con cable de alimentación (2) y conexión USB (3) (Figura 3). Dicha interfase se conecta a una PC. Además es necesario contar con el Software Data Studio p/e-measure c/interfases Pasco - CI-6870G

Operativamente, se arrolla una cuerda solidaria a la pesa en el cilindro hueco del volante, tratando de que permanezca tensa. Posteriormente, se libera desde una determinada altura – igual a la longitud de la cuerda que sostiene a la pesa respecto del suelo -. Previamente, se deben medir tanto la masa de la pesa como la altura a la que se encuentra.

Luego se libera del reposo a la pesa, justamente cuando se acciona el dispositivo de toma de datos del programa Data Studio, a la vez que un alumno inicia el conteo del tiempo mediante un cronómetro digital – de modo de comparar los valores medidos con el programa -. La experiencia se detiene cuando el volante ha cesado su movimiento.

El análisis de la experiencia que se llevará a cabo en el Laboratorio de Física sobre la cinemática de rotación de un cuerpo rígido, se puede dividir en dos partes: a. Cuando el sistema es liberado de manera que la pesa cae por acción de la gravedad produce que el volante, vinculado a la pesa a través de una cuerda arrollada, adquiera una aceleración angular; b. cuando la pesa se ha desvinculado por completo del volante, es decir, la pesa ha llegado a la altura del piso, el volante queda girando con la sola perturbación de la fricción en su eje de rotación. Esto último significa que el volante en un tiempo determinado se frenará.

3. Resultados

El programa puede presentar en tiempo real los valores obtenidos de posición, velocidad y aceleración angular tanto de manera gráfica como tabulados. Sugerimos el uso de ambos, para que las gráficas permitan tener una idea previa para la discusión del sistema. A continuación se presentan las gráficas halladas en nuestra experiencia:

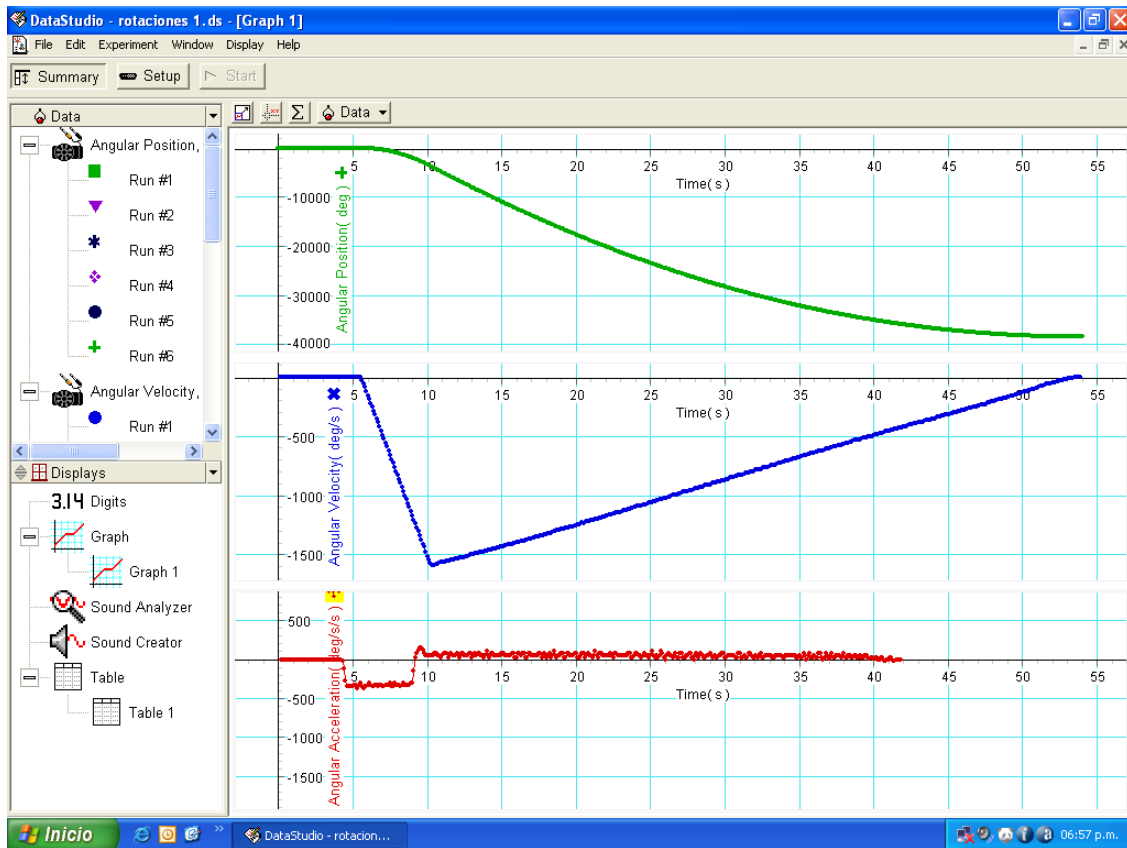


Figura 4: Gráfica correspondiente a posición, velocidad y aceleración angular en función del tiempo – obtenidas de manera simultánea.

Para el análisis se opera sobre los valores tabulados, aprovechando que los mismos se pueden transferir a una planilla de cálculo o a un software estadístico.

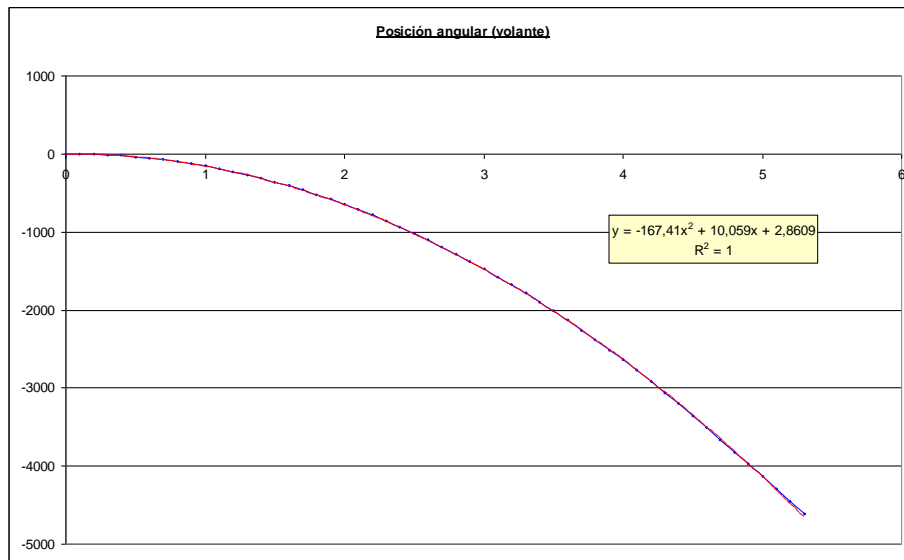


Figura 5: Gráfica obtenida en MS – Excel correspondiente a la posición angular en función del tiempo

Sólo para mostrar una de las alternativas, se puede trabajar con la posición angular en función del tiempo y hallar la ecuación de la misma, de la cual se deben obtener los valores numéricos de las variables cinemáticas respecto a los parámetros hallados mediante estadística. A su vez, se puede verificar que por tratarse de un movimiento uniformemente

acelerado, la ecuación de la posición angular respecto del tiempo debe ser una cuadrática (figura 5).

Con el objeto de realizar un estudio pormenorizado por parte de los alumnos aprovechando las herramientas informáticas, en este TPL el – o los – docentes(s) deben diseñar preguntas tendientes a lograr un espíritu crítico y analítico en sus estudiantes, y permitir que estos últimos expongan sus resultados desarrollando una sólida argumentación. Por ejemplo: - los valores de las variables cinemáticas son negativos cuando se inicia el movimiento, mientras que en la teoría el signo fue opuesto. ¿Por qué? La respuesta es que como el giro del volante se dio en sentido horario, el programa lo toma como negativo. Simplemente, se trata de una convención.

En cualquiera de estas situaciones, los alumnos deberán realizar una investigación sobre lo que se ha medido y lo que se debe analizar para definir el estudio cinemática integral del volante. Creemos que acá se encuentra el aspecto más interesante de esta práctica, dado que los estudiantes deben tener un conocimiento muy sólido de la teoría para poder resolver distintas situaciones para arribar a resultados serios y confiables, en particular mediante el procesamiento de datos.

Estas son sólo algunas de las opciones a considerar en este TPL. No obstante, se puede avanzar con el mismo mediante un análisis dinámico y/o energético, lo que enriquece el aspecto analítico con características investigativas. **Conclusiones**

En este trabajo se ha considerado que los TPL's en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física debe estar orientado hacia un enfoque constructivista, donde los alumnos deberían trabajar en una especie de proceso de investigación.

Para ello, los docentes deben manejar los aspectos teóricos, pedagógicos y didácticos tendientes a un diseño adecuado del trabajo práctico, amén del conocimiento profundo de dicho TPL.

Esta tarea se ve enormemente facilitada por el uso de materiales y equipos basados en el empleo de las TIC's, donde si bien los resultados son precisos y obtenidos de manera rápida, lo principal es “lo que queda por venir”: el estudio de carácter investigativo de los resultados hallados, y bien fundamentados, con el objeto de lograr que los estudiantes tengan en cuenta la argumentación de sus conclusiones.

4. Referencias

- Barberá, O.; Valdés, P. (1994). El trabajo práctico en al enseñanza de las ciencias: una revisión. Enseñanza de las Ciencias, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1994.
- Capuano, V.; Gutiérrez, E.; Rocchietti, R.; Albarracín, L. y González, M. (2006 a) Sobre como las “prácticas experimentales orientadas” contribuyen al cambio conceptual. Memorias V CAEDI, Mendoza, pp. 463 – 470.
- Capuano, V.; Martín, J.; Gutiérrez, E.; Rocchietti, R.; Albarracín, L. y González, M. (2006 b). El cambio conceptual y las prácticas experimentales orientadas, en la “formación de imágenes”. Memorias SIEF 8. Gualeguaychú.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 3, p. 299-313.
- Izquierdo, M. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), pp. 45-60.
- Johnstone, A.H. y Wham, A.J.B. (1982). The demands of practical work, *Education in Chemistry*, 19, pp. 71 – 73.
- Litwin. E. (2008). El oficio de enseñar. Ed. Paidós, Buenos Aires.

- Maggio, M. (2000). El tutor en la educación a distancia. En Litwin, E. (comp.). La educación a distancia. Colección Agenda Educativa. Amorrortu Editores S.A., Buenos Aires.
- Pontes, A. (2001). Nuevas formas de aprender Física con ayuda de Internet: una experiencia educativa para aprender conceptos y procesos científicos. Revista Alambique N° 29, pp. 84-94, 2001.
- Richoux, H. Y Beaufils, D. (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores, Enseñanza de las Ciencias, 21 (1), 95-106.

03TCE. ESTUDIO DE UN VOLANTE COMO PÉNDULO FÍSICO MEDIANTE EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA

ENRIQUE, C. M.

Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)

UDB Física, Dpto. Materias Básicas

E-mail: cenriquear@yahoo.com.ar

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Lavaisse 610 – (3000) - Santa Fe, Argentina.

Resumen: Las TIC's están presentes en la mayoría de los campos del conocimiento y han originado grandes cambios en la sociedad; consecuentemente, también lo han hecho en el ámbito educativo. Por ello, la educación debe favorecer el uso de las TIC's con el propósito de preparar a los estudiantes como profesionales competentes para su desarrollo en la sociedad.

En el campo de las ciencias en general y de la Física en particular, disciplina básica y fundamental en los planes de estudio de las carreras de Ingeniería, son variados los usos que se pueden hacer mediante las TIC's. En algunos casos pueden contribuir con nuevas técnicas en actividades relacionadas con la práctica docente, como por ejemplo en la práctica experimental o Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), que impulsadas por desarrollos en las competencias de la electrónica, la computación, la informática y las comunicaciones, han mejorado, entre otros, la precisión en la toma de datos y su procesamiento.

Particularmente en este trabajo se propone el uso de un volante como péndulo físico, y el análisis mediante las TIC's de su movimiento oscilatorio amortiguado.

1. Introducción

El uso de las TIC's en los TPL's de Física deben provenir de la redefinición y la reorientación del concepto de trabajo práctico, y de una mejor adaptación de la actividad al objetivo escogido.

En ocasiones, es conveniente considerar que la enseñanza de la Física – o de las ciencias experimentales en general - , constan de tres aspectos principales:

- *El aprendizaje de la ciencia*, adquiriendo y desarrollando conocimientos teóricos y conceptuales.
- *El aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia*, desarrollando un entendimiento de la naturaleza y los métodos de la ciencia, siendo conscientes de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad.
- *La práctica de la ciencia*, desarrollando conocimientos técnicos sobre la investigación científica y la resolución de problemas.

Para asegurar que los estudiantes tengan éxito en *el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia*, el primer paso es convertir lo *implícito* en *explícito*. El segundo paso necesario es que exista una planificación conforme a un modelo científico desde una paradigma educativo caracterizado por un espacio constructivista del aprendizaje, un modelo de ciencia que valore la falibilidad y la dependencia teórica de la observación y del experimento, que aporte conciencia de cómo se transmiten los conocimientos dentro de la comunidad científica, y que haga hincapié en la distinción entre teorías –cuyo objetivo es explicar- y modelos instrumentalistas –que persiguen realizar predicciones y establecer una medida de control– (Hodson, 1993).

En muchos casos los experimentos pueden simplificarse mediante la eliminación de algunos pasos menos importantes y el empleo de aparatos y técnicas más sencillas. Esto se puede ver facilitado mediante el uso de las TIC's, principalmente aquellas que trabajan con un sistema de adquisición de datos informatizados y que permita medir alguna magnitud física en tiempo real.

El docente de Física – o de ciencias en general – debe apropiarse de las TIC's para poder hacer una abstracción de sus enormes potencialidades con el objeto de realizar un análisis crítico orientado a lo que estos recursos permiten o inhiben en términos de aprendizajes, a fin de entender la acción educativa que debería incorporar elementos de reflexión docente tales como contenidos, estrategias, tareas, estructuras de conocimiento; los contextos social, institucional y aúlico, etc. Para ello es necesario la creación de nuevos escenarios donde, amén de la interpretación y comprensión de códigos y lenguajes de las áreas de conocimiento y de los recursos, sino también de la enseñanza que se integre a los procesos tradicionales, junto a la selección de información u otras acciones que se integren a los procesos activos de construcción de saberes.

Quienes usen estas metodologías lógicamente necesitan una capacitación que les permita reconocer que un modelo es una simplificación de la realidad, por lo que existirán resultados aproximados o al menos no tan exactos y precisos tales como se ven en la teoría. También es fundamental del dominio de aspectos pedagógicos específicos para poder adaptar las propuestas didácticas a su entorno particular de enseñanza y poder realizar nuevos diseños poniendo en juego la creatividad. Consideramos que “la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los artefactos, sino por la reconstrucción de los encuadres pedagógicos de dicha renovación (Maggio, 2000).

Acordamos con Litwin (2003) en que la tecnología limita o enmarca, potencia o banaliza la propuesta pedagógica y didáctica. Por ello la capacitación debe orientarse al desarrollo de la capacidad de autogestión del docente para la selección, diseño e implementación de propuestas didácticas, realizadas sobre un análisis crítico tanto de objetivos educativos, recursos materiales y humanos, como del contexto aúlico, institucional y jurisdiccional. La cuestión no es “cuánto y cómo” se interactúa externamente con el recurso, sino cuánto promueve el uso del mismo los procesos que llevan a comprender, explicar, predecir, transformar el conocimiento; lo cual implica proveer desde el recurso, con estrategias didácticas apropiadas, a la modificación de las estructuras del conocimiento, de las representaciones internas del sujeto, con el objeto de promover la adquisición de significados científicos compartidos y significativos (Ausubel et al, 1989).

2. Objetivos

Analizar el movimiento oscilatorio amortiguado de un volante

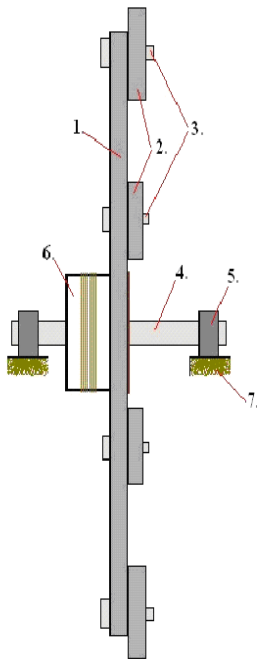
3. Metodología

Un volante (conocido técnicamente como volante de inercia) es un disco macizo muy usado en la Mecánica, y es capaz de almacenar energía cinética, usando la inercia restante en un sistema. El volante reduce las variaciones en la velocidad angular, suavizando de este modo las aceleraciones bruscas. En términos más sencillos, se puede decir que el volante de inercia se resiste a los cambios en su velocidad de rotación.

La misión del volante es acumular y liberar energía transitoriamente, dado que acumula energía cinética cuando la velocidad tiende a aumentar sobre su valor de régimen y la cede cuando tiende a disminuir. De éste modo, la energía cinética de rotación será máxima para una velocidad de rotación determinada, y se consigue que el motor redondee

perfectamente. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

A continuación, se presenta un esquema del dispositivo empleado en este trabajo



1. Disco mayor del volante.
2. Discos sobrepuestos intercambiables para aumentar - o disminuir - el momento de inercia del volante.
3. Bulón para fijación del disco intercambiable.
4. Eje de hierro trefilado.
5. Rulemanes 6203.
6. Cilindro hueco (donde se enrolla la cuerda).
7. Soporte del equipo.

Figura 1

Este sistema se conecta con un Sensor de Movimientos Rotacionales/Encoder p/Interfase Science Workshop Pasco - CI-6538 a través de una correa inextensible y de masa despreciable al eje del volante. Dicho sensor se contacta con una Interfase USB de Altas Prestaciones para Laboratorio de Ciencias Pasco - ScienceWorkshop 750 Interface, con cable de alimentación y conexión USB. Dicha interfase se conecta a una PC. Además es necesario contar con el Software Data Studio p/e-measure c/interfases Pasco - CI-6870G

Si al volante se le quitan algunos de los discos (2) con su bulón de fijación (3), se modificará la posición del centro de masas; por lo que se puede hacer uso del mismo como un péndulo físico. Éste es el fundamento de este trabajo.

Operativamente, el volante se inclina un ángulo pequeño – no más de 30° - y posteriormente se libera del reposo, a la vez que se acciona el dispositivo de toma de datos del programa Data Studio. La experiencia se detiene cuando el volante ha cesado su movimiento.

El programa Data Studio debe configurarse para medir posición angular (en rad), velocidad angular (rad/s) y aceleración angular (rad/s^2), tanto en forma gráfica como en forma de planilla. Esta última resulta útil para el procesamiento de datos mediante una planilla de cálculo.

4. Resultados

La primera etapa de este trabajo consistió en seleccionar el “mejor” movimiento oscilatorio amortiguado en función del número de pesas a mantener en el volante. De acuerdo a todas las posibilidades – 5; 4; 3; 2; y 1 disco(s) intercambiable (s) – los resultados han permitido elegir al conformado con el volante con 4 discos:

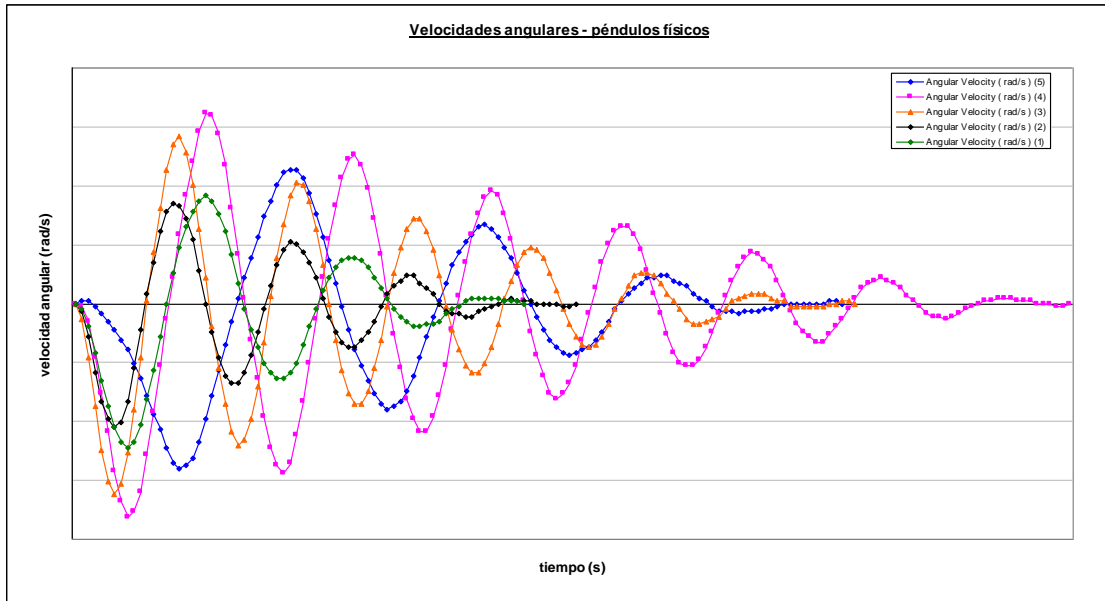


Figura 2: selección del número de discos a emplear.

Particularmente con la posición en función del tiempo, la gráfica hallada es la siguiente:

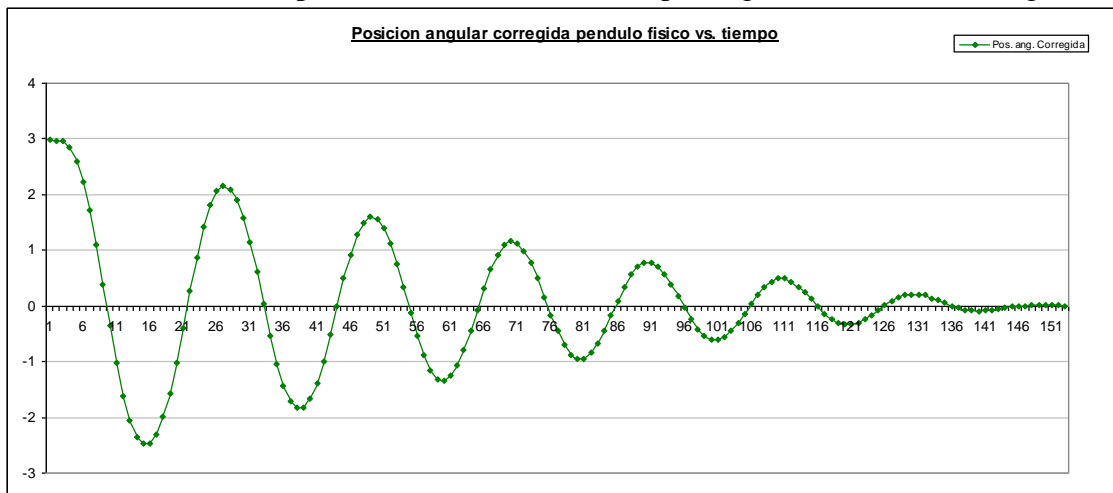


Figura 3: posición angular corregida del péndulo físico en función del tiempo.

Una opción de las tantas de ser sometidas al análisis por parte de los alumnos es realizar una modelización de la posición angular en función del tiempo, tomando los valores obtenidos mediante el experimento en tiempo real con uso de las TIC's.

Cuando el ángulo de oscilación es suficientemente pequeño, este sistema, en ausencia de fuerzas de fricción, oscilaría alrededor de la posición de equilibrio según un movimiento armónico simple. Sin embargo, cuando la fuerza de fricción es proporcional a la velocidad, la desviación respecto de la posición de equilibrio $\theta(t)$ vendrá dada por:

$$\theta(t) = \theta^0 e^{-\gamma t} \text{sen}(wt + \varphi) \quad (1)$$

donde θ^0 da la máxima amplitud de oscilación posible para una energía inicial dada; γ refleja el efecto de la fricción; y

$$w^2 = w_0^2 - \gamma^2 \quad (2)$$

siendo w_0 la frecuencia en ausencia de fricción o frecuencia propia del sistema.

En la ecuación (1), los valores de t para los que $\theta(t)=0$ son aquellos que anulan la función seno, y por lo tanto se encuentran distanciados en $T/2$. Si se llama t_1 a un valor de t en que $\theta(t)=0$ y t_n al valor de t donde $\theta(t) = 0$ con $(n-1)$ ceros, el valor de T vendrá dado por:

$$T = 2 (t_n - t_1) / (n - 1) \quad (3)$$

A partir del valor de T , se calculará w como:

$$w = 2 \pi / T \quad (4)$$

Por otro lado, para los valores de t a distancia $T/4$ de los puntos donde $\theta(t) = 0$ - ceros de $\sin(wt + \varphi)$ - el valor absoluto de $\sin(wt + \varphi)$ será 1, y por lo tanto se verificarán las ecuaciones:

$$|\theta(t_1+T/4)| = \theta_0 \exp[-\gamma (t_1+T/4)] \quad (5)$$

y

$$|\theta(t_n+T/4)| = \theta_0 \exp[-\gamma (t_n+T/4)] \quad (6)$$

de donde tomando logaritmos y restando las dos ecuaciones se obtiene:

$$\ln|\theta(t_1+T/4)| - \ln|\theta(t_n+T/4)| = \gamma [t_n - t_1] \quad (7)$$

Por lo tanto, una vez determinados $\theta(t_1+T/4)$ y $\theta(t_n+T/4)$ la única incógnita en esta ecuación es γ .

Una vez hallados los valores de w y γ , se puede hallar el valor de w_0 , mediante la ecuación (2).

Con los valores de $T = 2,2$ [s]; $\omega = 2,92$ [s^{-1}]; y $\gamma = - 0,34$ [s^{-1}] obtenidos a través del procesamiento de los datos experimentales, se ha obtenido la siguiente gráfica:

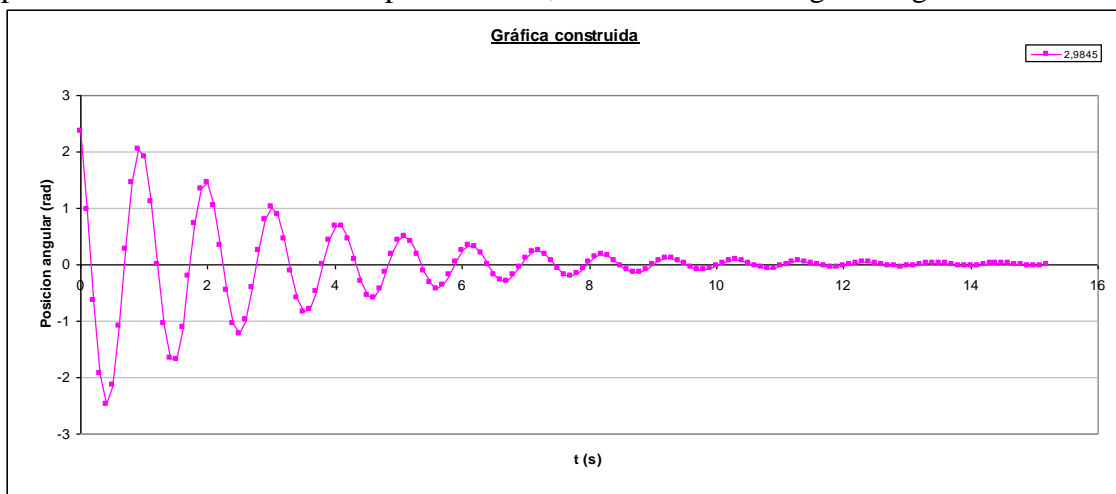


Figura 4

Una de las posibilidades de este trabajo consiste en introducirnos en conceptos de la Teoría del Caos, mediante lo que se conoce como *espacio de fases y atractor*. El *espacio de fases*

es una representación del comportamiento de un sistema. *Atractor* es la estructura que se genera en el espacio de fase. Dicho de otro modo, es una singularidad en el espacio de fase donde ocurre un fenómeno, hacia el cual convergen las trayectorias de una dada dinámica que encuentran una condición local de mínima energía. La existencia de un atractor se puede detectar observando la disipación de algún tipo de energía. El atractor (puntual) de un péndulo oscilando libremente es su punto más bajo.

De manera sencilla, para “ver” el atractor de este movimiento oscilatorio amortiguado, se debe graficar la velocidad en función del desplazamiento. Como en este trabajo se emplea una rotación alrededor del punto de apoyo, las variables a representar serán angulares.

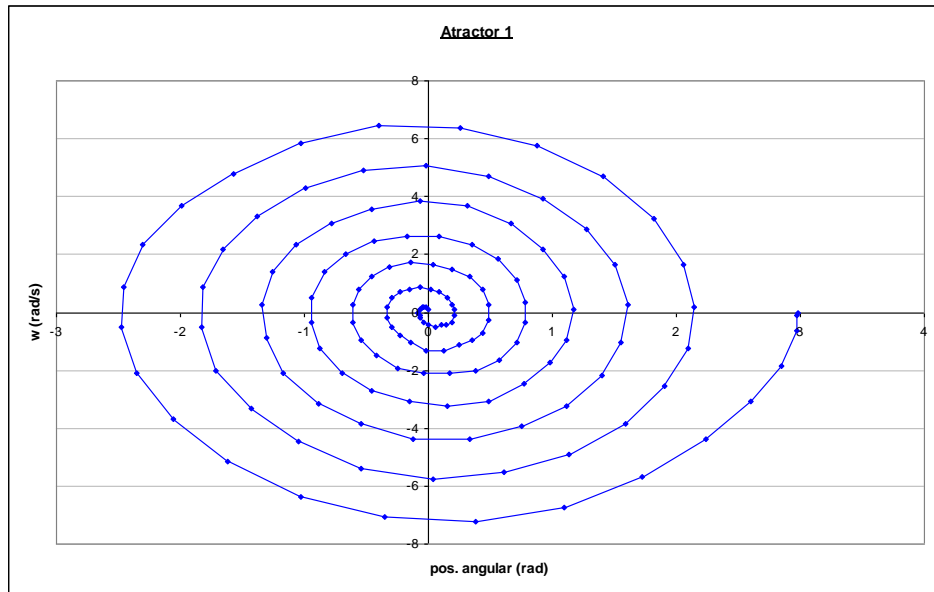


Figura 5

Donde se evidencia que el atractor del sistema es la posición de equilibrio, o estado de menor energía.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha considerado que los TPL's en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física debe estar orientado hacia un enfoque constructivista, donde los alumnos deberían trabajar en una especie de proceso de investigación. Para ello, los docentes deben manejar los aspectos teóricos, pedagógicos y didácticos tendientes a un diseño adecuado del trabajo práctico, amén del conocimiento profundo de dicho TPL.

Esta tarea se ve enormemente facilitada por el uso de materiales y equipos basados en el empleo de las TIC's, donde si bien los resultados son precisos y obtenidos de manera rápida, lo principal es “lo que queda por venir”: el estudio de carácter investigativo de los resultados hallados, y bien fundamentados, con el objeto de lograr que los estudiantes tengan en cuenta la argumentación de sus conclusiones. En nuestro caso particular, el estudio de un péndulo físico, es un tema muy interesante de Física I. Si además se emplean criterios de flexibilidad en el uso de un volante junto a TIC's, las situaciones de los TPL's se verán muy favorecidas para el docente pero, fundamentalmente, para el alumno.

6. Bibliografía

- Barberá, O.; Valdés, P. (1994). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. Enseñanza de las Ciencias, v. 14, n. 3, p. 365-379.

- Capuano, V.; Gutiérrez, E.; Rocchietti, R.; Albarracín, L. y González, M. (2006) Sobre como las “prácticas experimentales orientadas” contribuyen al cambio conceptual. Memorias V CAEDI, Mendoza, pp. 463 – 470.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 3, p. 299-313.
- Izquierdo, M. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), pp. 45-60.
- Litwin. E. (2008). El oficio de enseñar. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- Pontes, A. (2001). Nuevas formas de aprender Física con ayuda de Internet: una experiencia educativa para aprender conceptos y procesos científicos. Revista Alambique N° 29, pp. 84-94, 2001.
- Richoux, H. Y Beaufils, D. (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores, Enseñanza de las Ciencias, 21 (1), 95-106.
- San Martí, N. e Izquierdo, M. (2001): Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. Revista Alambique N° 29, pp. 71- 83.

04TCE. CÁLCULO DE DISTINTOS MOMENTOS DE INERCIA DE UN VOLANTE MEDIANTE EL USO DE LAS TIC'S EN EL LABORATORIO DE FÍSICA

ENRIQUE, C. M.

Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)
UDB Física, Dpto. Materias Básicas
E-mail: cenriquear@yahoo.com.ar
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe
Lavaisse 610 – (3000) - Santa Fe, Argentina.

Resumen: Las TIC's están presentes en la mayoría de los campos del conocimiento y han originado grandes cambios en la sociedad, y, por lo tanto, en el ámbito educativo. Por ello, la educación debe favorecer su uso, con el propósito de preparar a los estudiantes como profesionales competentes para su desarrollo en la sociedad.

En el campo de las ciencias en general y de la Física en particular - disciplina básica y fundamental en los planes de estudio de las carreras de Ingeniería -, son variados los usos que se pueden hacer mediante las TIC's. En algunos casos contribuyen con nuevas técnicas en actividades relacionadas con la práctica docente, como por ejemplo en la práctica experimental o Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), que impulsadas por desarrollos en las competencias de la electrónica, la computación, la informática y las comunicaciones, han mejorado la precisión en la toma de datos y su procesamiento, la facilidad con la que pueden trazarse curvas teóricas y ajustarse curvas experimentales para su comparación, etc. Particularmente en este trabajo, se propone calcular el momento de inercia de un volante a partir de un TPL.

1. Introducción

Las experiencias asistidas por computadora responden a una tecnología hoy ampliamente disponible, cuyo aprovechamiento para la enseñanza es conveniente desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, no se trata sólo de una cuestión tecnológica, sino que presupone un definido enfoque pedagógico, en la medida que esta manera de llevar a cabo los experimentos, puede llegar a complementar – o incluso, reemplazar - los métodos tradicionales de laboratorio.

Dentro de las características fundamentales de las TIC's frente a las llamadas técnicas tradicionales de experimentación y medición, se pueden citar:

- a. mayor exactitud y precisión en general;
- b. mayor velocidad y/o frecuencia de adquisición de datos;
- c. posibilidad de procesamiento de datos en línea, o en forma inmediata;
- d. obtención casi automática de gráficas y resultados numéricos;
- e. posibilidad de alcanzar una mayor motivación de los alumnos.

En el uso de las TIC's en los TPL debe orientarse dentro de un marco teórico sostenido por un enfoque constructivista del aprendizaje. Creemos que para realizar este enfoque, deben considerarse las siguientes propuestas:

- a. *Anclaje en conocimientos previos:* para permitirle al alumno la combinación de cierta práctica tradicional con la experiencia automatizada, de modo que adquiriera una noción clara de las magnitudes medidas, y una capacitación básica de manipulación de instrumentos tradicionales.

b. *Control del sistema que estudia*: para planificar la actividad de modo que sea el propio alumno quien manipule el sistema de experimentación y la computadora, éste debe estar instruido – aunque tal vez en forma sintética -, sobre los fundamentos de la técnica de adquisición y transferencia de datos entre el sistema y la computadora, de manera que no le resulten extraños los elementos electrónicos de conexión; diferenciar datos analógicos de digitales; y que conozca distintos accesos de la computadora para las conexiones exteriores.

c. *Curiosidad por conocer aspectos fundamentales y habitualmente desconocidos*: aprovechando que las mediciones de la computadora son más rápidas, exactas y precisas en experiencias que implican una mayor complejidad, se pueden llegar a conclusiones que muchas veces son prácticamente inalcanzables a través de técnicas manuales. Esto provoca desafíos para resolver situaciones problemáticas que trasciendan la simple realización de operaciones absolutamente programadas, buscando por el contrario que el alumno pueda tomar decisiones en el desarrollo de la práctica experimental, para lo cual se podrán proponer problemas, preguntas o incógnitas a develar a través de la experimentación

d. *Desafío entre diferentes equipos de trabajos, y discusión de los resultados con argumentaciones y refutaciones*: se busca promover el trabajo colaborativo dentro de cada equipo de alumnos, y la comparación de los resultados encontrados entre distintos grupos, realizando una especie de confrontación entre los distintas comisiones de TPL.

Los TPL's de Física, tal como se llevan a cabo en su amplia mayoría en la actualidad, plantea determinadas situaciones innecesarias que dificultan el aprendizaje. A los estudiantes se les pide frecuentemente que comprendan la naturaleza del problema y el procedimiento, que adopten la perspectiva teórica relacionada con el tema de estudio, que lean, asimilen y sigan las instrucciones del experimento, que manejen el aparato en cuestión, que recopilen los datos obtenidos, que reconozcan las diferencias entre los datos conseguidos y los resultados que “deberían haberse obtenido”, que interpreten tales resultados y escriban un informe del experimento. Estas situaciones pueden ocasionar que los estudiantes muchas veces sean incapaces de asociar la temática del TP con la teoría. Consecuentemente, es posible que adopten una de estas estrategias (Johnstone y Wham 1982):

- Adoptar un “enfoque de receta”, siguiendo simplemente las instrucciones paso a paso.
- Concentrarse en *un único* aspecto del experimento con la virtual exclusión del resto.
- Mostrar un comportamiento aleatorio que les hace “estar muy ocupados sin tener nada que hacer”.
- Mirar a su alrededor para copiar lo que están haciendo los demás.
- Convertirse en “ayudantes” de un grupo organizado y dirigido por otros compañeros

Según Hodson, (1994), en una valoración crítica del Trabajo Práctico lo primero que se debería hacer es formular una serie de preguntas:

- ¿El trabajo de laboratorio motiva a los alumnos? ¿Existen otras formas alternativas mejores de motivarlos?
- ¿Los alumnos adquieren las técnicas de laboratorio a partir del trabajo práctico que realizan en la escuela? ¿La adquisición de estas técnicas es positiva desde un punto de vista educativo?
- ¿El trabajo de laboratorio ayuda a los alumnos a comprender mejor los conceptos científicos? ¿Hay otros métodos más eficaces para conseguirlos?
- ¿Cuál es la imagen que adquieren los alumnos sobre la ciencia y la actividad científica al trabajar en el laboratorio? ¿Se ajusta realmente esa imagen a la práctica científica habitual?

- ¿Hasta qué punto el trabajo práctico que efectúan los alumnos puede favorecer las denominadas “actitudes científicas”? ¿Son éstas necesarias para practicar el correcto ejercicio de la ciencia?

2. Metodología

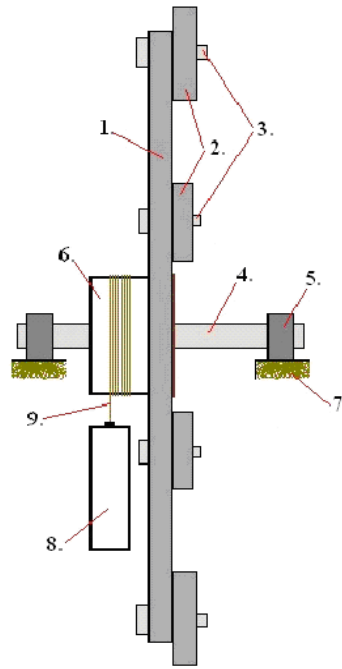
En particular, en este trabajo se considera la elaboración de buenos materiales (Litwin, 2008) para la enseñanza que implica la posibilidad de reutilización de los mismos, su adaptabilidad y versatilidad, para enfrentar diferentes situaciones según los destinatarios. Por lo tanto, el diseño y desarrollo de los materiales didácticos incluyendo TIC's puede constituir un campo de estudio, al considerarlos instrumentos de integración de contenidos, así como también herramientas ineludibles para el proceso de enseñanza - aprendizaje, generando situaciones susceptibles de ser sometidas al análisis, evaluación e investigación permanente.

En este trabajo se propone el uso de las TIC's para calcular el momento de inercia de un volante. Un volante (conocido técnicamente como volante de inercia) es un disco macizo muy usado en la Mecánica, y es capaz de almacenar energía cinética, usando la inercia restante en un sistema. El volante reduce las variaciones en la velocidad angular, suavizando de este modo las aceleraciones bruscas. En términos más sencillos, se puede decir que el volante de inercia se resiste a los cambios en su velocidad de rotación.

La misión del volante es acumular y liberar energía transitoriamente, dado que acumula energía cinética cuando la velocidad tiende a aumentar sobre su valor de régimen y la cede cuando tiende a disminuir. De éste modo, la energía cinética de rotación será máxima para una velocidad de rotación determinada, y se consigue que el motor redondee perfectamente. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

A continuación, se presenta un esquema del dispositivo empleado en este trabajo (Figura 1).

Este sistema se conecta con un sensor de movimientos rotacionales/encoder para interfase Science Workshop Pasco - CI-6538 a través de una correa inextensible y de masa despreciable al eje del volante. Dicho sensor se contacta con una interfase USB de Altas Prestaciones para Laboratorio de Ciencias Pasco - ScienceWorkshop 750, con cable de alimentación y conexión USB. Dicha interfase se conecta a una PC. Además es necesario contar con el Software Data Studio p/e-measure c/interfases Pasco - CI-6870G



1. Disco mayor del volante.
2. Discos sobrepuestos intercambiables para aumentar - o disminuir - el momento de inercia del volante.
3. Bulón para fijación del disco intercambiable.
4. Eje de hierro trefilado.
5. Rulemanes 6203.
6. Cilindro hueco (donde se enrolla la cuerda).
7. Soporte del equipo.
8. Pesa.
9. Cuerda transmisora de la tensión de la pesa.

Figura 1

Cálculo del momento de inercia

El diagrama de cuerpo libre de la pesa es el siguiente:

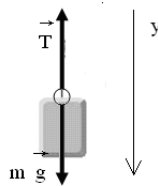


Figura 2

Planteando la segunda ley de Newton:

$$\Sigma F_y = m g - T = m a \quad (1)$$

Siendo:

ΣF_y : resultante de las fuerzas exteriores, respecto al eje y (N);

m: masa de la pesa (Kg);

g: aceleración de la gravedad (m / s^2);

T: tensión de la cuerda (supuesta inextensible y de masa despreciable) (N);

a: aceleración lineal (m / s^2).

Para el diagrama de cuerpo libre del volante:

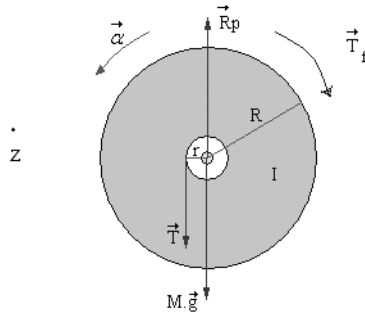


Figura 3

Planteando la segunda ley de Newton para rotaciones:

$$\Sigma \tau_{cmz} = r T - T_f = I_{cmz} \alpha_z \quad (2)$$

Siendo:

$\Sigma \tau_{cmz}$: sumatoria de los momentos de las fuerzas exteriores (N.m);

r T: momento de la tensión (N m);

T_f : cupla de rozamiento del volante (supuesta como constante) (Nm);

I_{cmz} : momento de inercia del volante respecto al centro de masa y al eje z ($kg \cdot m^2$);

α : aceleración angular del sistema (respecto al eje z) (rad / s^2).

Si vinculamos el movimiento de traslación de la pesa con el de rotación del volante, nos queda la siguiente ecuación:

$$a = r \alpha_z \quad (3)$$

siendo:

r: distancia del centro de masa a la dirección de la cuerda (m).

Según la ecuación (1), la tensión se expresa de la siguiente manera:

$$T = m (g - r \alpha_z) \quad (4)$$

Cuando la cuerda se ha liberado, ya no actúa la tensión de la cuerda. En consecuencia, la ecuación (2) se modifica de la siguiente forma:

$$\Sigma \tau_{cmz} = T_f = I_{cmz} \alpha_{fz} \quad (5)$$

siendo:

α_{fz} : aceleración angular de frenado (< 0).

Si combinamos las ecuaciones (1); (2); (3); (4) y (5), el momento de inercia del volante se puede hallar experimentalmente a través de la siguiente ecuación:

$$I_{cmz} = m r (g - r \alpha_z) / (\alpha_z + \alpha_{fz}) \quad (6)$$

Ejecución del TPL.

Se arrolla la cuerda – que sostiene una pesa cuya masa ha sido previamente medida - en el cilindro hueco del volante – del cual se mide su radio -, tratando de que permanezca tensa. Dicha pesa se libera del reposo, al mismo tiempo que se acciona el dispositivo de toma de datos del programa Data Studio, configurado para medir en tiempo real la velocidad angular del sistema mediante un sensor de rotación. La experiencia se detiene cuando el volante ha cesado su movimiento.

El análisis de la experiencia que se llevará a cabo en el Laboratorio de Física sobre la cinemática de rotación de un cuerpo rígido, se puede dividir en dos partes:

1. Cuando la pesa cae por acción de la gravedad, produce que la cuerda arrollada al volante genere un momento de fuerza – el de la tensión de la cuerda - y este último adquirirá una aceleración angular.
2. Cuando la pesa se ha desvinculado por completo del volante, éste queda girando con la sola perturbación de la fricción en su eje de rotación. Esto significa que el volante en un tiempo determinado se detendrá – y tendrá una aceleración angular de frenado -.

El programa puede presentar los valores obtenidos de la velocidad angular tanto de manera gráfica como tabulados. Sugerimos el uso de ambos, para que las gráficas permitan tener una idea previa para la discusión del sistema, aunque van a ser necesarios los tabulados, para proceder su procesamiento mediante una planilla de cálculo. En la Figura 4 se presentan las gráficas obtenidas de velocidad angular vs. tiempo:

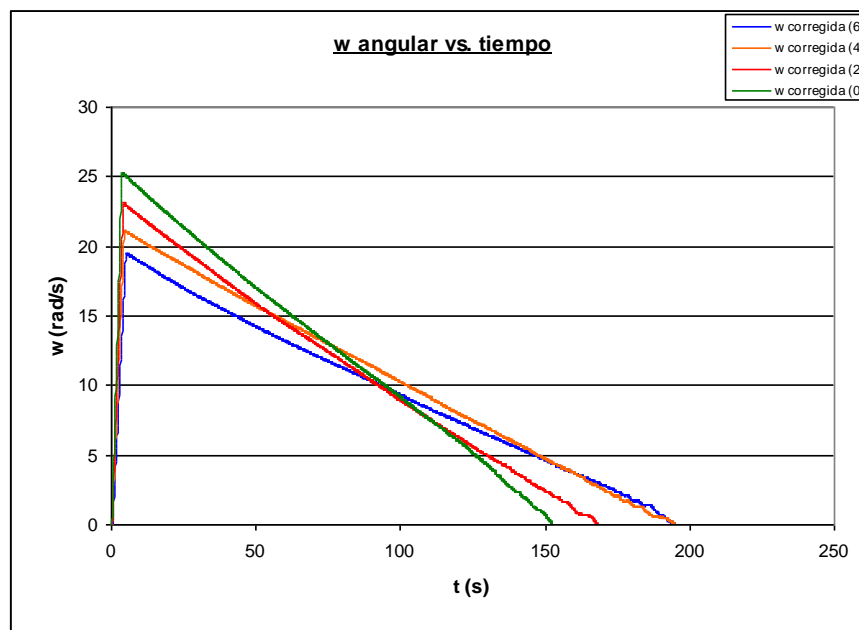


Figura 4

3. Resultados

Como el volante tiene la opción de poder modificar su momento de inercia mediante la extracción de los discos superpuestos junto a su bulón de fijación, en este trabajo se ha considerado hallar el momento de inercia del volante con dos, cuatro y seis discos; por supuestos, ubicados de manera simétrica respecto al centro de masa.

En cada uno de los ensayos se analizó la pendiente de la gráfica de w vs. tiempo, tanto cuando la pesa se mueve solidaria como cuando sólo actúa el momento de rozamiento en una planilla de cálculo. Dicha pendiente permite hallar α_z (en el primer movimiento; con la

pesa) y α_{fz} (en el segundo movimiento; sin la pesa) mediante un modelo de regresión lineal. Los valores hallados por regresión lineal se presentan en la siguiente tabla:

Tipo de volante	α_f (N m)	α_{fr} (N m)
0 masas	7,4858	-0,1641
2 masas	5,9888	-0,1387
4 masas	5,0048	-0,1106
6 masas	4,2285	-0,0982

Los momentos de inercia hallados mediante la ecuación (6) son los siguientes:

Tipo de volante	I_{cmz} (Kg m ²)
0 masas	0,113
2 masas	0,142
4 masas	0,170
6 masas	0,202 ¹

Validación del método

Debido a que la pesa siempre fue largada desde la misma altura y el recorrido de la cuerda es el mismo para todos los casos, se consideró que para validar este trabajo tanto la tensión de la cuerda – ecuación (4) - como el momento de rozamiento – ecuación (5) - deberían ser igual en cada uno de los casos.

Estos fueron los resultados a los que arribamos:

Tipo de volante	T (N)	T_f (N m)
0 masas	23,8 (24)	- 0,019 (- 0,02)
2 masas	24,2 (24)	- 0,020 (- 0,02)
4 masas	24,0 (24)	- 0,019 (- 0,02)
6 masas	24,1 (24)	- 0,020 (- 0,02)

Si analizamos los valores con dos y una cifra significativa, respectivamente – las que figuran entre paréntesis – se verifica que se cumple nuestra hipótesis de validación.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha considerado que los TPL's en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física deben estar orientados hacia un enfoque constructivista, donde los alumnos deberían trabajar en una especie de proceso de investigación.

Para ello, los docentes deben manejar los aspectos teóricos, pedagógicos y didácticos tendientes a un diseño adecuado del trabajo práctico, amén del conocimiento profundo de dicho TPL.

Esta tarea se ve enormemente facilitada por el uso de materiales y equipos basados en el empleo de las TIC's, donde si bien los resultados son precisos y obtenidos de manera rápida, lo principal es “lo que queda por venir”: el estudio de carácter investigativo de los resultados hallados, y bien fundamentados, con el objeto de lograr que los estudiantes tengan en cuenta la argumentación de sus conclusiones.

¹ El valor de referencia del I_o con 6 masas es igual a 0,201 Kg m²; por lo que el error relativo es del 0,5%.

5. Bibliografía

- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313.
- Johnstone, A.H. y Wham, A.J.B. (1982). The demands of practical work, *Education in Chemistry*, 19, pp. 71 – 73.
- Litwin. E. (2008). El oficio de enseñar. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- Richoux, H. Y Beaufils, D. (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores, *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 95-106.
- San Martí, N. e Izquierdo, M. (2001): Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Revista Alambique* N° 29, pp. 71- 83.

05TCE. ANALISIS DE PERFILES GRUPALES DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA

HUAPAYA C. R *, LIZARRALDE F. A.*

***Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial, Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata - 7600 Mar del Plata – Argentina - huapaya@fi.mdp.edu.ar**

Resumen. El objetivo de este artículo es examinar la actitud de los estudiantes de ingeniería con respecto al estudio en grupo. En particular, se han investigado tres aspectos: preferencia por el estudio individual, preferencia por el trabajo en grupo y disconformidad con el aprendizaje grupal. El análisis se ha llevado a cabo tanto sobre la totalidad de los alumnos como agrupados por género. Asimismo se ha explorado la formación de los grupos. Los resultados muestran que las opiniones coinciden con lo afirmado en la literatura sobre la preferencia por el trabajo en grupo. Con respecto a la formación de los grupos, los perfiles grupales reales no coinciden exactamente con lo manifestado en su opinión.

Palabras claves: aprendizaje colaborativo, trabajo en grupo, perfil grupal, estudiantes de ingeniería.

1. Introducción:

Los beneficios que proporciona el aprendizaje colaborativo han sido expuestos en numerosas publicaciones (Johnson et al., 2000), (Terenzini et al., 2001), así como otros estudios muestran un alto nivel de aceptación en la comunidad educativa (Mills, 2003), (Gupta, 2004). Por ejemplo, varios autores, (Boud et al., 1999), (Millis y Cottell, 1998) argumentan que sin importar el área de estudio, la investigación muestra que el trabajo grupal conduce a una mayor retención y entendimiento de los temas en estudio, a un mayor nivel de aprendizaje, a la adquisición de habilidades de comunicación en mayor profundidad.

Si bien hay consenso, entonces, en que el estudio en grupo bien planificado y ejecutado estimula el aprendizaje, también existen varios factores que pueden afectarlo negativamente. En estos últimos se incluye la falta de habilidades apropiadas, la calidad de los métodos de aprendizaje colaborativos, las habilidades en la dirección del grupo del tutor y la evaluación del grupo (Prichard et al., 2006), (Slavin, 1999).

La investigación quizás, más pertinente en este tema proviene de (Cantwell y Andrews, 2002) quienes exploraron los factores cognitivos y psicológicos que afectan la apreciación de los estudiantes secundarios sobre el estudio en grupo. Sus conclusiones indican la presencia de factores cognitivos como la conciencia metacognitiva relacionada con su preferencia por el trabajo en grupo así como factores psicológicos tales como ansiedad social relacionada a su preferencia por el aprendizaje individual.

Otro aspecto que afecta el trabajo colaborativo es la diferencia de género. En particular, (Wolf, 2011) ha encontrado resultados que contradicen los estudios iniciales que afirmaban que las mujeres tienen una preferencia universal por las actividades colaborativas, mostrando inclusive que en ciertas situaciones, también los hombres prefieren el trabajo grupal. Por su parte (Felder, 1995), en un estudio hecho lo largo de la carrera de Ingeniería Química (en North Carolina State University), afirma que las mujeres comienzan los cursos con gran ansiedad y menor confianza que los hombres. Posteriormente las

expectativas del primer año caen y se mantienen más bajas que las de los varones a lo largo de la carrera. Los grupos analizados estuvieron formados por tres o cuatro estudiantes y todos percibían al trabajo en grupo de manera positiva. La preferencia de las mujeres por el trabajo en grupo se evidenció en sus respuestas a la pregunta específica acerca de si preferirían trabajar solas o no: un alto porcentaje de ambos sexos contestó que no elegiría estudiar solo (los números van del 86% al 100%), pero las mujeres tuvieron un porcentaje más alto.

2. Objetivo:

El objetivo es examinar cuál es el grado satisfacción del estudio en grupo y obtener el perfil colaborativo grupal de estudiantes de ingeniería durante el desarrollo de proyectos en equipo. Usaremos el cuestionario desarrollado por Cantwell y Andrews, denominado Mi Opinión sobre el trabajo en grupo (Feelings Towards Group Work).

3. Metodología para analizar los perfiles de grupo

Diseño

Durante el año 2010, en la asignatura Análisis Numérico para Ingeniería, que se dicta en ambos cuatrimestres, los estudiantes formaron grupos con la finalidad de trabajar en proyectos que integran temas de Análisis Numérico, programación y la especialidad de ingeniería que estudia cada uno de ellos.

Participantes

La asignatura donde se llevó a cabo el estudio pertenece a segundo año de la carrera de Ingeniería. En su formación los grupos poseían entre 2 o 3 alumnos. En el primer cuatrimestre se formaron 10 grupos (3 mixtos y 7 de un solo género) y en el segundo 31 grupos (9 mixtos y 22 de un solo género). Estos números muestran que el 30 % de los alumnos conformaron grupos mixtos. Muy pocos de ellos eran unipersonales. En total, se encuestó a 96 estudiantes (54 varones y 42 mujeres). En el momento de rendir el proyecto se les solicitó a los grupos que contestaran un cuestionario a fin de medir su opinión sobre el trabajo en grupo.

Procedimiento para analizar los grupos

El cuestionario *Mi opinión sobre el trabajo en grupo* se aprecia en la tabla 1. El estudiante puede responder siguiendo una escala de Likert entre 1 y 5, donde 1 indica que el ítem es absolutamente falso y 5 es absolutamente verdadero, según su opinión. El valor 3 indica neutralidad en la opinión. A fin de analizar la información del cuestionario, Cantwell y Andrews utilizaron el análisis de Componentes Principales (PCA, Principal Component Analysis) con la rotación Varimax normalizada para encontrar los principales componentes. PCA es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante datos con muchas variables, el objetivo es reducirlas a un menor número perdiendo la menor.

Tabla 1. Cuestionario “Mi opinión sobre el trabajo en grupo”. Se indica los ítems incluidos en la escala derivada desde cada factor: I=factor 1, G=factor 2, D= factor 3. * = ítem reverso marcado para esta escala

1. Me gusta trabajar en un grupo (I) *	1-2-3-4-5
2. Prefiero trabajar en un grupo de personas del mismo genero	1-2-3-4-5
3. A veces me siento nervioso cuando tengo que exponer mis ideas en el grupo (D)	1-2-3-4-5
4. Entiendo mejor los conceptos luego de explicarlos a los otros integrantes del grupo(G)	1-2-3-4-5
5. Me siento más aceptado por los otros luego de trabajar en un grupo	1-2-3-4-5

6. Encuentro, a menudo, difícil entender que es el trabajo en grupo (D)	1-2-3-4-5
7. Me gusta trabajar solo hasta cuando estoy en un grupo (I)	1-2-3-4-5
8. Pienso que los grupos deberían tomarse un tiempo para establecer cuáles son sus objetivos	1-2-3-4-5
9. Prefiero trabajar en un grupo en lugar de hacerlo solo (I)*	1-2-3-4-5
10. Prefiero trabajar en grupos de chicas y chicos	1-2-3-4-5
11. Aun cuando el grupo alcanza sus objetivos, no me siento realmente involucrado o satisfecho	1-2-3-4-5
12. A menudo siento una gran satisfacción cuando estoy totalmente involucrado en el logro del grupo (G)	1-2-3-4-5
13. Es importante que otros miembros del grupo tengan responsabilidad en mi aprendizaje (G)	1-2-3-4-5
14. No me gusta cuando un miembro del grupo asume el control de todo el grupo	1-2-3-4-5
15. Los grupos deben organizarse para que el trabajo se divida equitativamente entre todos los miembros del grupo	1-2-3-4-5
16. Usualmente hago una fuerte contribución personal al trabajo de equipo (G)	1-2-3-4-5
17. A menudo tengo miedo de pedir ayuda a los miembros de mi grupo (D)	1-2-3-4-5
18. A menudo me siento menos motivado de aprender en un grupo pequeño	1-2-3-4-5
19. Me gusta más el trabajo en equipo cuando puedo elegir con quien formar ese equipo (G)	1-2-3-4-5
20. No me gusta estudiar en grupo (I)	1-2-3-4-5
21. Contribuir con ideas en un grupo a menudo me hace sentir bien conmigo mismo (G)	1-2-3-4-5
22. Usualmente puedo entender las ideas de miembros de otro grupo (G)	1-2-3-4-5
23. Aun cuando los grupos están bien organizados, no creo que constituyan una manera más efectiva de utilizar el tiempo de clase (I)	1-2-3-4-5
24. Es mejor cuando cada persona ayuda a otra dentro de un grupo (G)	1-2-3-4-5
25. A menudo pienso que el trabajo se vuelve más confuso cuando se hace en grupo que cuando se hace individualmente (I)	1-2-3-4-5
26. El trabajo en grupo es mejor cuando el profesor arma los grupos	1-2-3-4-5
27. Raramente me siento relajado dentro de un grupo (D)	1-2-3-4-5
28. No me siento responsable por el aprendizaje de otros en el grupo	1-2-3-4-5
29. A veces me siento decepcionado por otros miembros del grupo (I)	1-2-3-4-5
30. A menudo me siento a cargo cuando trabajo en un grupo	1-2-3-4-5

cantidad de información posible. En este caso particular se han encontrado tres factores que reflejarían la dimensión subyacente del instrumento. A continuación se describen los tres factores:

Factor 1: *Preferencia por el aprendizaje individual.* De este factor se derivó una escala de siete ítems, indicados con (I) en la tabla 1. Estos ítems indican un fuerte sentimiento de insatisfacción con el trabajo en grupo, incluyendo sensaciones de decepción sobre sus compañeros de grupo, percepción del trabajo en grupo como confuso y menos efectivo que el aprendizaje individual, preferencias por trabajar solo y expresiones de falta de participación y placer en situaciones de grupo. La fiabilidad estimada para esta escala de 7 ítems fue .78 según el alfa de Cronbach.

Factor 2: *Preferencia por el aprendizaje en grupo.* Se incluyeron 8 ítems en la escala derivada desde este factor, los cuales están marcados con (G) en la tabla 1. Estos ítems indican un fuerte sentido de compromiso y satisfacción con respecto al trabajo en grupo: mejor entendimiento, agrado por compartir la responsabilidad del trabajo y el crédito en el logro del equipo, sentimiento de contribución personal al aprendizaje. La fiabilidad estimada para esta escala de 8 ítems fue .71 según el alfa de Cronbach.

Factor 3: *Disconformidad con el aprendizaje en grupo.* En este caso fueron 4 los ítems incluidos en la escala derivada desde este factor, señalados con (D) en la tabla 1. Estos

ítems muestran la sensación de malestar del estudiante cuando aprende en un contexto grupal: nerviosismo, temor a pedir ayuda, y dificultad para entender la naturaleza de la tarea grupal. La fiabilidad estimada para esta escala de 4 ítems fue .60 según el alfa de Cronbach.

4. Resultados y discusión:

El cuestionario fue respondido por 89 estudiantes. La cantidad de las respuestas fue ligeramente menor que el total de estudiantes debido a que unos pocos no entregaron el cuestionario completo. Las respuestas se agruparon en tres opciones: negativo (corresponde a 1 y 2), neutro (3) y positivo (4 y 5). Se analizaron los tres factores sobre tres conjuntos de alumnos: el total de los alumnos sin distinción de género, y posteriormente sobre cada género en particular. Como además nos interesó el estudio de la composición de los grupos según el género, se analizó en particular ítem 10 del cuestionario.

En la **Figura 1** se aprecia el porcentaje obtenido sobre el total de los alumnos encuestados. La primera conclusión es la preferencia por el trabajo en grupo, un 74%, en concordancia con los resultados mostrados en la literatura. Sin embargo, casi el 30% se inclina por el aprendizaje individual. Por otro lado, el 80 % se siente cómodo al estudiar con sus compañeros.

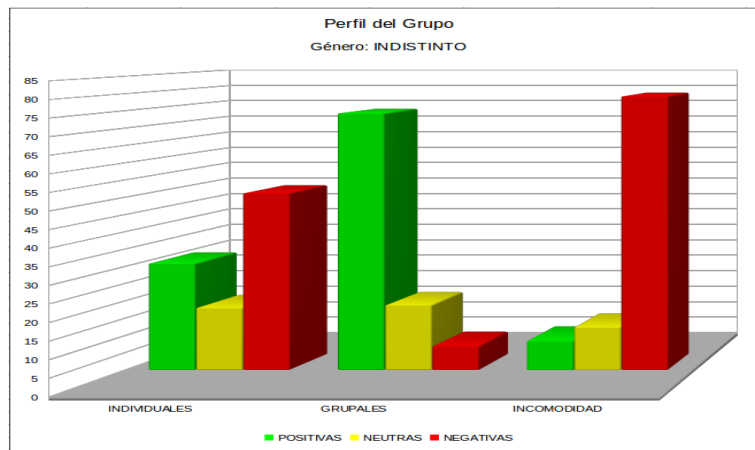


Figura 1- Perfil de grupo según la opinión de todos los estudiantes (Factor 1: individuales; Factor 2: grupales; Factor 3: incomodidad).

En la **Figura 2**, se considera los tres factores analizados sobre el conjunto de las mujeres. Sobresale la inclinación hacia el trabajo grupal (77 %) y el agrado de hacerlo (el 85 % de respuestas negativas del factor 3). En cuanto al factor 1 sobre las preferencias del aprendizaje individual, más de la mitad lo rechaza (55 %).

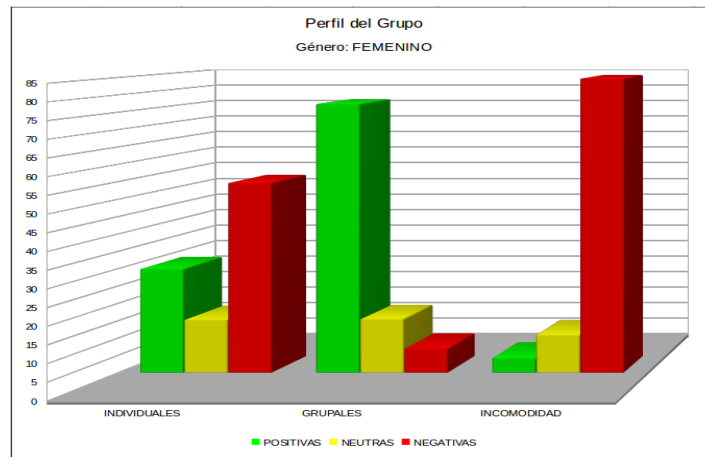


Figura 2 - Perfil del grupo femenino. (Factor 1: individuales; Factor 2: grupales; Factor 3: incomodidad).

En la **Figura 3** se muestran los resultados del conjunto de los varones. Una primera observación destaca que la preferencia por el trabajo grupal es ligeramente menor que el género femenino, el 71 %. En contraposición de este porcentaje, el 31.5 % de los varones se inclina por el aprendizaje individual. Casi el 75% se siente cómodo si trabaja en grupo.

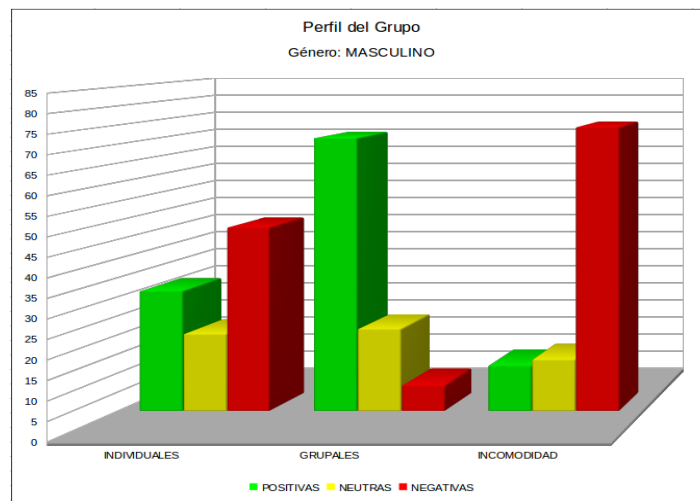


Figura 3 - Perfil del grupo masculino. (Factor 1: individuales; Factor 2: grupales; Factor 3: incomodidad).

Finalmente, en la **Figura 4** se plasman los resultados a la pregunta 10 sobre el género en la conformación de los grupos: "Prefiero trabajar en grupos de chicas y chicos". Se han separado las respuestas según el género. Se nota una particular coincidencia en las respuestas positivas de ambos géneros: 54 %. Las mujeres revelan un alto índice de respuestas neutras del 39 % contra el 31 % de los hombres. Un resultado notable se encuentra en las respuestas negativas: el 14.6 % de los hombres contra el 7.3 % de las mujeres. Casi al 15 % de los varones no les agrada trabajar en grupos mixtos.

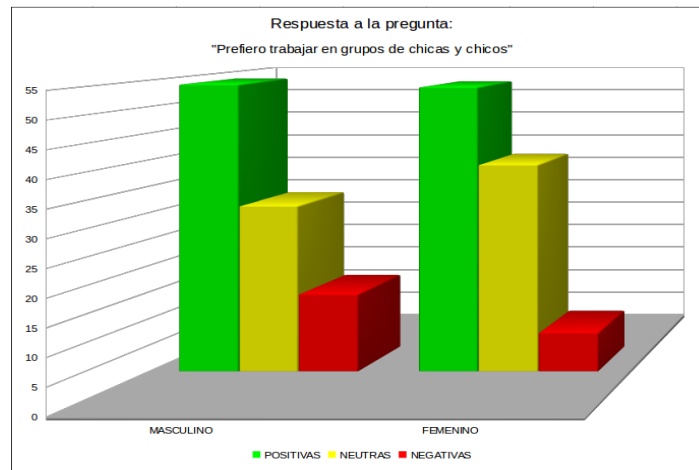


Figura 4 - Respuestas sobre la formación de grupos mixtos según el género

5. Conclusión

El interés central de esta investigación es analizar la visión del estudiante de ingeniería sobre el aprendizaje colaborativo. Para tal fin se han analizado las actitudes de los estudiantes sobre el estudio en grupo el cual es visto positivamente tanto por hombres como por mujeres. Estos resultados generales son consistentes con la literatura del tema. Las mujeres presentan una mayor inclinación por el aprendizaje grupal que los hombres. Según (Felder, 1995) el motivo de esta circunstancia radica en la creencia de las mujeres sobre la necesidad de adherir al trabajo en grupo para tener éxito académico. Como probablemente las mujeres pueden tener un rol menos activo en el grupo (por deseo propio o no) los varones piensan que contribuyen más al grupo. El estudio de Felder encontró que los hombres percibieron que el principal beneficio del trabajo en grupo es explicar los temas a los otros mientras que para las mujeres es disponer de los temas explicados.

En particular los resultados de los tres factores sugeridos por Cantwell y Andrews revelan una fuerte inclinación por el aprendizaje colaborativo. Sin embargo, hay aproximadamente un 30 % de estudiantes que prefieren el estudio individual, sin importar el género. Este resultado contrasta con el hallado por Felder quien verificó que menos del 14 % prefiere estudiar solo.

Respecto a la percepción de la formación de los equipos según el género, la visión es similar en ambos sexos. Un poco más de la mitad prefieren estudiar en grupos mixtos. Este análisis revela que se presenta un aparente entusiasmo por el trabajo en grupos mixtos sin embargo la cantidad de grupos mixtos relevados fue más baja (alrededor del 30 %). Una posible explicación para esta discrepancia podría deberse a motivos propios del contexto tales como diferentes horarios de trabajo y de estudio de los integrantes del equipo, adhesión al tema a desarrollar o pertenencia a distintas especialidades (Ingeniería Química, Ingeniería en Materiales, Ingeniería en Alimentos o Ingeniería Mecánica). Por su parte (Wolf, 2011) sugiere que la preferencia por el aprendizaje en grupo se relaciona más con el grado de confianza en sus habilidades que con el género (cuanto más confianza se tenga en sí mismo menor será la preferencia a trabajar en grupo).

Los resultados encontrados sugieren determinar en forma más precisa la relación del trabajo colaborativo con la satisfacción del estudiante. Para llevar a cabo este objetivo, se analizarán áreas no tratadas del cuestionario de Cantwell y Andrews, tales como autoeficacia del grupo, así como procedimientos para la evaluación del grupo. Para cumplir este objetivo, en el presente año se está solicitando a los estudiantes que completen el cuestionario Opinión sobre la evaluación del trabajo en grupo (Attitudes Towards Group Work Assessment)(White, 2005). En particular la elección de la metodología de

evaluación del grupo debe considerar que criterio a utilizar, quien evalúa (profesores, estudiantes o ambos), como se distribuye la nota entre los integrantes del equipos y si se evalúa el proceso, el resultado del trabajo en grupo o ambos.

6. Bibliografía:

- Boud, D., Cohen, R., Sampson, J. (1999). Peer learning and assessment. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 24 (4):413-426.
- Cantwell R., H., Andrews, B. (2002). Cognitive and psychological Factors Underlying Secondary Students' feelings Towards Group Work. *Educational Psychology*. 22, 75 – 91.
- Felder R., Felder G.,Mauney M.,Hamrin C. Jacquelin Dietz E.(1995). A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. III. Gender Differences in Student Performance and Attitudes. *Journal of Engineering Education*, 84(2), 151-163.
- Gupta, M. L. (2004). Enhancing student performance through cooperative learning in physical sciences. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29, 63-73.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Stanne, M. E.(2000): Cooperative learning methods: A meta-analysis. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Millis, B. J. and Cottell, P. G. (1998): Cooperative Learning for Higher Education Faculty. ACER Series on Higher Education and ORIX Press: Phoenix.
- Mills P. (2003). Group project work with undergraduate veterinary students. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 28, 527-538.
- Prichard, J.S., Stratford, R.J., Bizo, L.A (2006).:Team-skills training enhance collaborative learning. *Learning and Instruction*, 16, 256-265.
- Slavin, R. E (1999). Comprehensive approaches to cooperative learning. *Theory into Practice*, 38(2), 74-79.
- Terenzini, P. T., Cabrera, A. F., Colbeck, C. L., Parente, J. M., Bjorkland, S. A. (2001) Collaborative learning vs. lecture/ discussion: students' reported learning gains. *J. Engr.Education*, 90(1), 123-130.
- White, F. A., Lloyd, H., Kennedy, G. , Stewart. C.,(2005) An investigation of undergraduate students' feelings and attitudes towards group work and group assessment. *Research and Development in Higher Education*, 28, 616-623.
- Wolf J. (2011). A reexamination of gender-based attitudes toward group projects: Evidence from the Google Online Marketing Challenge. *Computers in Human Behavior*. 27, 784-792.

06TCE. INTEGRACIÓN Y ARTICULACIÓN DE CONTENIDOS DE FÍSICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

ECHAZARRETA, D. R.¹; HAUDEMANN, N. Y.¹; HAUDEMANN, R. E.¹

1. Facultad Regional Concepción del Uruguay – Universidad Tecnológica Nacional – Ingeniero Pereira 676 – (3260) Concepción del Uruguay- Entre Ríos – Argentina –

e-mail: echazad@frcu.utn.edu.ar

Resumen: Pensar las prácticas pedagógicas en la universidad implica diseñar estrategias didácticas orientadas a que los alumnos no sólo reciban información, sino que fundamentalmente sean capaces de modificarla y aplicarla, de compartir las inquietudes actuales en torno al conocimiento, de problematizarlo, descomponerlo y recomponerlo en su comprensión personal. El objetivo de este trabajo es describir de qué manera podemos lograr la integración y articulación de contenidos de Física en las carreras de Ingeniería que se dictan en la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional. Como estrategia didáctica en la práctica pedagógica en el área Física se utiliza el estudio o método de casos. Con la intención de conocer la opinión de los alumnos participantes sobre los diferentes aspectos del curso y de las actividades desarrolladas, se elaboró y aplicó una encuesta anónima donde se solicitó la evaluación de algunos aspectos generales como: Planificación de actividades, Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, Conocimientos Previos, Metodología de Trabajo, Material Didáctico, Relación Docente-Alumno, Creatividad, Integración de Contenidos, Evaluación e Investigación.

Los resultados obtenidos en los aspectos generales del proceso de enseñanza y aprendizaje son muy satisfactorios. Los estudiantes se acercan y se forman a través de tareas como la observación e interpretación de problemas reales, la manipulación de instrumental, la ejecución de experiencias de laboratorio y de campo, la consideración de casos y la resolución de problemas de ingeniería.

Proponer problemas integradores en las cátedras del Área Física en la carrera de ingeniería relacionados con la especialidad Ingeniería en Sistemas de Información; satisface objetivos que se relacionan con el perfil de los futuros profesionales, requiere de la innovación permanente del equipo de cátedra en lo referente a la selección de actividades tendientes a lograr los propósitos del Diseño Curricular (Haudemann y Echazarreta, 2010). Con ello las ciencias básicas van adaptándose para optimizar la interpretación de los problemas y los fenómenos relacionados, los que dan origen a las carreras universitarias y en particular a las de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN, 1995).

1. Introducción

En los primeros años de las carreras de ingeniería, al estudiante se le insiste con matemática, física y química. Como esas disciplinas son impartidas en la mayor parte de los casos por profesionales de esas ciencias en la edad en que se debe inducir a la personalidad profesional, ésta resulta la de un científico en vez la de un ingeniero. Dentro de este preocupante cuadro, la acentuación de la matemática acostumbra al estudiante a lo exacto y lo abstracto, precisamente al revés de cómo debe formarse un ingeniero que toda su vida ha de trabajar con lo aproximado y concreto. Además, al invadir la matemática gran parte de la carrera, ha restado espacio a la física y la química, que son relevantes por su relación con los problemas ingenieriles. Todo ha conducido a los estudios de ingeniería como si se tratase de formar licenciados o doctores, con una tendencia a las divagaciones teóricas y las demostraciones de teoremas, tan diferentes a las realidades de la vida profesional de un ingeniero. (Sobrevila, 2005).

El avance de la Ciencia y Tecnología está requiriendo de un nuevo paradigma para la formación de los ingenieros, caracterizado por un aprendizaje activo basado en los proyectos; por una integración vertical y horizontal de los contenidos de los cursos; por la introducción de conceptos científicos y extraídos de las matemáticas en el marco de los contextos de aplicación; por una íntima interacción con la industria, por un amplio uso de la tecnología de la información y comunicación; y por docentes consagrados a desarrollar profesionalmente como consejeros y tutores, mas bien que como sabelotodos repartidores de información.

Una formación en ingeniería basada en esta visión, debería producir egresados no solamente mejor preparados para satisfacer las necesidades de los empleadores de los ingenieros, sino además, con capacidad para aumentar la motivación y el interés de los estudiantes, con una consecuente reducción de la elevada tasa de deserción y desgranamiento. (Sobrevila, 2005).

Pero de lo antedicho ¿puede uno estructurar una formación en ingeniería a partir de experiencias de equipo, emergentes de las prácticas, sin proporcionar a los estudiantes las habilidades analíticas requeridas y el conocimiento en las ciencias de la ingeniería? ¿Puede uno encontrar suficiente personal docente en este campo, con interés y capacidad para desarrollar estudios de casos en los niveles adecuados, junto con el apoyo de módulos de enseñanza? ¿Estará la industria dispuesta a dedicar recursos financieros y humanos necesarios para trabajar con los docentes en el desarrollo y conducción de estudio de casos? ¿Estarán dispuestos los docentes de la facultad a olvidar su fuerte ego de autoridad como conferenciante, y en cambio convertirse en tutores?... (Prados, 2006)

Cuando la Universidad se pregunta qué tipo de profesional necesita la sociedad, se pregunta a su vez cómo formarlos y así surge el concepto de curriculum como plan de formación, teniendo en cuenta que no todos serán formados en el mismo plan, sino que habrá planes diferentes, currículos diferentes a través del tiempo.

Desde lo institucional se consideran tres tipos de curriculum, el propuesto, es decir el documento aprobado por las autoridades académicas; el realizado, que refiere a las prácticas curriculares, a las actividades de los profesores y alumnos y el logrado por los egresados. Si nos preguntamos el por qué de las diferencias, probablemente estas deban estar en relación con decisiones teóricas- metodológicas en torno a la práctica del curriculum. Para dar una respuesta a este interrogante se debe describir cómo la institución construye su curriculum ya sea por el tipo de curriculum o por la influencia significativa del curriculum oculto, pero también por la dinámica conflictiva de la educación en nuestro caso en América latina, donde no se puede dejar de lado la problemática social. (Medellin et al; 1993)

Los modelos pedagógicos tradicionales demuestran incapacidad para responder a los modelos actuales en lo referente a la construcción social del conocimiento.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) generan un escenario que modifica sustancialmente los procesos a través de los cuales circula y desarrolla la información y el conocimiento, impacta además no solo en los hábitos de relacionarse, sino también en los procesos institucionales de formación.

La redefinición de los saberes ha llevado a que las aulas ya no resulten el espacio natural de construcción del conocimiento, sino los contextos de aplicación de las ciencias, es decir la práctica.

En los procesos de formación, las diferentes formas de organización del conocimiento: interdisciplinar, transdisciplinar y multidisciplinar son propiedades importantes en los procesos de formación y articulación en la relación universidad-contexto, por cuanto involucran elementos como: ámbito de aplicación, espacio que genera conocimiento; las alternativas de solución conjugan componentes teóricos y empíricos; la comunicación y

distribución de los resultados se dan a través de todos los participantes y no solo por los cauces institucionales; lo transdisciplinario responde a las necesidades del contexto e interacciona con las necesidades del medio. (Gómez de Erice; 2003).

El análisis de estos factores da origen a tendencias que favorecen la comprensión del concepto sobre la función social de la universidad.

De lo expuesto surge la importancia de ahondar en la integración y articulación de las ciencias básicas con las disciplinas de formación profesional, acorde con la demanda de la sociedad como se expresara en párrafos anteriores.

Las ciencias básicas proporcionan el conocimiento fundamental de los fenómenos naturales incluyendo tanto las expresiones cuantitativas como el desarrollo de actividades experimentales. En Ingeniería resulta relevante la Física, la Química, éstas dependiendo de la especialidad; en cuanto a la Matemática todas las especialidades deben brindar una sólida formación, entendiéndola a ella como una ciencia formal, cuyo objetivo es contribuir al pensamiento lógico-deductivo, así como proporcionar un lenguaje que permita modelar fenómenos.

Las asignaturas de formación profesional, las que incluyen las ciencias de la ingeniería, comprenden los conocimientos basados en las ciencias básicas y que permiten enfrentar y resolver los problemas básicos de la ingeniería. Dentro de estas ciencias se incluyen aplicaciones matemáticas a procesos o sistemas informáticos y modelados matemáticos, necesarios para el diseño, control y optimización en la formación profesional. Resultan de vital importancia la inclusión de elementos fundamentales del diseño de la Ingeniería, abarcando aspectos como: la creatividad, modelado, simulaciones de sistemas por medio de problemas abiertos, metodologías de diseño, análisis de alternativas, etc. (Butigliero, 1995)

Los procesos de enseñanza y aprendizaje deben consolidarse con la aplicación de los conocimientos a problemas en situaciones reales, enfatizando la vinculación entre diferentes aspectos; las capacidades deben adquirirse a través de la implementación de actividades que integren conocimientos teóricos y prácticos para garantizar el logro del perfil propuesto por la universidad.

2. Objetivo

Describir de qué manera se realiza la Integración y Articulación de las Ciencias Básicas, en especial las asignaturas del área Física y de ella, Física II con las asignaturas de formación profesional en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Facultad Regional Concepción del Uruguay - Universidad Tecnológica Nacional (FRCU-UTN).

3. Metodología

El Diseño Curricular de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) propone un espacio articulador en la formación profesional; y para ello plantea un Tronco Integrador, caracterizado por materias integradoras cuya finalidad es acercar al alumno a la práctica profesional desde el comienzo de la carrera, en niveles de profundidad relacionados con el momento de estudio, es decir el año de cursado. Es a través de este tronco que se articula el ciclo básico con las tecnologías básicas y las tecnologías aplicadas, las que completan la formación profesional (Butigliero, 1995).

Las materias integradoras, que conforman el Tronco de Integración, son un espacio curricular que, partiendo de problemas básicos de la especialidad, permiten generar interrogantes y fundamentaciones que se complementan con los conocimientos que aportan las asignaturas del ciclo básico, conjuntamente con las de formación profesional.

La organización del Diseño Curricular de UTN en carreras de Ingeniería contempla áreas de conocimientos, tales como: Área de Ciencias Básicas, Área de Tecnologías Básicas y el área de las Tecnologías Aplicadas. Dentro del área de las Ciencias Básicas se encuentra la sub-área de Física; las asignaturas de Física se imparten en la formación básica, por ello las competencias que desarrollen los estudiantes deben estar vinculadas con las competencias específicas transversales para lo cual en el diseño de los programas analíticos, que incluyen las prácticas pedagógicas, se deben considerar las competencias específicas, las generales y las particulares de cada eje temático. (Echazarreta et al; 2011)

Pensar las prácticas pedagógicas en la universidad implica diseñar estrategias didácticas orientadas a que los alumnos no solo reciban información, sino que fundamentalmente sean capaces de modificarla y aplicarla, de compartir las inquietudes actuales en torno al conocimiento, de problematizarlo, descomponerlo y recomponerlo en su comprensión personal.

Algunos ejemplos de prácticas pedagógicas aplicadas al contexto de la universidad pueden ser: Expositivas (Clases magistrales, Conferencias, Cuestionarios, Demostraciones y Discusiones guiadas), Constructivas (Taller, Lectura independiente, Estudio de casos, Proyectos, Problemas, Laboratorio), Profundización (Seminarios, Líneas de investigación) Socioeconómicas (Conversatorios, Salidas de Campo), Lúdicas (Dramatizaciones, Juegos) (Mondragón Ochoa, 2007)

Planteo de método de casos

Como estrategia didáctica en la práctica pedagógica se utiliza el estudio o método de casos, que consiste en presentar la descripción de una determinada situación real o ficticia, que tiene solución o no, a los estudiantes para que intenten arribar a una solución individual o grupal. La forma de presentación puede consistir en: descripción, narración, diálogo, dramatización, secuencia de diapositivas, artículo periodístico, informes técnicos, etc.

Se utiliza como motivación, porque un caso puede ser conflictivo e interpretado de diversos modos, lo cual puede conducir a la discusión e interés. También para desarrollar la capacidad de análisis, de espíritu crítico y creativo. Además los alumnos adquieren nuevos conceptos y aumentan su vocabulario, aprenden a participar activamente y se capacitan en la toma de decisiones.

Propuesta de situaciones problemáticas

Los Casos o situaciones problemáticas presentadas a los alumnos son de distinta índole, dependiendo de la especialidad de la carrera de ingeniería que cursan, teniendo en cuenta el tronco común homogéneo desde la adecuación del diseño curricular (UTN,2004).

Actualmente en la UTN-FRCU las asignaturas de las Ciencias Básicas se encuentran ubicadas en bloques curriculares y a la vez en áreas, como por ejemplo: Matemática, Física, Química, Electricidad, Mecánica, etc.

Los ejemplos propuestos a los alumnos son del área Física y están en relación directa con el perfil e incumbencias del título profesional.

En la carrera de Ingeniería en Sistemas de información se presenta a los alumnos la siguiente situación problemática o caso real:

La institución “Cooperativa Médica” desea instalar un sistema informático centralizado para el procesamiento de datos. Para cumplir con el objetivo la institución decide la construcción de un centro de cómputos donde se instalarán todos los recursos necesarios para satisfacer la demanda.

El anteproyecto aprobado radica en la elección o construcción de una sala o dependencia que aloje los recursos informáticos que consisten esencialmente en computadoras y redes de comunicación.

Objetivos Generales

- *Diseñar el sistema de aire acondicionado para el normal funcionamiento del centro de cómputos.*
- *Proponer un sistema alternativo de conexión de energía eléctrica para el funcionamiento continuo del centro de cómputos.*
- *Analizar las posibles fuentes de interferencias, de acuerdo al tipo de red informática, en el centro de cómputos.*

Preguntas conductoras.

1. *¿Qué condiciones de temperatura y humedad debe reunir el centro de cómputos para su normal funcionamiento?*
2. *¿Qué medidas de seguridad debemos adoptar para el funcionamiento continuo del centro de cómputos?*
3. *¿Qué factores debemos tener en cuenta, de acuerdo al tipo de conexión de red, para que no se produzcan interferencias?*

El trabajo que realizan los alumnos es en conjunto con la asignatura Diseño de Sistemas, que corresponde al tronco de integración vertical descrito en el diseño curricular de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, el que está formado por Sistemas de Organizaciones en el primer año, Análisis de Sistemas en segundo año, Diseño de Sistemas en tercer año, Administración de Recursos en cuarto año y Proyecto Final en quinto año.

La integración y articulación en el nivel horizontal se realiza con las asignaturas Economía, Gestión de Datos, Comunicaciones, Probabilidades y Estadísticas, Ingeniería y Sociedad y Matemática Superior.

La asignatura Diseño de Sistemas plantea un proyecto integrador que consiste en el desarrollo de un sistema informático para resolver un requerimiento determinado.

Las características del trabajo presentado en este ejemplo para la asignatura Física II, se encuentra orientada a permitir que los alumnos visualicen mediante el análisis de las mismas todos los temas que concurren a partir de los ejes temáticos desarrollados en la cátedra, es decir Introducción a la Termodinámica y Termodinámica, Electroestática-Electrodinámica y Electromagnetismo.

El diseño de actividades que permiten articular las ciencias básicas con las de formación profesional, a través de la formulación de problemas o situaciones problemáticas abiertas es uno de los recursos utilizados desde los primeros años de las carreras de ingeniería en el área Física.

Para alcanzar las expectativas de logro los alumnos requieren de los conocimientos de las ciencias básicas representadas por las asignaturas de las distintas áreas en las que se divide el diseño curricular. También las asignaturas de ciencias básicas están íntimamente relacionadas con las asignaturas de las Tecnologías Básicas definidas en el diseño curricular, las que en conjunto hacen su aporte a las áreas de Tecnología Aplicada. Esta última área da origen a la formación profesional de los ingenieros.

Unidades y Categorías de Análisis

Con la intención de conocer la opinión de los alumnos participantes sobre los diferentes aspectos del curso y de las actividades desarrolladas, se elaboró y aplicó una encuesta anónima donde se solicitó la evaluación de algunos aspectos generales como: Planificación de actividades, Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, Conocimientos Previos, Metodología

de Trabajo, Material Didáctico, Relación Docente-Alumno, Creatividad, Integración de Contenidos, Evaluación e Investigación.

Cada una de las Unidades de Análisis fueron concebidas a través de subunidades de análisis; para la apreciación se aplicó la siguiente categoría de análisis: (MB) muy Bueno, para aquellos aspectos que cumplan con los objetivos planteados (100% - 90%); (B) Bueno o suficiente, adecuado (80% - 70%); Regular o insuficiente (60% - 50%) y finalmente Malo o muy insuficiente (40% o menos)

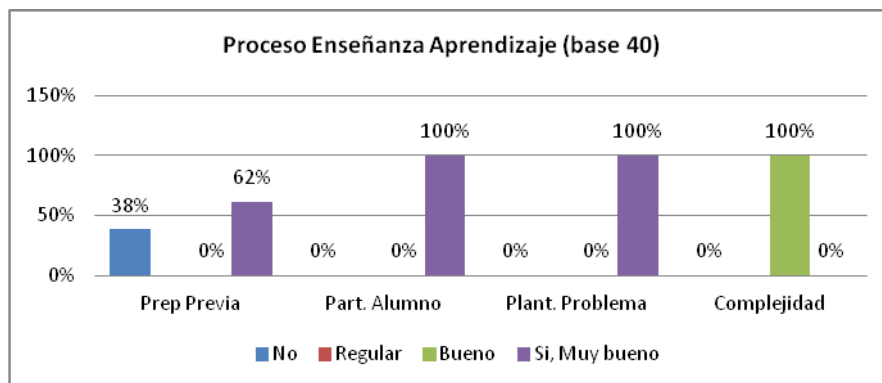
Instrumentos para el Análisis

Los instrumentos utilizados para el análisis de las propuestas fueron entrevistas y encuestas. A modo de ejemplo la encuesta de alumnos es como muestra la Figura 1.

<p>Proceda a evaluar cada ítem marcando con un círculo la respuesta que Ud. considere conveniente.</p>				
<p>MB: Muy Bueno B: Bueno o suficiente, adecuado/a R: Regular o insuficiente. M: Malo o muy insuficiente</p>		<p>Al final de cada Título, posee un espacio para agregar aclaraciones sobre el tema.-</p>		
<p>POR FAVOR LEA ATENTAMENTE TODO EL CUESTIONARIO ANTES DE RESPONDER</p>				
1. PLANIFICACION				
1.1 Presentación del trabajo de laboratorio				
1.1.1	¿El profesor presentó ante los alumnos los objetivos del trabajo?.....	Si		No
1.1.2	¿Exhibió el docente cronograma de desarrollo de contenidos.....	Si		No
1.2	¿La guía de Trabajos Prácticos le resultó acorde a sus conceptos teóricos desarrollados?	Si		No
1.3	¿Tuvo dificultades para interpretar los enunciados del TP?	Si		No
1.4	¿En qué grado pudo Ud. cumplir con los trabajos y actividades propuestas?.....	MB	B	R M
Observaciones:				
2- PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE				
2.1 Conocimientos Previos				
2.1.1	¿Considera Ud. su preparación previa suficiente para realizar el trabajo?.....	Si		No
2.1.2	¿Por qué?			

Figura 1

4. Resultados



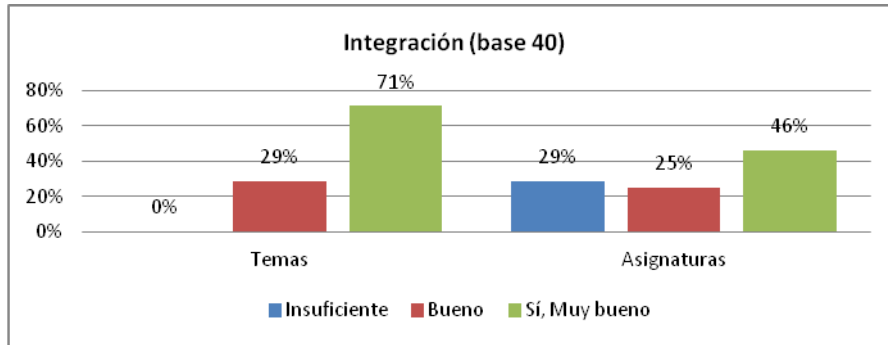


Tabla 1

Los resultados de la Tabla 1, muestran que en los aspectos generales del proceso de enseñanza y aprendizaje, los alumnos se muestran muy satisfechos con el problema planteado. La ponderación que realizan los alumnos con referencia a la planificación de las propuestas, consideran que en las cátedras de Física II se presentan claramente los objetivos de las actividades y exhiben el cronograma de desarrollo; que las propuestas de trabajos prácticos les resulta acorde a los conceptos teóricos abordados lo que les permite interpretar los enunciados, así como el tiempo que demanda la solución de las actividades les resultan suficientes.

El 62% de los alumnos, consideran suficiente su preparación previa para responder a las propuestas. Esta modalidad de trabajo en la opinión de los alumnos resulta atractiva por considerarla muy próxima a la realidad y al futuro trabajo profesional.

En cuanto al planteamiento de problemas ingenieriles desde las Ciencias Básicas en este caso Física, la propuesta de situaciones concretas y reales incentivan a los estudiantes a construir aprendizajes significativos. Respecto del grado de complejidad la totalidad de los alumnos opina que resulta muy bueno, porque les permite autoevaluarse en ciertas competencias como: la resolución de problemas relacionados en este caso con la energía eléctrica, las comunicaciones y la energía térmica.

Además consideran que los ejes temáticos desarrollados en la cátedra se encuentran bien articulados y desarrollados los que les permitió realizar una muy buena integración de los contenidos de la asignatura Física II. No obstante dejan expresada su preocupación por la insuficiente integración con las demás asignaturas, ya sea del tronco de integración vertical como de las asignaturas del mismo nivel.

5. Conclusiones

Las conclusiones alcanzadas en el presente trabajo se fundamentan el hecho de que:

Las actividades diseñadas para estudiantes de Ingeniería al cumplir con una serie de características que se relacionan con el perfil del futuro profesional les resultan motivadoras, pertinentes, válidas.

Esta metodología de trabajo permite realizar una integración entre los contenidos de las Ciencias Básicas, Física, Química y Matemática con los contenidos de las asignaturas de formación profesional, al requerirse el uso de recursos didácticos computacionales, así como herramientas matemáticas que permiten realizar modelizaciones de los fenómenos naturales y sociales.

Estas propuestas de enseñanza inducen al equipo de cátedra a actuar en los procesos de enseñanza y aprendizaje como facilitador, con la finalidad de que el conocimiento sea más científico y objetivo, acorde a la realidad y a la demanda de la sociedad, con metodologías dinámicas centradas en la actividad del alumno.

Las estrategias de enseñanza que engloban problemas integradores requieren para su

tratamiento un sólido marco teórico para facilitar la solución práctica (Boggino, 2002); de modo que esta misma práctica pueda ser entendida como lugar de interacción entre el ingeniero que se forma y el campo de la ingeniería, superando de esta forma la mera aplicación teórica. Se trata de construir el conocimiento a partir de la realidad observada; los problemas y fenómenos asociados a la ingeniería no son solamente oportunidades de aplicación de conceptos teóricos, sino la fuente principal de conocimiento para la formación del profesional. No se trata de construir el conocimiento e integrarlo después, sino de construirlo integradamente (UTN, 2004). El estudiante se acerca y se forma a través de tareas como la observación e interpretación de problemas reales, la manipulación de instrumental, la ejecución de experiencias de laboratorio y de campo, la consideración de casos y la resolución de problemas de ingeniería.

Proponer problemas integradores en las cátedras del Área Física en la carrera de ingeniería relacionados con la especialidad Ingeniería en Sistemas de Información; satisface objetivos que se relacionan con el perfil de los futuros profesionales, requiere de la innovación permanente del equipo de cátedra en lo referente a la selección de actividades tendientes a lograr los propósitos del Diseño Curricular (Haudemand y Echazarreta, 2008, 2009, 2010). Con ello las ciencias básicas van adaptándose para optimizar la interpretación de los problemas y los fenómenos relacionados, los que dan origen a las carreras universitarias y en particular a las de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN, 1995).

6. Bibliografía

- Boggino, N., Huberman, H. (2002) Transversalidad, contextualización y globalización de la enseñanza. Ed Homo Sapiens
- Carretero, M et al. (2006). Competencias, calidad y educación superior. Ed Magisterio Colombia.
- Echazarreta, D; Haudemand R; Haudemand N. (2011) El método de casos como estrategia didáctica para la integración de contenidos de física en carreras de ingeniería. XVII REF (Reunión de Educación en Física).
- Gómez de Erice, María Victoria y Zalba, Estela M., (2003) Comprensión de Textos. Un modelo conceptual y procedimental, Mendoza, EDIUNC.
- Magalón Plata, L. (2008). Educación Superior e interacción Curricular. Ed Magisterio.. Colombia
- Mondragón Ochoa, H. (2007). Prácticas pedagógicas en la universidad para la construcción de ambientes de aprendizaje significativo. Cali. Colombia.
- Prados, Jhon W. (2007) Formación de ingeniería en Estados Unidos: Pasado, presente y futuro. University of Tennessee.
- Sobrevila, Marcelo Antonio. (2005). La educación técnica argentina. Academia Nacional de Educación. www.educ.ar.
- Tobón, S. (2009) Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Ed ECOE Ediciones. Colombia.

07TCE. HACIÉNDONOS AMIGOS DE LA CIENCIA. INGLÉS, LA LENGUA FRANCA DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TOVAR TOULOUSE, M.M.¹; RUBAU, C. E.¹; DIAS, I.V.¹

¹Instituto de Ciencias Básicas. Padre Contreras 1300 (C.P 5500). Universidad Nacional de Cuyo – Mendoza – Argentina

¹mechisbrc@gmail.com

Resumen: El crecimiento de un país está íntimamente ligado con el desarrollo científico del mismo. La comunicación científica es sin duda un eslabón importantísimo de este desarrollo. A nivel internacional, la lengua franca del intercambio científico es el inglés. Por ello, nos propusimos realizar una encuesta a investigadores en ciencias básicas vinculados con la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO) para poder determinar la utilización real que se hace del inglés en este contexto. Se seleccionó una muestra intencional de 71 investigadores que realizan sus tareas en centros investigativos de prestigio. Los resultados encontrados nos muestran que al momento de abocarse a distintas tareas científicas relacionadas con la lectura y la comunicación oral y escrita de resultados, el idioma de preferencia elegido por estos investigadores es el inglés. Para concluir, es necesario revisar, rever y modificar, en algunos casos, el modo en el que el idioma inglés está incluido dentro de los planes de estudio de las carreras de grado en ciencias básicas para poder brindarle a nuestros egresados las herramientas que les permitan insertarse exitosamente en el mundo de la investigación.

Palabras clave: inglés – comunicación científica – lengua franca – visibilidad

1. Introducción

Jawaharla Nehru, Primer Primer Ministro de la India libre, dijo:

“El futuro le pertenece a la ciencia y a aquellos que se hagan amigos de ella.”²³

Pensar en el avance de la ciencia supone también pensar en el crecimiento económico y tecnológico de un país. En palabras de David King “el desarrollo económico sustentable en mercados mundiales altamente competitivos requiere del compromiso directo con la generación de conocimiento”⁴ (King, 2004, p. 314). En este sentido, los países considerados como “periféricos”, “tercermundistas” o “países en desarrollo”, entre otras denominaciones, corren con desventajas económicas, sociales y hasta lingüísticas para lograr esta retroalimentación entre desarrollo científico y económico social. Se necesitan desde políticas de gobierno que financien y promuevan esta generación de conocimiento, hasta habilidades para poder participar del intercambio científico para favorecer el crecimiento científico – tecnológico de un país. Si bien “el rol del desarrollo tecnológico está bien entendido por los gobiernos de los países periféricos, la importancia de la investigación básica no lo está. La investigación y su publicación no son de gran tradición en la mayoría de los países en desarrollo” (Salager-Meyer, 2008, p. 123)⁵.

Tenemos entonces, como país en vías de desarrollo, un doble desafío. Por un lado, formar y contar con investigadores capaces de involucrarse en la investigación básica y participar activamente en las publicaciones, y por el otro, generar recursos y formas de

²Traducción propia

³ Citado en Salager-Meyer, 2008

⁴ Traducción propia

⁵ Traducción propia

financiamiento que permitan este desarrollo científico. En Argentina, la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva ha sido un paso firme y afianzador en esta dirección. Este ministerio se encarga de establecer políticas y coordinar acciones para dar respuestas a problemas sectoriales y sociales prioritarios y fortalecer la capacidad del país.

Ahora bien, con políticas de gobierno que permiten, facilitan y promueven el desarrollo científico, el resto del camino se torna un poco más sencillo. Entendemos a este camino científico como un circuito espiralado que comienza con la formación de grado. En la misma, empiezan a entrar en juego destrezas que permitan un primer acercamiento a los conocimientos de la ciencia, luego se necesitan de destrezas que permitan acercarse críticamente a esos conocimientos, luego destrezas que permitan encontrar “huecos” o “nichos” donde plantar preguntas, destrezas que permitan llevar a cabo investigaciones que nos habiliten a contestar esas preguntas de manera coherente y científicamente apropiada, destrezas que nos permitan comunicar nuestras respuestas, destrezas que nos permitan poner en debate esas respuestas y defenderlas o modificarlas, y finalmente destrezas que nos permitan volver a comenzar con una nueva pregunta.

En este camino espiralado, la comunicación científica juega un papel fundamental. Es importante ahora decir que entendemos a la comunicación científica como el intercambio de conocimientos en ambientes científicos y/o académicos. Este intercambio supone una vía oral y una vía escrita. Dentro del ámbito científico, propiamente, podría decirse que el intercambio se realiza de manera escrita generalmente, con la lectura y escritura de artículos científicos, libros, capítulos de libro, correo electrónico, etc. y en menor medida de manera oral, como ser en asistencia a conferencias, congresos, conversaciones telefónicas o mediadas por la web, etc. En ambientes académicos, la relación entre ambas pareciera ser más balanceada, un intercambio escrito que está relacionado con la lectura de bibliografía, artículos, trabajos prácticos, mails, etc. y un intercambio oral que está relacionado con el dictado de las clases, las ponencias, las exposiciones orales, etc.

La definición de comunicación científica supone entonces un “acercamiento” a la información y conocimientos generados por otros y una “puesta en vidriera” de la información y conocimiento generado por nosotros mismos. Cole & Cole (Cole & Cole, 1968) definen a estos dos aspectos como “Awareness” y “Visibility” (Advertencia y visibilidad, respectivamente)⁶. El primero está relacionado con conocer lo que se está haciendo y se ha hecho, y el segundo está relacionado con cuánto de lo que nosotros hacemos es visto por otros. Estos aspectos son cuantificables y medibles a través de distintos parámetros y sirven para el “ranqueo” de los investigadores.

Toda comunicación supone un idioma de intercambio. En el ámbito científico pareciera no haber duda de que el inglés se ha convertido en ese idioma compartido que permite la comunicación entre investigadores y académicos de distintos países. El uso del inglés como lengua franca científica se ha estudiado por varios autores como David Crystal, Ken Hyland, John Swales, Alistair Wood, por mencionar sólo algunos. (Crystal, 1997; Hyland, 2002, 2006; Swales, 2006; Wood, 1997).

Saber, entender y comprender que el inglés es un idioma muy importante en el intercambio científico debería obligarnos a rever el modo en el que tal idioma está incluido en los planes de estudio de las carreras en ciencias básicas y repensar y replantear las modalidades hasta el momento empleadas y generar, quizás, nuevas propuestas.

Con intención de ver cuáles son las demandas comunicativas reales de los investigadores en ciencias básicas en un contexto Argentina, Universidad Nacional de Cuyo es que

⁶ Propuesta de traducción propia. El término “visibility” es de traducción simple al español, pero el término “awareness” presenta algunas dificultades a la hora de buscarle un paralelo en español. Se eligió “Advertencia” para mostrar cuán advertido está un investigador.

llevamos a cabo una encuesta que nos permitió describir el uso real que los investigadores hacen del idioma inglés en sus prácticas de investigación.

2. Objetivos

Los objetivos propuestos para esta instancia de análisis de la encuesta fueron:

- Determinar el grado de utilización del inglés en tareas científicas relacionadas con la lectura, la escritura y la exposición oral.
- Determinar la relación entre la utilización del inglés en contraste con el español y otros idiomas.

3. Metodología

Se manejaron tres hipótesis iniciales:

- a) la bibliografía científica con la que trabajan los investigadores vinculados con la Universidad Nacional de Cuyo está, en su gran mayoría, en inglés.
- b) la comunicación, tanto escrita como oral, de los resultados obtenidos en las investigaciones al resto de la comunidad científica se realiza, principalmente, en inglés
- c) la inserción exitosa en la comunidad científica requiere manejar apropiadamente el inglés.

Se seleccionó una muestra intencional de 71 investigadores relacionados con centros de investigación en ciencias básicas con renombre de la Universidad Nacional de Cuyo: investigadores de unidades ejecutoras de CONICET de doble dependencia CONICET – UNCuyo, investigadores del Instituto Balseiro (IB), del Instituto de Ciencias Básicas (ICB), y de otras universidades e institutos participantes del Coloquio en “Hopf Algebras, Quantum Groups and Tensor Categories” realizado en las instalaciones del ICB en Marzo del corriente año.

Los respondientes fueron contactados personalmente en sus lugares de trabajo, asegurando así la vinculación de sus tareas investigativas con el contexto deseado, se les introdujo el propósito de la encuesta y se les dejó un cuestionario autoadministrado. Luego, se pautó una fecha y lugar para recolectarlos.

La encuesta recabó información sobre tres distintos aspectos: perfil de los respondientes, uso del inglés en su práctica como investigadores y opinión sobre el inglés como idioma de comunicación científica.

4. Resultados

En este trabajo nos centraremos en el uso que los investigadores en ciencias básicas hacen del idioma inglés en el desempeño de su tarea científica. Dejaremos para una futura presentación la información recolectada sobre los otros dos campos antes mencionados.

Sin embargo, vale hacer referencia a unos pocos aspectos demográficos descriptivos de la muestra que serán de importancia y se retomarán en la discusión de los resultados.

En cuanto a la edad de los encuestados, se trata de una variable muy dispersa, con un valor mínimo de 25, un valor máximo de 71 y una media de 42,6 años.

En cuanto a la edad de doctorado, la media de esta variable es 31,6 años y el tercer cuartil corresponde a 32 años. Es decir, que el 75% de los respondientes se doctoraron a los 32 años o menos, a edades casi iguales a la media o menos.

Por último, en relación a la categoría de investigador, del total de encuestados, 26 investigadores pertenecen tanto al Programa de Incentivos de la Universidad como a la carrera del investigador del CONICET, 20 investigadores no pertenecen a ninguno de los

dos sistemas, 20 pertenecen sólo al CONICET y 5 pertenecen sólo al programa de Incentivos de la Universidad.

Uso del inglés en las tareas científicas: comunicación y lectura de resultados

La comunicación y la lectura de resultados es una de las tareas investigativas en las que se sumerge un investigador. A esta tarea la hemos subdividido en tres aspectos diferentes: la lectura de resultados, su comunicación escrita y su comunicación oral.

• Lectura de resultados

La lectura de resultados está relacionada con el concepto de “Advertencia”. En palabras de Cole & Cole (1968, p. 405) un investigador con “advertencia alta” es aquél que cuenta con los atributos distintivos personales o está ubicado en una posición tal que le permite tener gran conocimiento del trabajo que se está realizando en el campo de interés.

Uno de estos atributos personales es manejar el idioma en el que se publican y circulan los conocimientos. Por ello, se les preguntó a los encuestados por la accesibilidad a la información en otro idioma diferente al inglés.

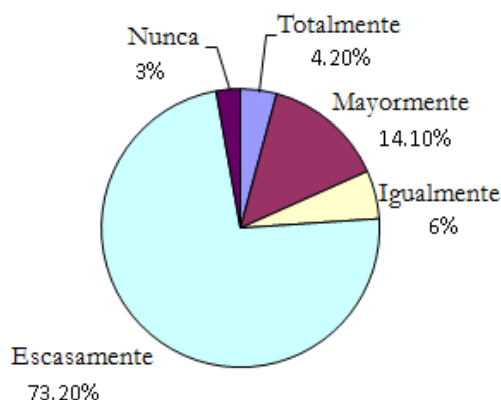


FIGURA 1. Accesibilidad de la información en otro idioma diferente al inglés

Como puede verse en la figura, el 75% de los investigadores encuestados aseguraron encontrar escasamente o nunca la información necesaria para llevar a cabo sus investigaciones en otro idioma que no sea el inglés.

Esto quiere decir, que por lo menos las tres cuartas partes de los investigadores contactados, manejan el idioma inglés en lo que a lectura científica se refiere.

El conocimiento del idioma no garantiza en sí mismo la comprensión de los textos que se abordan. Desde una perspectiva psicolingüística, comprender lo que se lee significa poder construir una proposición semántica del texto. En esta construcción se debe procesar la información proposicional que presenta el texto, articulada con los conocimientos previos de la persona que lee (Arnoux, Nogueira, & Silvestri, 2002). Cada tipo de texto, o cada género textual, demanda por parte de quién lo lee la puesta en marcha de estrategias y procesos diferentes.

En este sentido, se preguntó también por los diferentes tipos de textos que los investigadores encuestados leen en inglés en el desarrollo de sus tareas investigativas. La totalidad de los investigadores dijo leer artículos científicos en inglés, un 88.70% dijo leer libros, y cerca del 70% aseguró leer tesis, pre-prints y revistas virtuales.

• Comunicación escrita de resultados

La comunicación escrita de resultados está estrechamente ligada con el concepto de “visibilidad”. Cuánto más publique los resultados o escriba libros, más visible será un

investigador. Se les preguntó a los investigadores, entonces, con qué frecuencia publican en inglés. Cerca del 50% dijo publicar siempre en inglés y 32% aseguró hacerlo a menudo, contra casi un 10% que dijo nunca publicar en inglés.

Aprender a redactar es una tarea complicada y compleja. Como afirma Benítez Figari:

“Sabemos los investigadores y los que enseñamos la producción de lengua escrita que ésta es una habilidad lingüística y cognitiva difícil de dominar. Sabemos también cuán difícil de aprender es y cuán pesada la carga que la mayoría de nuestros estudiantes sienten cuando les solicitamos que escriban una composición”(Figari, 2005, p. 11)”

Los retos aumentan aún más, cuando la tarea de escritura debe realizarse en una segunda lengua ya que no sólo hay que tener conocimiento de la lengua, sino también conocimientos sobre el código escrito, sobre las reglamentaciones que impone cada revista, etc.

Al igual que la lectura, cada tipo de texto requiere del manejo de diferentes estrategias y procesos de redacción. Por ello mismo, también se le preguntó a los investigadores cuáles eran los tipos de texto que escribían con más frecuencia en inglés. Un 93% respondió redactar artículos científicos, un 60% resúmenes, un 50% poster, un 30% capítulo de libros, y apenas un 3% dijo escribir libros en inglés.

- **Comunicación oral de resultados**

La comunicación oral de los resultados es otro aspecto que hace a la “visibilidad” de un investigador. Se preguntó en este respecto por el tipo de participación de los investigadores en reuniones científicas en las cuales el inglés fuera el idioma de intercambio.

Podemos ver en la tabla 1 que un porcentaje un poco menor participa como agente promotor del intercambio que en la producción de textos escritos. Este hecho puede deberse a que el dominio de esta habilidad es más difícil que las dos anteriores por diferentes motivos que tienen que ver con habilidades lingüísticas estrictamente por un lado, y por otro lado, con el manejo de factores propios de la comunicación oral: la espontaneidad, el poco tiempo para la revisión o autocorrección, la fluidez, la pronunciación, los nervios, la ansiedad, los códigos sociales del intercambio, etc.

Principalmente como expositor	46.5%
Principalmente como asistente	28.2%
En igual proporción	29.6%
Miembro del comité organizador	19.7%

A modo de visualizar la diferencia, si la existía, entre realizar todas estas tareas en inglés o en español o algún otro idioma extranjero, se recabó información en la que se contrastaba la utilización del inglés, del español y de otros idiomas en la lectura, en la escritura y la comunicación oral. La figura 2 muestra los resultados encontrados.

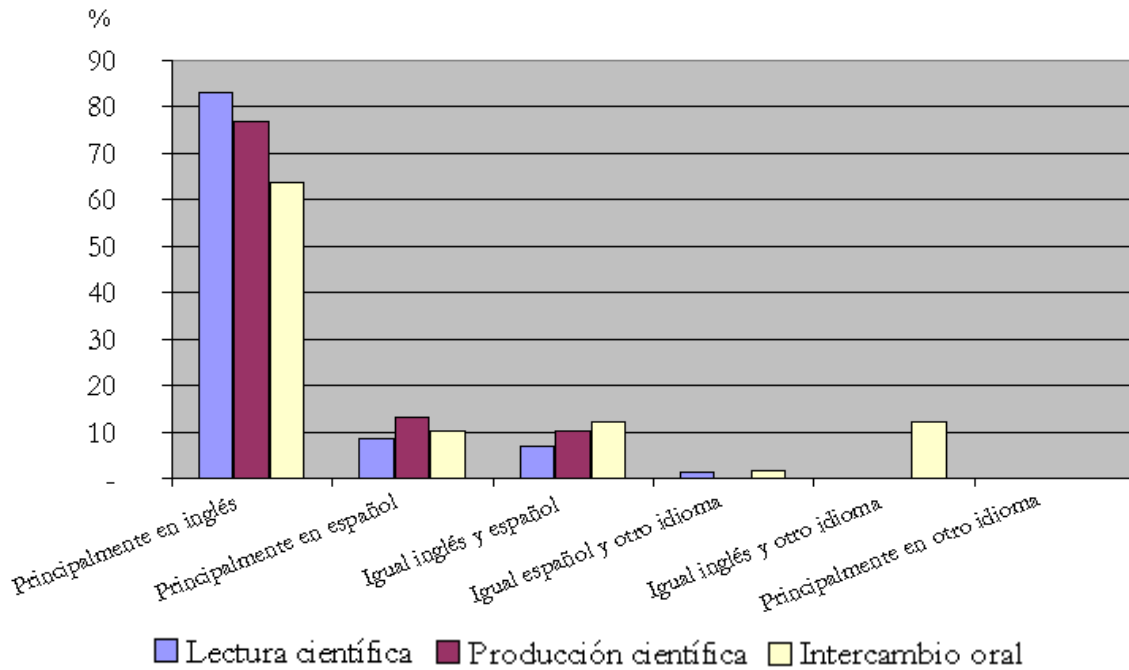


FIGURA 2. Utilización del inglés contraste con otros idiomas

Aunque podría llamarnos la atención que en un contexto en el cual la lengua madre es el español el idioma elegido con mayor frecuencia para la comunicación científica sea el inglés, este hecho es, por un lado, esperable, y por otro lado, alentador. Es esperable porque como se mencionó en la introducción, el inglés se ha convertido en la lengua franca científica. Es alentador en tanto que como científicos llevando a cabo sus investigaciones en un país del “tercer mundo de América Latina”, con las limitaciones tanto financieras como sociales y lingüísticas que ello implica, los investigadores puedan participar de este intercambio exitosamente. Si imagináramos un escenario en el que los científicos no realizaran estas actividades en inglés, tendríamos que imaginarnos alienados de los progresos realizados a nivel mundial, ya que el acceso al conocimiento sería limitado y la participación nacional en la comunidad científica internacional lo sería también.

5. Conclusiones

Se dijo en el comienzo de este artículo que tener conocimiento de la utilización del inglés en las tareas científicas debería suponer una revisión y hasta cambio en la forma de incluir la enseñanza del mismo en los planes de estudio de las carreras de grado en ciencias básicas. Creemos que la información recabada en esta encuesta y transmitida en este artículo es lo suficientemente descriptiva como para asegurar que los investigadores en ciencias básicas vinculados con la Universidad Nacional de Cuyo utilizan, en sus tareas de investigación, el idioma inglés.

La edad de los respondientes nos permite asegurar que los datos recabados sobre la utilización del idioma inglés en el ámbito científico son verdaderos a personas formadas en diferentes momentos históricos, con diferentes acercamientos a los avances tecnológicos, etc.

Podrían surgir entonces preguntas como: ¿Por qué durante la carrera de grado? La respuesta a esta pregunta es, en vista de los resultados encontrados, sencilla. La mayor parte de los investigadores encuestados dijeron haber terminado sus estudios de doctorado a los 32 años o menos, esto nos hace suponer que se iniciaron en el mundo de la investigación pronto a haber terminado la carrera de grado.

Para poder realizar una tesis de doctorado es necesaria, al igual que en cualquier investigación, la revisión de la bibliografía actualizada, la comunicación de los resultados que voy obteniendo y la comunicación con investigadores de otros países, por mencionar sólo algunos aspectos. Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos en nuestra encuesta, gran parte de estas actividades se realizan en inglés. Entonces, apostar a una exitosa inserción de nuestros egresados en el mundo de la investigación que permita el crecimiento tecnológico y económico de nuestro país significa apostar al desarrollo del manejo de este idioma en nuestros estudiantes.

Surgen también preguntas como ¿Qué aspectos del inglés enseñamos? ¿En cuáles nos concentramos? Respuesta a estas preguntas nos dan los datos relacionados con los tipos de textos que se leen y que se escriben. En relación a la lectura, los programas deberían considerar el abordaje de distintos tipos de textos científicos. En relación a la escritura, la redacción de diferentes géneros textuales. El menor porcentaje de investigadores expositores en reuniones científicas nos hace suponer que éste es un aspecto al cual tenemos que prestarle mayor importancia si deseamos que nuestros futuros investigadores participen a pleno como miembros de la comunidad científica.

A modo de conclusión, es necesaria la efectiva incorporación del idioma inglés en los planes de estudio de las carreras en ciencias básicas desde una perspectiva que contemple los aspectos mencionados en este trabajo, si queremos formar investigadores capaces de participar activa y felizmente en el mundo científico y lograr de este modo, en conjunto con las nuevas políticas de gobierno, el crecimiento científico-tecnológico de nuestro país.

6. Bibliografía

- Arnoux, E., Nogueira, S., & Silvestri, A. (2002). La construcción de representaciones enunciativas: el reconocimiento de voces en la comprensión de textos polifónicos. *Revista signos*, 35, 129-148.
- Cole, S., & Cole, J. R. (1968). Visibility and the Structural Bases of Awareness of Scientific Research. *American Sociological Review*, 33(3), 397-413.
- Crystal, D. (1997). *English as a global language* (2 ed.). New York: Cambridge University Press.
- Figari, R. B. (2005). *Teorías de la producción escrita. Internalismo y externalismo* (Primera ed.). Santiago de Chile: Frasis editores.
- Hyland, K. (2002). Authority and invisibility: authorial identity in academic writing. *Journal of Pragmatics*, 34(8), 1091-1112. doi: 10.1016/s0378-2166(02)00035-8
- Hyland, K. (2006). *English for Academic Purposes an advanced resource book*. New York: Routledge applied linguistics.
- King, D. A. (2004). The scientific impact of nations. [Article]. *Nature*, 430(6997), 311-316. doi: 10.1038/430311a
- Salager-Meyer, F. (2008). Scientific publishing in developing countries: Challenges for the future. *Journal of English for Academic Purposes*, 7(2), 121-132. doi: 10.1016/j.jeap.2008.03.009
- Swales, J. (2006). *Genre Analysis. English in academic and research settings*. United Kingdom: Cambridge.
- Wood, A. (1997). International scientific English: Some thoughts on science, language and ownership. *Science Tribune*, April 1997.

08TCE. LA MOTIVACIÓN COMO INSTRUMENTO PARA LOGRAR LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS

AUTORES: CISTAC, G. I.; BONGIANINO, R. H.

**Facultad de Ingeniería. UNLPam. (Universidad Nacional de La Pampa). Calle 9 n° 390. General Pico- La Pampa. República Argentina -TE: 02302-422780
cistac@ing.unlpam.edu.ar; bongianino@ing.unlpam.edu.ar**

Resumen: El trabajo presenta las actividades áulicas que con una metodología colaborativa se llevan a cabo dentro del marco de un Proyecto de Investigación, mediante la cual se busca integrar varias asignaturas involucrando conceptos de Ciencias Básicas (Análisis III) y Tecnológicas Básicas (Electrotecnia) e incorporar algunos conceptos de Tecnológicas Aplicadas y software de simulación (Teoría de Control). Una de estas actividades se lleva a cabo partiendo de un circuito eléctrico (RC alimentado con tensión continua o alterna). Los docentes de Electrotecnia y Control la realizan en forma conjunta, dicha estrategia tiene entre uno de sus objetivos lograr la integración vertical de contenidos utilizando la motivación. El instrumento para lograrlo es la simulación mediante pantallas gráficas y colores, los estudiantes confirman los resultados analíticos obtenidos, visualizando las respuestas y verificando rápidamente la resolución de otros casos variando los parámetros del circuito.

Para evaluar la propuesta didáctica al final de las actividades se realiza una encuesta a estudiantes y se completa una grilla de control por parte de los docentes, ambos instrumentos diseñados especialmente para esta actividad. Con los mismos se analiza si: los estudiantes han integrado, interpretado e internalizado tanto los conceptos matemáticos como los del fenómeno físico bajo estudio, la incorporación de nuevos del área de control, y además se comprueba la motivación y el interés despertado al realizar las mismas de esta manera y no en forma tradicional.

Palabras claves: integración-motivación-circuitos RC-Transformada de Laplace-simulación.

1. Introducción

El presente trabajo relata las experiencias de vinculación entre algunas Asignaturas Básicas, Tecnológicas Básicas y Aplicadas en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam. El modo de trabajo se lleva a cabo en el marco de un proyecto de investigación donde estas actividades proponen a través de una metodología 'no tradicional', lograr una interacción vertical e integración entre Análisis III (estudiando el tema Transformadas de Laplace), con Electrotecnia, (involucrando el tema circuitos eléctricos RC), y Teoría de Control (diagramas de flujo para poder realizar la simulación con Matlab-Simulink). Entre los objetivos se plantea que los estudiantes en la carrera de Ingeniería dejen de ver las asignaturas como 'compartimientos estancos', y puedan interrelacionar los contenidos que se les brindan desde las distintas disciplinas desde los primeros años. Estas experiencias se vienen desarrollando desde el año 2006 donde se han compartido presentaciones sobre metodologías, procedimientos, resultados y conclusiones en distintos ámbitos de discusión. El tema en esta oportunidad relaciona los aspectos metodológicos de la experiencia en lo referente a lograr el interés por parte de los estudiantes cuando se les presentan las actividades y la motivación despertada en ellos. Desde el comienzo de aplicación de esta metodología, al cierre del trabajo en el aula se lleva a cabo una encuesta donde se

cuantifican aspectos conceptuales de las actividades. Durante estos años los docentes percibían el comportamiento actitudinal de los estudiantes lo que motivó la incorporación de una grilla de control especialmente diseñada, a los efectos de evaluar estos aspectos.

En general la integración y la internalización de contenidos, se profundiza cuando se dan aplicaciones prácticas fundamentalmente vinculadas a problemas de Ingeniería, que involucren tanto conceptos matemáticos y físicos. Cuando los estudiantes cursan los primeros años de la carrera la interrelación-integración a veces resulta difícil de implementar, debido a los pocos conocimientos previos que tienen los estudiantes relacionados con asignaturas tecnológicas (pues se estudian a partir de la mitad de la carrera en adelante). Las estrategias, considerándolas como aquellas que tienen un carácter intencional, obedeciendo a un propósito y por lo tanto a un plan (como las ejemplifica (Espinosa Lerma, 2008)), desarrolladas durante las actividades en el marco del proyecto están orientadas hacia un modelo de aprendizaje significativo, autónomo por parte de los estudiantes en concordancia con lo expresado por (Rodríguez Gonzalez, 2006) y se las organiza de modo que el aprendizaje gire en torno al descubrimiento e investigación de problemas que posean interés intrínseco. (Covington, 1998).

En la etapa inicial del Plan de Estudio esta interrelación-integración se podrá dar entre Matemática, Física y algunas Tecnologías Básicas (Electrotecnia entre otras) donde la Física aporta las conceptualizaciones necesarias para entender un fenómeno en particular, la Matemática permite a través de los procedimientos resolutivos obtener las soluciones de las ecuaciones que modelan el fenómeno, y las Tecnológicas aplican estos resultados produciendo a través del diseño, un dispositivo que utiliza el fenómeno físico para obtener un resultado técnico. La dificultad marcada en lograr la interrelación en los primeros años, se debe a que en el momento que en las Asignaturas del Área de Matemática cuando se estudian los procedimientos resolutivos, los estudiantes no tienen competencias tecnológicas como para aplicarlos a casos concretos, y esto hace que al estudiar estas herramientas matemáticas no queden totalmente incorporadas (los ejemplos de aplicación generalmente se hacen sobre ecuaciones matemáticas puras donde por ejemplo no se vinculan magnitudes físicas de problemas reales).

La forma de trabajar la integración es de modo de ser facilitadores del proceso de enseñanza-aprendizaje pues se generan condiciones propicias (como señala Espinosa Lerma, 2008 cuando cita a Pozo 1996) al planear actividades significativas pues se abre la posibilidad de descubrir, cuándo y por qué utilizar determinados conocimientos.

El presentar actividades específicamente diseñadas de modo tal que posibiliten la integración de los contenidos trabajados desde las asignaturas involucradas en el proyecto, se debe a que este tipo de actividades activa y sostiene tanto el interés como la motivación de los estudiantes, posibilitando que la adquisición de conocimientos sea estable y duradera postura compartida por (Bono, 2010).

La actitud de los estudiantes que puede describirse como motivados durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje surge como respuesta al tipo de actividades a desarrollar en el aula. El término actitud puede definirse como la manera de reaccionar de los estudiantes, no siendo éstas susceptibles de observación directa sino que deben inferirse a través de expresiones verbales o de las conductas observadas y por tal motivo la medición indirecta se realiza mediante escalas en las que partiendo de afirmaciones, proposiciones los estudiantes manifiestan su opinión y a partir de ahí se deducen o infieren las actitudes. (Fernández de Pinedo, 2009).

2. Objetivos

El trabajo en el aula en el marco del proyecto tiene entre uno de sus objetivos lograr la integración de contenidos entre las asignaturas involucradas de modo que los estudiantes

dejen de ver a las mismas como compartimientos estancos. La integración necesita de estudiantes que sean capaces de realizar aprendizajes profundos, significativos. Se parte de la premisa que el desempeño de los profesores que motivan de alguna manera a los estudiantes mediante estrategias, despertando el interés en ellos, posibilitan lograr aprendizajes más duraderos. Se pretende que los estudiantes al concluir las actividades logren en forma más rápida internalizar que los conocimientos matemáticos sirven para resolver situaciones tecnológicas no siendo un fin en si mismos, dando un significado a las herramientas matemáticas. La utilización de la simulación a través de herramientas virtuales y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación juegan un papel interesante pues el entorno que ellas ofrecen a los estudiantes los motiva al realizar las simulaciones involucrando sus sentidos, a la vez que éstas son el nexo para verificar la validez de los resultados analíticos y las que complementan la integración buscada.

3. Metodología

El trabajo presentará una descripción de las actividades desarrolladas en el aula para abordar el tema de circuitos eléctricos serie con elementos lineales (Resistencias R y Capacitares C) alimentados con tensión continua o alterna (de la asignatura Electrotecnia) de modo de lograr despertar el interés de los estudiantes. Los docentes de Electrotecnia y Control trabajan conjuntamente en el aula. La propuesta se considera innovadora dentro del ámbito educativo entendiéndose como tal aquellas donde : "... las metodologías y prácticas -técnicas o pedagógicas- constitutivamente nuevas, que son aceptadas y asimiladas por la institución en la que se producen". (Chiape, Guido 2009).

Para lograr la integración vertical, las actividades de enseñanza aprendizaje se llevan a cabo en las clases de Electrotecnia donde se presenta el tema de circuitos eléctricos serie con elementos lineales (Resistencias R y Capacitores C) alimentados con tensión continua o alterna. Luego de aplicar los conceptos físicos que vinculan tensión y corriente en cada uno de los elementos, se plantea la ecuación diferencial que relaciona las magnitudes eléctricas del circuito. La resolución de la misma se realiza utilizando transformada de Laplace (Tema de Análisis III). Con las soluciones temporales de las variables de interés se relaciona el circuito eléctrico RC con el modelado que en Teoría de Control se realiza por ejemplo: de sistemas hidráulicos (nivel de un tanque) o de sistemas neumáticos (recipiente a presión y un tubo conectado con una válvula) que es representado por dichos componentes.

Para poder simular el circuito se crea el modelo de simulación en un software específico (Matlab-Simulink). Para ello se utilizan diagramas en bloques que involucran las funciones transferencia permitiendo así obtener las visualizaciones gráficas de las funciones temporales de la entrada (tensión de alimentación) como de salida (corriente, caídas de tensiones en los elementos pasivos), a la vez que se incorporan conceptos de Teoría de Control.

La incorporación de la simulación es utilizada como un complemento de los procesos de enseñanza-aprendizaje pues se incluyen imágenes visuales enriquecidas por el color. (Cabezas, C. Trujillo Yáñez, M. et Al. 2004). Durante esta etapa de simulación el profesor pasa de ser el que transmite los conocimientos a ser quien promociona y orienta el proceso de enseñanza-aprendizaje y los estudiantes desarrollan habilidades de autoaprendizaje, (postura compartida por Romero Ariza, Pérez Ferra 2009).

La simulación es la herramienta que permite corroborar o no el análisis teórico pudiendo realizar los ajustes correspondientes cuando se comprueba que no existe concordancia entre lo calculado analíticamente (solución a la ecuación diferencial) con lo simulado. En estos casos siempre es importante verificar las fuentes de error, y hacer un análisis particular sobre los mismos. Los errores deben ser interpretados como oportunidades y no

como fracaso pues posibilitan la superación y mejoras durante el aprendizaje. (Romero Ariza, Pérez Ferra, 2009).

Cuando existe concordancia entre la simulación y el resultado analítico además de comprobarse el mismo, los estudiantes expresan su alegría y satisfacción. Las dos situaciones: tristeza y alegría tienen diferentes connotaciones a partir de la motivación que generan. Se pueden distinguir dos formas de motivación intrínseca y extrínseca. (Reeve 1994). Según Romero Ariza, Pérez Ferreira 2009 se puede realizar un paralelismo entre las dos formas de motivación y la teoría de metas de logro de modo de asociar motivación intrínseca y metas de aprendizaje y motivación extrínseca con metas de resultado o rendimiento. Debido al tipo de emoción que genera la motivación en los estudiantes debe ser cuidadosamente diseñada tanto en contenido como en metodología por el profesor. (Comisión de Modernización Pedagógica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011). Pues cuando los estudiantes poseen como meta un resultado y no lo logran (que la simulación funcione correctamente) pueden caer en el desánimo con una disminución de su autoestima, mientras que si el objetivo es aprender toda inversión de esfuerzo es un avance en el aprendizaje y una satisfacción. (Romero Ariza, Pérez Ferreira 2009). En caso de no existir coincidencias en las simulaciones y los planteos teóricos hay algún tipo de error y el replanteo de la situación es indispensable, siendo el mismo enriquecedor pues los estudiantes ponen en juego otras capacidades para solucionar las dificultades. Estas capacidades para llevar adelante el replanteo de las situaciones son las que deberán afrontar en mayor escala luego durante sus actividades profesionales, de esta manera se pretende lograr que los estudiantes vean la utilidad de las actividades y las encuentren significativas e interesantes. (Comisión de Modernización Pedagógica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011).

Una vez que la simulación está llevándose a cabo correctamente, transforma las soluciones de las ecuaciones diferenciales en gráficas donde se pueden obtener conclusiones, y verificar la influencia de los parámetros (R, C, t) en el comportamiento del circuito. Este análisis es enriquecedor porque justamente es el que permite la internalización de los conceptos puestos en juego en todo el proceso. La simulación posibilita realizar otras verificaciones al circuito en forma muy rápida, por ejemplo cuando se vinculan los distintos tipos de respuestas al variar los valores de los parámetros. Este análisis es muy ventajoso en el estudio de procesos físicos.

A los efectos de obtener valores que permitan realizar una evaluación sobre la estrategia llevada a cabo en el aula, involucrando todos los aspectos puestos en juego (actitudinales, procedimentales, conceptuales, metodológicos entre otros) se trabaja con dos instrumentos propios: una grilla de control que la trabaja uno de los profesores y encuestas para los estudiantes. El objetivo de la grilla de control es la de detectar aspectos actitudinales y procedimentales de los estudiantes, y la encuesta para relevar aspectos procedimentales, conceptuales y metodológicos. De estos resultados se busca además ponderar el propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Durante el tiempo que se ha llevado a cabo la propuesta se han obtenido conclusiones muy ricas que sirven para replantear aspectos metodológicos para las próximas experiencias en el aula de este tema (en otros años) o de otros temas a desarrollar con una metodología similar. A su vez los mismos resultados sirven para contrastar los instrumentos de evaluación (encuesta y grilla de control) a los efectos de adecuarlos, modificarlos o confirmarlos también para otras experiencias áulicas.

La encuesta presentada es la última trabajada en el aula y para su elaboración se ha tenido en cuenta que los estudiantes de la Facultad responden encuestas a lo largo de su cursada debido a un seguimiento estadístico que se realiza desde la Institución. Por tal motivo la desarrollada en el marco de las actividades descritas busca un equilibrio entre la cantidad

de preguntas y el tiempo demandado en las respuestas, sin perder de vista los objetivos a evaluar con dicho instrumento.

Los ítems en la encuesta conceptual Tabla 1, con sus respectivas opciones son:

Tabla 1 (Encuesta)

<p>1- Habiendo estudiado con anterioridad Transformada de Laplace, con esta experiencia logró interpretar su aplicación a situaciones específicas y visualizar su potencialidad 1 En lo absoluto, Un poco más, Mucho más</p> <p>2- Después de realizada esta experiencia, considera que logró vincular la aplicación de los contenidos de Matemática con la aplicación al caso de estudio? 2 Nada, Algo, Mucha</p> <p>3- Habiendo estudiado con anterioridad los circuitos eléctricos, con esta experiencia logró interpretar mejor el resultado de la intensidad de corriente. 3 En lo absoluto, Comprendí más, Totalmente</p> <p>4- Habiendo trabajado con anterioridad con el software de simulación, con esta experiencia logró interpretar mejor los resultados analíticos hallados manualmente?. 4 Para nada, Algo más, Ciertamente</p> <p>5- De acuerdo a la experiencia realizada, opina que la misma debería repetirse en: Otros temas de Electrotecnia vinculados con Transformada de Laplace Temas de otras Asignaturas vinculados con Transformada de Laplace Integrando otros contenidos matemáticos con contenidos de otras asignaturas No debería repetirse.</p>

Para la elección de las alternativas en las respuestas se han tenido en cuenta los criterios enunciados por Murillo Torrecilla en cuanto a que: sean exhaustivos y excluyentes, su número sea el necesario para evaluar el trabajo, y que la redacción sea preferiblemente personal y directa. En el proceso de recolección de datos tanto para las encuestas como para la grilla de control un tema a considerar es la muestra, pues es aconsejable que el número de sujetos sea de 150/200. Teniendo presente la realidad donde se aplican dichos instrumentos en cuanto la cantidad de estudiantes, los datos obtenidos corresponden a la totalidad de curso, no resultando un estudio o encuesta piloto. (Rodríguez Conde, M. J. 2005, Colombo, L. y Villalonga, P. 2006).

6 Los ítems para la Grilla de control Tabla 2 para evaluar aspectos actitudinal y procedimentales con sus respectivas opciones son:

Tabla 2 (Grilla de control)

7	1- Interés mostrado en general por los Estudiantes ante las actividades áulicas.
8	Muy Alto, Alto, Normal, Bajo, Muy Bajo
9	2- Interés o entusiasmo que se observa comparando la parte de trabajo en máquina (Simulación) frente al trabajo manual (Lápiz y Papel).
10	Mucho Más, Más, Igual, Menos, Mucho Menos
11	3- Comparar la concentración mostrada por los Estudiantes durante el trabajo en Máquina frente al trabajo en Lápiz y Papel.
12	Mucho Más, Más, Igual, Menos, Mucho Menos
13	4- Seguimiento por parte de los Estudiantes del tema cuando se presenta en Lápiz y Papel.
14	Muy Alto, Alto, Normal, Bajo, Muy Bajo
15	5- Seguimiento por parte de los Estudiantes del tema cuando se presenta con Simulación.
16	Muy Alto, Alto, Normal, Bajo, Muy Bajo
17	6- Se formulan preguntas cuando se trabaja en forma Tradicional.
18	Muchas Más, Más, Igual, Menos, Muchas Menos
19	7- Se formulan preguntas cuando se trabaja en Máquina.
	Muchas Más, Más, Igual, Menos, Muchas Menos

Se ha seleccionado la Escala de Likert para la realización de la grilla de control, luego de realizar un análisis comparativo entre ella y el Escalograma de Guttman optando por la más adecuada para su aplicación en el contexto en que se iba a utilizar. (Ávila Baray, 2006).

4. Resultados

Al finalizar las experiencias en el aula, después de haber transmitidos los conocimientos teóricos y prácticos involucrados y realizadas las simulaciones correspondientes se lleva a cabo la encuesta a los estudiantes evaluando los aspectos conceptuales y metodológicos, de modo de tabular, procesar y analizar los datos relevados. Luego son graficados de modo de obtener conclusiones, y las posibles reformulaciones necesarias tanto de los aspectos metodológicos de la actividad como de los ítems evaluados para la continuidad de las actividades en los próximos años. Igual procedimiento se sigue con la grilla de control, en la cual se relevan aspectos actitudinales de los estudiantes durante las actividades.

Las preguntas en relación a la metodología confirma que la misma permite: interpretar mejor los fenómenos físicos estudiados, interrelacionar mejor los conceptos matemáticos con los procesos físicos, y verificar si la resolución matemática encontrada es correcta o hay que replantearla. Las formuladas en relación a la actividad confirma que la misma permite: recordar conceptos previos de distintas áreas, seleccionar distintas procedimientos matemáticas para resolver ecuaciones diferenciales (métodos tradicionales y Transformada de Laplace) y evaluar las ventajas de cada uno de ellos, y identificar en que otros temas y con que otras asignaturas se podría trabajar la interrelación con proyectos interdisciplinarios.

La grilla de control permite relevar en la parte actitudinal que existe: interés mostrado en general por los estudiantes, como asimismo entusiasmo puesto de manifiesto cuando se trabaja con las simulaciones comparándolo con las actividades convencionales en 'Lápiz y Papel,' una mayor concentración y seguimiento del tema puesta de manifiesto durante el

desarrollo de las actividades, una mayor participación a través de la formulación de preguntas realizadas en clase.

5. Conclusiones

Del análisis de los indicadores cuantificables obtenidos en las encuestas surge que:

- Los estudiantes en su mayoría manifiestan que la experiencia debería repetirse en otras asignaturas y con otros contenidos matemáticos.
- Mediante la simulación o la graficación se logra una mejor interpretación de los resultados obtenidos a través de desarrollos analíticos.
- Se interpreta mejor las aplicaciones matemáticas, en este caso la Transformada de Laplace a situaciones problemáticas asociadas a circuitos eléctricos realizando una integración vertical.

De los indicadores obtenidos al completar la grilla de control vinculadas con aspectos actitudinales, se pueden destacar la motivación y el interés despertado en los estudiantes al desarrollar las actividades, comportamientos observables desde la experiencia en el aula y confirmados por el instrumento diseñado a tal fin.

Uno de los objetivos trabajados desde el proyecto es la integración vertical entre las asignaturas involucradas, la metodología llevada a cabo debía despertar 'el interés de los estudiantes' de modo de motivarlos. La motivación en cualquiera de sus formas es una herramienta extra que permitirá la internalización de conocimientos que llevará a los estudiantes a una integración de los mismos.

6. Bibliografía

- Ávila Baray, H. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. Cap. 3. Los métodos de la Investigación social. Eumet.net. ISBN: 84-690-1999-8. <http://www.eumet.net/libros/2006c/203/2k.htm>
- Bono, A. (2010). Los docentes como engranajes fundamentales en la promoción de la motivación de sus estudiantes. Revista Iberoamericana de Educación. 54/2. ISSN: 1681-5653. <http://www.rieoei.org/deloslectores/3273Bono.pdf>
- Colombo, L., Villalonga, P. (2006). Metodología de análisis de un cuestionario para evaluar el aprendizaje de alumnos de un curso multitudinario de cálculo. Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa. 1/4. ISSN 1794-8061. <http://revista.iered.org/v144/pdf/lcypv.pdf>
- Comisión de Modernización Pedagógica de la Pontificia Universidad Católica del Perú. (2011). Importancia de la motivación en el proceso de aprendizaje. <http://www.eduquemosenlared.com/es/index.php/articulos-psicopedagogos/86-motivacion>
- Cabezas, C., Trujillo Yáñez, M., Morales, J. (2004). Efectos del uso de software de visualización en las clases de cálculo en la actitud de los alumnos y en el rol del profesor. Memorias TISE 2004. 67:75
- Chiappe, M.V., Guido, L. El vínculo entre universidad e innovación educativa: indagaciones a partir del estudio de caso de una universidad argentina. Revista Iberoamericana de Educación. 50/1. ISSN: 1681-5653. <http://www.rieoei.org/2869.htm>
- Covington, M. V. (1998). La voluntad de aprender. Alianza Editorial. Madrid.
- Fernández de Pinedo, I. Construcción de una escala de actitudes tipo Likert. <http://www.siafa.com.ar/notas/nota164/escalera.htm#arriba>

- Espinosa Lerma, K. (2008). Aportes de la psicología sociocultural y genética al aprendizaje autoregulado. *Revista Iberoamericana de Educación*. 47/12.ISSN: 1681-5653. <http://www.rieoei.org/deloslectores/2676Lerma.pdf>
- Murillo Torrecilla, F. Cuestionario y escalas de actitudes. http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Metodos/Materiales/Apuntes%20Cuestionario.pdf
- Romero Ariza, M., Pérez Ferra, M. (2009). Motivar a aprender en la Universidad: una estrategia fundamental contra el fracaso académico. Aportaciones de la investigación y la literatura especializada. *Revista Iberoamericana de Educación*. 50/5.ISSN: 1681-5653. <http://www.rieoei.org/deloslectores/3067Ariza.pdf>
- Reeve, J. (1994) *Motivación y Emoción*. Mc Graw-Hill. Madrid.
- Rodríguez Conde, M.J. (2006) *Construcción de Escalas tipo Likert*. *Medición y Evaluación Educativa*. <http://ocw.usal.es/educommons/ciencias-sociales-i/investigacion-evaluativa-en-educacion/contenidos/construccion-escalas-likert.pdf>
- Rodríguez Gonzalez, R. (2006). Diseño de entornos para el desarrollo de la autonomía en el aprendizaje. *Aula Abierta* 87: 87-107.

09TCE. EL FRANCÉS COMO LENGUA EXTRANJERA EN LA EDUCACIÓN DE INGENIEROS CIVILES HISPANOPARLANTES: UN PREMIER

CAÑETE, L. Y DÍAZ, H.*

*** Laboratorio de Ingeniería Neurocognitiva del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Santiago de Chile, lucio.canete@usach.cl**

Resumen. Considerando a la comunicación como una de las competencias vitales de todo ser humano y en busca de generar cualidades valoradas en los mercados de servicios profesionales contemporáneos, se planteó la cuestión respecto de la utilidad neta que tendría para un ingeniero latinoamericano de cualquier especialidad, el dominio del francés como lengua extranjera. Como una primera etapa en este macroproyecto, se estableció el objetivo general de formular y evaluar diferentes alternativas para que esta lengua extranjera fuese una parte armónica y formal del proceso formativo de una carrera de Ingeniería Civil en una universidad tradicional chilena. Puesto que no se disponía de información sobre los costos y beneficios; se procedió a configurar diferentes diseños de la asignatura, concluyéndose a través de simulaciones y experimentos con voluntarios que la mejor es aquella donde el aprendizaje se inicia una vez finalizado el primer año de la carrera. La alternativa preferida considera que la asignatura se curse cada semestre en forma consecutiva a través de 4 horas pedagógicas de clases, permitiendo así un dominio intermedio que según los estándares mundiales corresponde a aquel nivel denominado como B2. Esta opción incrementaría el ingreso promedio de los jóvenes titulados en más del 7% mensual, extendería su red comunicacional y ampliaría su diversidad cultural entre otros impactos positivos. En cuanto a la evaluación social, la universidad tan sólo debería destinar nuevos recursos para contratar docentes especialistas en la citada lengua extranjera, habilitar salas con medios audiovisuales y enriquecer la biblioteca. Todos estos costos son menores si se comparan con los beneficios de ubicar en el mercado competitivo a profesionales con un mayor valor agregado y más inmunes a una marginación social.

1. Introducción

Considerando que el Modelo Educativo Institucional de la Universidad de Santiago de Chile (USACH) demanda entre otros el atributo de “Lenguaje, cultura e idioma” (USACH, 2007) y que se han iniciado investigaciones que evidencian que el manejo de una segunda lengua extranjera distinta al Inglés generaría notables impactos en el desempeño profesional (Cañete y San Juan, 2010); el presente proyecto plantea la formulación y evaluación de diferentes alternativas de asignaturas de Francés y/o para que sean incorporadas en forma obligatoria al proceso formativo de Ingenieros Civiles.

Por tratarse de antecedentes nuevos y ante la incertidumbre de cuál de los dos idiomas sería el más útil, del nivel de dominio, de la cantidad de horas semanales, de la localización en la malla curricular y de la cantidad de semestres a cursar, como también de los recursos comprometidos; el presente proyecto establece dentro de sus objetivos específicos el despliegue de diversas alternativas de asignaturas para los mencionados idiomas. También considera la evaluación del desempeño de jóvenes profesionales con cierto dominio de esta lengua no tan sólo en ámbitos puramente tecnológicos, sino además en otras manifestaciones culturales.

Como hipótesis se plantea entonces que la incorporación formal y explícita del Francés al proceso formativo de los Ingenieros Civiles, genera en ellos cualidades diferenciadoras en los exigentes mercados actuales y futuros, redundando en un significativo valor agregado para estos profesionales y para la USACH (Toffler, 1985), la universidad que los educó.

2. Objetivos

Aún cuando se tienen algunos antecedentes concretos de que la incorporación de idiomas en el proceso formativo de carreras tecnológicas generaría impactos positivos; no se tiene información acerca de cual de la manera en que el Francés resulta más rentable, como tampoco la cantidad de semestres dedicados a ellos, ni la modalidad de enseñanza entre otros aspectos. Ante tal incertidumbre, el presente proyecto plantea el siguiente Objetivo General: evaluar al Francés dentro del proceso formativo de Ingenieros Civiles de la USACH.

Este Objetivo General recién enunciado se puede descomponer en los siguientes Objetivos Específicos: 1) Precisión del Estado del Arte en materias de los beneficios y costos asociados al aprendizaje de dicho idioma 2) Planteamiento grueso de diferentes alternativas de asignaturas (nivel de dominio, cantidad de horas semanales, cantidad de semestres, obligatoria o voluntaria), 3) Jerarquización de las alternativas de acuerdo a un criterio de rentabilidad. 4) Diseño en detalle de la alternativa más rentable.

Es importante comentar, que la incorporación obligatoria del Francés considerada en el presente proyecto, no excluye de modo alguno la incorporación del Inglés hasta lograr un profesional bilingüe en este último idioma.

3. Metodología

A continuación se describen las principales actividades que se consultan para alcanzar respectivamente cada uno de los cuatro Objetivos Específicos. 1) Para precisar el Estado del Arte se recurre a bibliografía especializada en asuntos de idioma, se catastran reportes de universidades extranjeras y chilenas en temas afines y se examinan desde fuentes secundarias los Estudios de Mercado tanto de Clientes como Proveedores y Competidores sobre profesionales que cuenten con el manejo de uno y de los dos idiomas en cuestión. 2) Para el planteamiento grueso de las alternativas, se combinan los diferentes recursos tanto intelectuales como materiales de la USACH, ya sea actuales y potenciales; de tal forma de lograr distintas propuestas en cuanto a modalidades y contenidos de asignaturas. Esta combinación se realiza de manera heurística en el sentido de buscar un todo con el ensamble más eficiente. 3) Para jerarquizar las alternativas, primero se realiza una preselección cualitativa de acuerdo a las ventajas y desventajas de ellas, para luego realizar simulaciones con apoyo computacional y talleres experimentales que cuantifican tanto los costos y beneficios que se generarán en los alumnos y luego en los futuros profesionales. 4) Para el diseño de la alternativa más rentable, se recurre al apoyo de docentes con experiencia en la materia, los cuales son seleccionados de acuerdo a sus méritos curriculares. Estos docentes expertos colaboran fuertemente en el contenido de detalle de las unidades temáticas, en la elección de la bibliografía, en la configuración de los laboratorios, en los perfiles de los profesores que dictarán las asignaturas y en otras variables que el propio proyecto en su evolución identifica.

4. Resultados

Diversos estudios demuestran que el desempeño profesional alcanza rendimientos superiores cuando desde etapas tempranas se tiene la posibilidad de interactuar en el Mercado de las Ideas (Fléaux et al, 2002). Lamentablemente, la formación en la Enseñanza Media, desde donde proviene la mayoría de los alumnos que ingresan a la carrera de Ingeniería Civil en cualquiera de sus especialidades, adolece no sólo de una adecuada preparación en el manejo del Inglés como actual idioma universal; sino además y

lo que es peor, de serias deficiencias en la expresión y comprensión por medio del Castellano como lengua madre.

En el ámbito de la ingeniería los efectos negativos se evidencian cuando los estudiantes se privan de conocimientos de vanguardia y cuando una vez titulados no logran posiciones competitivas debido a deficiencias comunicacionales; donde la información es un elemento vital para la toma de decisiones.

Ante este diagnóstico, en la USACH se realizó una investigación que confirma la precaria situación ya descrita (Cañete y San Juan, 2010). Esta demostró que los jóvenes profesionales pueden incrementar sus rentas no tan sólo gracias al manejo del Inglés; sino además debido a cierto dominio de una segunda lengua extranjera: Francés o Alemán.

En efecto, los resultados de la mencionada investigación, demuestran que un incremento del manejo de una segunda lengua extranjera desde un nivel Bajo hasta Alto, repercute en \$ 95000 en la renta mensual de un Tecnólogo. Si se considera que cada joven profesional comienza a laborar a los 23 años de edad, se le provocaría según dicho estudio un costo oportunidad de casi \$ 48 millones hasta la fecha en que jubile.

Ciertamente este incremento llamó la atención por su magnitud y por ende mereció un cuestionamiento que se resolvió a través de una segunda ronda de preguntas hacia quienes ya habían manifestado la valoración acrecentada. Los argumentos no versaron sobre asuntos exclusivos de las telecomunicaciones; sino sobre aspectos conductuales tales como: a) la disciplina que se requiere para aprender una lengua extranjera, cualidad que se extrapola a otros ámbitos laborales, b) el afán de superación, fenómeno generalmente valorado en empresas competitivas y c) la curiosidad propia no tan sólo de científicos; sino de cualquier joven que emprende una carrera tecnológica.

Otro antecedente que refuerza la importancia de los idiomas (aunque no cuantitativo ni específico para el Francés y/o Alemán), se encuentra en el informe “Actualización del Perfil de Egreso de la Especialidad de Telecomunicaciones” consignando ciertas habilidades “Instrumentales: relacionadas con habilidades cognitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas” (San Juan et al, 2008).

Por otra parte, considerando el Grado de Bachiller en Tecnología, el cual se obtiene en conjunto con el Título Profesional de Tecnólogo en Telecomunicaciones, destaca el primer objetivo del programa: “Proporcionar al estudiante una visión integral acerca del Hombre, la cultura y la sociedad, que permite a su vez la afirmación de su vocación de desarrollo personal”. Esta declaración es completamente sinérgica con un programa de segunda lengua extranjera durante la formación profesional de un ingeniero por cuanto el manejo del Francés y/o Alemán constituye una vía para el desarrollo intelectual más allá de la adquisición de habilidades específicas tecnológicas.

En cuanto al Francés materia del presente estudio se tiene que ya el novelista chileno Alberto Blest Gana en su best-seller Martín Rivas, identificaba a la francofilia o el gusto exacerbado por la cultura francesa en la sociedad chilena desde los albores de La República. Al margen de dicha anecdótica preferencia, se identifican en la historia de Chile diversos hitos educativos. El más importante es sin duda la segunda lengua extranjera de carácter obligatorio que ya no existe en la Educación Media y que permitió a millones de chilenos que hoy superan los 45 años de edad, aprender una segunda lengua extranjera (mayoritariamente francés) desde 8° Básico hasta 4° Medio de la Educación Científico-Humanista. Sin duda, ahora algunos de ellos son padres de los Ingenieros Civiles que actualmente se forman en la USACH y es de suponer que tendrán una postura favorable respecto de una iniciativa como la que ahora se evalúa.

Además de la postura emocional que ineludiblemente influye en la toma de decisiones, existen ciertos argumentos concretos que invitan a enseñar el Francés (Changues, 1973). La investigación más completa al respecto se presenta en un artículo de Richard Shryock

del *Virginia Polytechnic Institute and State University* (Cañete y San Juan, 2010), donde se mencionan las siguientes cualidades del idioma Francés: a) es la lengua oficial en 28 países de los 51 que forman parte de la *Organisation Internationale de la Francophonie*, b) es además el idioma oficial junto al Inglés de otras organizaciones internacionales tales como: United Nations, UNESCO, NATO, *Organization for Economic Cooperation and Development*, *International Labor Bureau*, *International Olympic Comité*, *European Community*, *Universal Postal Union*, *International Red Cross* y *Union of International Associations*. c) es el idioma dominante en el trabajo de la *European Court of Justice*, del *European Tribunal of First Instance* y de la *Press Room at the European Commission in Brussels*.

En cuanto a ingeniería, la misma investigación señala los siguientes hitos para Francia como cuna y promotor del idioma en cuestión: d) país seleccionado por la comunidad científica internacional para el emplazamiento del primer reactor multinacional de fusión nuclear, e) siete de sus “Top Ten” exportadores hacia Los Estados Unidos de Norteamérica pertenecen al rubro industrial de alta tecnología, g) cuarto productor mundial de automóviles (Renault, Peugeot, Citroën) y tercer exportador mundial, h) cuarto investigador dentro de la *Organization for Economic Development and Cooperation* (después de Japón, Alemania y Estados Unidos de Norteamérica), i) primer investigador mundial en energías, j) líder mundial en investigaciones médicas (el virus del SIDA fue aislado por médicos franceses y el Human Genome Project está localizado en París), k) líder en proyectos aeroespaciales (*Aérospatiale*, *Arianespace*, *Airbus...*) y l) potencia militar mundial (después de Estados Unidos y Rusia) y segundo en el mundo en tecnología de defensa, destinando tropas bajo el Derecho Internacional en una decena de países que suman un contingente de 15000 soldados.

En Chile, están presentes más de una centena de empresas de capitales franceses. También destaca la Cámara Franco Chilena para el Comercio y la Industria, la cual fue fundada en 1884 y cuenta en la actualidad con 230 empresas asociadas.

Aun cuando el resultado de las encuestas del presente trabajo a los alumnos respecto a su agrado por manejar el Francés, pueda en un comienzo sorprender, la duda se disipa al constatar la importancia mundial del idioma Francés en la generación y transferencia de conocimiento desde la Revolución Industrial hasta el presente. Este impacto no sólo se registra en las ciencias y tecnologías; sino además en la literatura, música, pintura y filosofía entre otras manifestaciones; es decir, en toda la cultura occidental (Henriot, 1946). Pues bien, este mismo impacto es el que se recreó con apoyo computacional y talleres experimentales para el proceso formativo de los estudiantes, notándose que cinco años de estudio durante la carrera a través de 4 horas pedagógicas presenciales provocan lo siguiente:

Mayor acceso a conocimiento de especialidad Por ahora los hispano-parlantes no son los líderes en la vanguardia tecnológica y los principales avances los generan y publican profesionales cuya lengua madre no es la nuestra. Pese a que la mayoría de esta tecnología se presenta en idioma Inglés, un porcentaje importante de ella es generada por francófonos.

Participación en el mercado de las ideas En la actualidad según Eurostat (Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas en Luxemburgo), más del 30% de la población de la Unión Europea habla Francés. Así un estudiante chileno con el dominio de uno de estos dos idiomas puede comprender y ser comprendido por individuos de su misma especie que tienen otras formas diferentes de pensar. Esto no solo facilitaría las postulaciones a intercambio estudiantil en otras universidades y las participaciones en congresos internacionales; sino además permitirá que el alumno comience a hilar una red de cooperación internacional dentro de la cada vez más valorada diversidad cultural mundial.

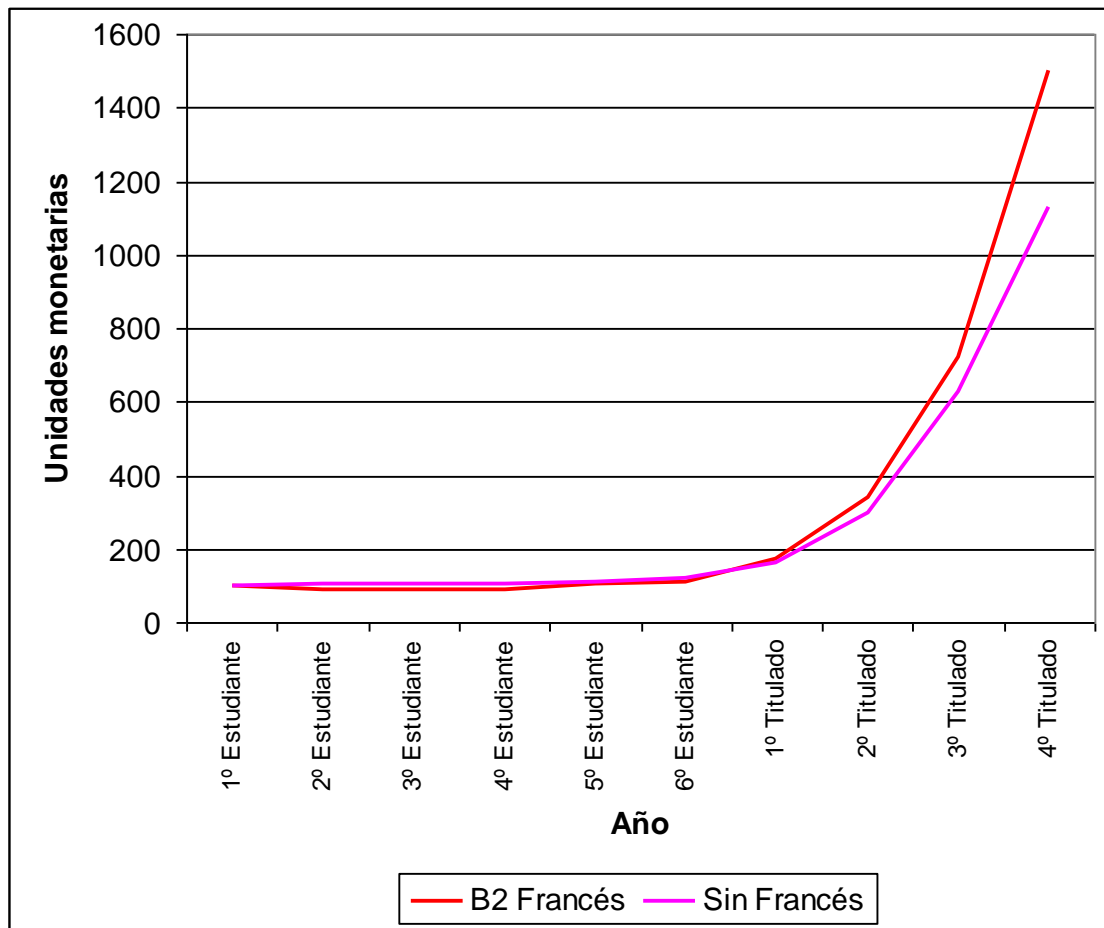
Ampliación de conexiones neuronales Está demostrado que el aprendizaje de un nuevo idioma por un joven no tan sólo facilita el aprendizaje de otros que se estudien con posterioridad; sino que afianza los precedentes. En tal contexto, se espera que un manejo del Francés refuerce al Castellano y al precario Inglés, como también agilice la asimilación de idiomas que el futuro profesional en su etapa laboral desee conocer.

Mejora disciplinaria Con frecuencia los profesores se quejan de la falta de cumplimiento de lo demandado como la puntualidad en tareas, del escaso orden en los informes escritos y de la poca observancia a cuestiones reglamentarias mínimas por parte de la generalidad de los alumnos. En tal sentido, el aprendizaje de una segunda lengua extranjera sin duda requiere de una conducta algo preterida en la actualidad: disciplina. Los motivos de la ausencia de un comportamiento disciplinado en cuanto a responsabilidades de estudiante universitario escapan a los objetivos del presente proyecto; pero sí se puede afirmar que asumir el Francés como lengua de estudio obliga a cualquier joven a disciplinarse, particularmente cuando enfrenta la gramática. Por ello se espera que tal conducta demandada para aprobar la segunda lengua extranjera, se presente en las otras múltiples actividades de la vida del alumno.

Incremento del capital intelectual Los alumnos que generalmente ingresan a la USACH, poseen un historial de privaciones económicas, sintiéndose en frecuentes ocasiones disminuidos y/o tratados en forma peyorativa en diversos contextos sociales. En tal sentido, el dominio de una segunda lengua extranjera permitirá un incremento del capital intelectual de los jóvenes estudiantes, aumentando la valoración de ellos por parte de la sociedad y en tal sentido, integrar el selecto grupo de chilenos que dominan más de un idioma extranjero. Es preciso señalar que estos impactos se logran cuando el estudiante logra un nivel de manejo B2, el cual según los patrones internacionales se refiere a que la persona es capaz de entender las ideas principales de textos complejos que traten de temas tanto concretos como abstractos, incluso si son de carácter técnico, siempre que estén dentro de su campo de especialización. Dicha persona puede relacionarse con hablantes nativos con un grado suficiente de fluidez y naturalidad, de modo que la comunicación se realiza sin esfuerzo por parte de los interlocutores. Puede además producir textos claros y detallados sobre temas diversos.

Una vez configurada la opción de la segunda lengua extranjera al nivel B2 y ante la legítima duda de su real funcionamiento pese a todas las proyecciones realizadas, se procedió a explicar la iniciativa a diferentes profesionales ajenos al desarrollo del proyecto, pidiéndoles su libre opinión. Ciertamente según lo demuestran un histórico artículo científico, el mercado laboral chileno tiene un fuerte efecto discriminatorio no tanto por sexo, edad, estudios de postgrado, calidad académica escolar ni otras variables de control estándar; sino por **clase** (Núñez y Gutiérrez, 2004). En tal sentido, una persona que visiblemente maneja Francés, tiene en Chile poca probabilidad de ser discriminado y por ende marginado de oportunidades laborales, por clase.

Los resultados cuantitativos del presente trabajo se muestran en la Figura donde se compara la trayectoria de un joven en su etapa de estudiante (6 años de duración de la carrera de pregrado) y en su temprana etapa laboral como titulado (4 primeros años de egresado). En ella se aprecia que dedicarse a la asignatura de Francés implica al comienzo unos costos que castigan levemente su quehacer de estudiante, pero que a partir del cuarto de la carrera universitaria, ésta comienza a crecer. La diferencia se aprecia nítidamente una vez titulado, donde la curva del rendimiento con manejo de Francés, se distancia por sobre de la curva del rendimiento sin esta segunda lengua.



5. Conclusiones

Los resultados de la presente evaluación indican que la inclusión formal del Francés dentro del proceso formativo de Ingenieros Civiles en la USACH tiene variados impactos netos, todos beneficiosos. Entre ellos destaca el incremento salarial, el enriquecimiento intelectual y el aumento de la inmunidad ante la discriminación laboral.

Por otra parte, considerando que los recursos tanto privados como sociales son relativamente menores para concretar la presente iniciativa, se recomienda una pronta implementación del Francés pues cada año de retraso generará costos oportunidad significativos para el joven titulado.

Pese a que el presente estudio correspondió a la enseñanza de una segunda lengua extranjera en la formación de ingenieros cuya formación de pregrado es de 6 años de duración impartida por una universidad pública chilena, la problemática expuesta puede tener bastantes elementos comunes con otras carreras y universidades hispanoamericanas. Por ello se espera que el estudio y sus resultados sean aplicables, con los respectivos ajustes, en otros escenarios.

6. Bibliografía

-Cañete L. y San Juan, E. (2010). Formulación y evaluación de una segunda lengua extranjera en la formación profesional de Tecnólogos en Telecomunicaciones. 15ª Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura TELEFE. La Habana. Noviembre 2010.

-Changues J-P. (1973). L' homme neuronal. Fayard. Paris.

- Fléaux R., Arnaud B. y Jean-Baptiste P. (2002). L'homme de trop. Sciences et avenir, enero 2002.
- Henriot E. (1946). La France Immortale. Librairie Hachete. Paris.
- Nuñez J y Gutierrez R. (2004). Class discrimination and meritocracy in the labor market: evidence form Chile. Estudios de Economía. Volumen 31 N°2. Diciembre 2004. pag 113-132.
- San Juan y otros (2008). "Actualización del Perfil de Egreso de la Especialidad de Telecomunicaciones de la Carrera de Tecnólogo". Septiembre 2008, pag 11.
- Shryock R. (2009). French, The Most Practical Foreign Language. Jeune. Paris.
- Toffler A. (1985) The adpative corporation. Plaza & Janes. Nueva York.
- USACH, Vicerrectoría Académica (2007). Modelo Educativo Institucional. Numeral 2.4 Sello Formativo Institucional.

10TCE. ANÁLISIS DE UNA PLATAFORMA VIRTUAL PARA LA GENERACIÓN DE SIMULACIONES EN UN AMBIENTE COLABORATIVO

LIZARRALDE, F.A. *, HUAPAYA, C.R. *

* Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Mar del Plata – Juan B. Justo 4302 - Mar del Plata – Pcia. Bs. As (B7608FDQ) – Argentina – TEL:54-223-4816600 – FAX: 54-223-4810046 Int.259.

Email: flizarra@fi.mdp.edu.ar

Resumen: Los entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje o (*3D-VLEs*) *3D Virtual Learning Environments*, presentan un promisorio campo de investigación, ya sea desde la perspectiva tecnológica como desde la educativa. La enseñanza de muchos contenidos básicos en las carreras de Ingeniería pueden aprovechar las capacidades provistas por estos nuevos recursos tecnológicos, fundamentalmente en áreas como la simulación, el entrenamiento y la experimentación virtual.

En el presente trabajo, se exponen las características principales que diferencian a los entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje de otro tipo de aplicaciones multimedia y se exploran las posibilidades de estos entornos para la implementación de sistemas de aprendizaje colaborativo y de experimentación en ambientes de simulación inmersivos.

Con este propósito, se realizaron varias experiencias utilizando una plataforma descentralizada de código abierto conocida como *Open Cobalt* y se evaluó un conjunto de parámetros, considerados indispensables para la implementación de simulaciones interactivas en un ambiente colaborativo.

1. Introducción

En los últimos años, la infraestructura de comunicaciones ha crecido en cantidad y calidad de servicio en forma significativa. En forma conjunta con este crecimiento, la disminución de los costos del hardware ha incrementado notablemente la utilización de nuevas tecnologías vinculadas con los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En la actualidad, los Ambientes Virtuales de Aprendizaje o *VLEs* (*Virtual Learning Environments*) son utilizados ampliamente, desde cursos específicos en la modalidad de educación a distancia, hasta sistemas completos de *blended-learning* y de *e-learning* que incluyen mecanismos de evaluación y asistencia personalizada a los alumnos.

Sin embargo, a pesar de la diversidad de propuestas, estos ambientes comparten una característica propia. La mayoría aún presenta una interfaz de usuario bidimensional, basada principalmente en la metáfora de escritorio. Esta interfaz, aunque muy exitosa por cierto, presenta ciertas limitaciones, en lo que respecta a la representación e interacción con ciertos contenidos.

En un espacio bidimensional, como un pizarrón o una página web se recurre a la utilización de símbolos, gráficos o diagramas, para expresar conceptos o ideas que exceden las posibilidades de este medio. En cambio en un ambiente virtual tridimensional interactivo, las alternativas de representación de contenidos aumentan considerablemente.

El desarrollo incesante de juegos multiusuario en red, o *MMOGs* (*Massively Multiplayer On line Games*), ha influido enormemente en la nueva generación de ambientes virtuales inmersivos. Estos entornos virtuales 3-D permiten construir y manipular tanto objetos, como estructuras y representaciones metafóricas, lo que incentiva a los estudiantes a involucrarse más profundamente con los temas y contenidos, sobre todo si tienen la capacidad de interactuar y colaborar entre sí.

Ambientes virtuales como *Second Life*, creados inicialmente con una finalidad recreativa y de entretenimiento para el público en general, se han transformado en objeto de estudio para investigadores en educación y en una atractiva plataforma de enseñanza para muchas instituciones educativas (Warburton, 2009).

La mayoría de los entornos virtuales 3D actuales utilizan una arquitectura centralizada, en la que los usuarios se conectan a un servidor central por medio de un programa cliente, denominado visualizador (*viewer*). De este modo los contenidos se encuentran almacenados principalmente en el servidor, el cual se encarga además, de sincronizar el intercambio de contenidos entre los estudiantes.

Sin embargo, recientemente un proyecto coordinado por el grupo de investigación en mundos virtuales de la Universidad de Duke ha desarrollado una plataforma de código abierto, denominada *Open Cobalt*, que promueve la creación de mundos virtuales sobre arquitecturas distribuidas. Este tipo de arquitectura, más conocido como redes de pares o *Peer to Peer (P2P)*, no posee un servidor central, sino que cada usuario actúa a la vez como cliente y servidor de contenidos, un esquema muy utilizado en los videojuegos en red. Las redes *Peer to Peer* utilizan conexiones simultáneas entre pares a través de Internet formando verdaderas “comunidades” de usuarios (Chun-hong y Ming, 2008). De esta forma, los usuarios no se encuentran todos conectados directamente entre sí, sino que, se van creando y modificando en forma dinámica, “grupos” de usuarios, en función de los contenidos que deseen compartir. Esto permite además, un mejor aprovechamiento del ancho de banda existente y brindar una velocidad de respuesta razonable a un número creciente de usuarios.(McGeer y et al., 2006).

Una característica muy interesante de este esquema es que permite desarrollar mundos virtuales interconectados con un costo relativamente bajo, ya que elimina la necesidad de mantener grandes servidores para proveer la interconexión de espacios y el almacenamiento de contenidos (Lombardi y Lombardi, 2010).

2. Metodología

Para implementar simulaciones en un ambiente de aprendizaje colaborativo, un ambiente virtual tridimensional necesita cumplir ciertos requisitos. Por esta razón establecimos un conjunto de características a evaluar y creamos pruebas y prototipos en *Open Cobalt* de forma tal que pudiéramos valorar su desempeño para este cometido. A continuación presentamos las características consideradas:

- Fidelidad de la representación.
- Navegabilidad e interacción con el entorno.
- Comunicación entre usuarios.
- Modelos 3D y contenidos multimedia.
- Integración de aplicaciones.
- Entorno de programación.

La fidelidad de la representación es indispensable para lograr una experiencia *immersiva* creíble, es decir, que el usuario sienta que está dentro de ese espacio y que interactúa con todo lo que allí se encuentra. Las tarjetas de video actuales poseen una gran potencia de procesamiento, lo que les permite manejar representaciones gráficas de gran calidad, texturas y efectos de iluminación con gran velocidad y en forma prácticamente autónoma, lo cual es imprescindible para lograr una representación dinámica convincente. A su vez, los objetos del entorno, así como las representaciones de los usuarios (*avatars*) necesitan comportarse consistentemente. Es decir, el usuario espera que dentro del entorno se cumplan ciertas “*leyes físicas*”, por ejemplo, que la intensidad de las fuentes sonoras

presentes, varíe de acuerdo a la posición y distancia que nos separa de las mismas (*sonido espacial*).

Por interacción con el entorno, se entiende la modificación de ciertos atributos, que afectan tanto al aspecto visual como a su comportamiento, así como también, la creación y manipulación de los objetos contenidos en el mismo. Esta interacción, generalmente se realiza por medio de dispositivos de señalamiento estándar (*mouse, trackballs, etc*) y combinaciones de teclas, aunque en la medida que su costo disminuya se irá generalizando la utilización de dispositivos de navegación con acelerómetros incorporados y la interacción con los objetos del entorno por medio de interfaces táctiles (*dataglove*).

En lo que respecta a la interacción entre usuarios, hay dos aspectos a tener en cuenta, la comunicación oral-escrita y la gestual. La comunicación oral puede lograrse por medio de comunicación de voz a través de Internet, o *VoIP (Voice over Internet Protocol)* y la comunicación escrita por medio de herramientas de mensajería instantánea, o *IRC (Internet Relay Chat)* integradas en la misma plataforma. Por otra parte, una característica propia de los mundos virtuales es la incorporación de la comunicación gestual, la cual se logra dotando a las representaciones visuales de los usuarios (*avatars*) de un cierto conjunto básico de movimientos o gestos.

Actualmente existen diferentes formatos estándar para representar a los objetos tridimensionales contenidos en los mundos virtuales. Estos objetos pueden ser figuras, vehículos, edificios o representaciones animadas como los avatars, los cuáles pueden crearse y modificarse por medio de programas específicos de diseño e importarse al espacio del usuario o construirse directamente dentro del entorno a partir de formas geométricas básicas. Si bien, la característica principal de los mundos virtuales es su naturaleza tridimensional, resulta interesante contar con la capacidad de reproducir otros contenidos multimedia, como por ejemplo imágenes, sonidos y videos, ya que esto permite la integración de diferentes recursos pedagógicos.

Otro recurso deseable, es la posibilidad de integrar aplicaciones existentes dentro del entorno o al menos tener la posibilidad de ejecutarlas aunque sea de forma remota. Esto permitiría a los alumnos la utilización de navegadores de Internet, planillas de cálculo, editores de texto, etc. sin necesidad de salir del mundo virtual.

Además, para generar simulaciones en una plataforma colaborativa como la descrita, se necesita contar con herramientas de programación que permitan realizar cambios en tiempo de ejecución. Y por último, como la simulación en sí misma estará compartida con otros estudiantes, es necesario que todos experimenten un comportamiento similar del fenómeno observado, a pesar de estar utilizando equipos de diferente potencia o de estar interconectados por redes con distinto ancho de banda.

3. Resultados

Open Cobalt es un entorno tridimensional colaborativo desarrollado íntegramente en *Squeak* (Black y et.al. ,2007), una versión moderna de *Smalltalk (Goldberg y Robson, 1983)*, el primer lenguaje de programación orientada a objetos puro, creado en los laboratorios de investigación de Xerox, con la finalidad de expresar ideas en forma sencilla y ponerlas en práctica en forma rápida. De forma similar, *Open Cobalt* está basado en un proyecto anterior dirigido por el Dr. Alan Kay, el creador de *Smalltalk* (Barnes, 2007). Este proyecto, denominado *Croquet* y desarrollado en el VPRI (*Viewpoints Research Institute*), tenía como objetivo crear una plataforma de experimentación y generación de contenidos educativos basada en un nuevo paradigma de interfaces de usuario.

Basándonos en esa premisa, realizamos experiencias y desarrollamos algunos prototipos con la finalidad de evaluar cada una de las características antes mencionadas para determinar si era factible utilizar *Open Cobalt* para el desarrollo de simulaciones con

propósitos educativos en un ambiente colaborativo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Fidelidad de la representación El manejo de las texturas y de las luces, ya sean puntuales como de ambiente, provee en *Open Cobalt* un grado de realismo suficiente, aunque sin la sofisticación de otros entornos 3D. La generación paramétrica del terreno, del cielo y de efectos de niebla permiten crear y modificar fácilmente la apariencia de los espacios. A continuación presentamos un ejemplo (ver **Figura 1**) en el que interconectamos dos espacios virtuales. En uno de ellos se observa a través del portal que los vincula, un espacio con un cielo diáfano y un modelo 3D del Cabildo, mientras que el otro espacio posee una iluminación totalmente diferente y un efecto neblinoso propio de un ambiente subacuático.



Figura 1 – Luces, texturas e integración de modelos en diferentes espacios.

Navegabilidad e interacción con el entorno La navegación dentro de un espacio tridimensional suele producir cierto grado de desorientación si se carece de ciertas referencias sobre nuestra posición, la de los demás, la extensión del espacio, etc. y esto se agudiza cuando varios espacios se conectan entre sí. En *Open Cobalt* los espacios interconectados se comunican a través de portales. De esta manera, un estudiante puede crear un espacio con contenidos e información sobre un determinado tema y hacerlo público para que otros estudiantes puedan conectarse al mismo. Al establecerse la conexión, aparecerá un portal en cada uno de los espacios, ofreciendo una vista de lo que se encuentra del otro lado (ver **Figura 1**). Atravesando dicho portal, se pasará de un espacio al otro instantáneamente. Por otra parte, si varios estudiantes publican sus espacios, las conexiones y por lo tanto la cantidad de portales abiertos, incrementará las posibilidades de desorientación, a medida que pasen de un portal a otro y así sucesivamente. Si bien actualmente *Open Cobalt* cuenta con un mecanismo que permite retornar al espacio original de partida, aún no cuenta con otras ayudas en este sentido.

Comunicación entre usuarios Las herramientas de comunicación son un elemento clave para lograr cualquier actividad de tipo colaborativa. En este sentido *Open Cobalt* proporciona dos opciones de comunicación textual, una local, para establecer comunicaciones dentro del mismo espacio y otra externa por medio del protocolo XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*), también conocido como *Jabber*, pudiendo utilizarse esta última a través de diferentes servidores gratuitos. Ambas opciones proporcionan un medio de comunicación claro y simple.

Para la comunicación oral se utiliza VoIP (*Voice over Internet Protocol*) y el sonido 3D

permite establecer conversaciones simplemente aproximándonos a otro avatar. En las pruebas realizadas dentro de una LAN (*Local Area Network*) funcionó perfectamente, al igual que en varios de los encuentros semanales con desarrolladores de la Universidad de Duke, a través de Internet.

Modelos 3D y contenidos multimedia *Open Cobalt* soporta la importación de diferentes formatos estándar de modelos 3D, tales como *.ase*, *.kmz*, *.obj* y *.vrm*. En 2005, Dave Smith (Smith y et al., 2005), presenta una interfaz para crear e interactuar con modelos 3D en *Croquet*, el antecesor de *Open Cobalt*, sin embargo aún no se ha integrado una herramienta similar. Lo mismo sucede en el caso de los *avatars*. Si bien es posible importarlos junto con la información necesaria para su animación, no es posible modificarlos, ni personalizarlos como en otras plataformas. Con respecto a otros contenidos multimedia es posible reproducir los formatos más extendidos y visualizar imágenes y videos en una ventana.



Figura 2 – Avatars e integración de aplicaciones con el entorno.

Integración de aplicaciones Además de las herramientas propias del entorno, es posible ejecutar aplicaciones corrientes como navegadores web, procesadores de texto, planillas de cálculo, etc. provistas por un servidor VNC (*Virtual network Computing*). Esto permite utilizar aplicaciones mono-usuario corrientes en un entorno multi-usuario colaborativo. Por ejemplo, dos estudiantes conectados al mismo espacio pueden escribir sobre el mismo documento utilizando el mismo procesador de textos. O utilizar un navegador para acceder a una página web, sin salir del entorno (ver **Figura 2**).

Entorno de programación Como se mencionó, *Open Cobalt* está desarrollado íntegramente en *Squeak*, una versión moderna de *Smalltalk*, por lo tanto, todas las herramientas de programación y depuración dinámicas del ambiente son totalmente accesibles en el modo de programación (ver **Figura 3**).



Figura 3 – Modo de programación. Ambiente de edición, ejecución y depuración integrados.

Estas herramientas brindan amplias posibilidades para la creación de simulaciones que faciliten la explicación de conceptos fundamentales frecuentemente utilizados en las diferentes especialidades de la Ingeniería. Así, es posible crear objetos con diversas propiedades, tales como masa o carga eléctrica y espacios atravesados por campos gravitatorios o magnéticos, etc. (McCahill, 2006). Sin embargo, un aspecto crucial es determinar si todos los estudiantes que interactuarán con un determinado fenómeno observarán un comportamiento similar del mismo. Para esto creamos pequeños prototipos, en los que implementamos simulaciones de fenómenos físicos sencillos y los probamos sobre máquinas de diferente potencia conectadas a un mismo espacio de simulación. Dado que no existe un servidor central sincronizando las simulaciones en cada máquina, las mismas deben procesar el código recibido desde la red. Para ello se utiliza un mecanismo de ejecución remota diferida, que permite que en todas las máquinas se observen las acciones en la misma secuencia, aunque no necesariamente en el mismo instante.

4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se observa que es totalmente factible la implementación de simulaciones en un entorno virtual descentralizado como *Open Cobalt*, aunque lograr este cometido actualmente requiere de conocimientos de su funcionamiento interno y de programación en *Smalltalk*.

Las herramientas de comunicación presentes en dicho entorno resultan adecuadas para coordinar tareas colaborativas. La utilización de librerías como *OpenAI* y *OpenGL* que aportan el sonido espacial y las operaciones matemáticas y geométricas necesarias para la representación de modelos 3D, texturas, luces, etc. permiten la creación de un ambiente lo suficientemente real como crear simulaciones convincentes.

Las experiencias obtenidas con *Croquet* (Stearns, 06), su antecesor, sin duda prepararon el terreno para *Open Cobalt*, el cual aún se encuentra en una fase alfa de su desarrollo y en continua evolución. Sin embargo, ya cuenta con las herramientas básicas necesarias para la creación de espacios de trabajo virtuales y colaborativos, lo que representa un nuevo escalón en la evolución de este nuevo paradigma que es la educación virtual.

5. Bibliografía

Barnes S. (2007) Alan Kay: Transforming the Computer into a Communication Medium - IEEE Annals of the History of Computing, Vol. 29, No. 2, pp. 18-30.
Black A., Ducasse S., Nierstrasz O., Pollet D., Cassou D., Denker M. (2007) Squeak by Example. - ISBN 978-3-9523341-0-2 - Published by Square Bracket Associates -

Switzerland

- Chun-hong H., Ming Z. (2008) Construction of Collaborative Virtual Learning Communities in Peer-to-peer Networks. *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*. Vol.2. Pages 305-308. ISBN:978-0-7695-2994-1
- Goldberg A., Robson D. (1989) *Smalltalk-80 The Language*. ISBN 0-201-13688-0. - Published by Parc Place Systems and Xerox PARC. Addison Wesley Publishing Co.
- Lombardi, J., Lombardi, M. (2010) Opening the Metaverse. *Online Worlds: Convergence of the Real and the Virtual*. William Sims Bainbridge (Ed). Springer - Human Computer Interaction Series. 111-122.
- McCahill, M., Moore, P., Wendland, L., Zampogna, A. (2006) Extending Croquet Spaces with Vector Fields, Vehicles and Virtual Presence. 06: *Proceedings of the Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. 68-72. ISBN 0-7695-2563-6 IEEE Computer Society.
- McGeer, R., Raab, A., Reed, D., Smith, D., Kay, A. (2006) Scalability of Collaborative Environments. 06: *Proceedings of the Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. 168-174. ISBN 0-7695-2563-6. IEEE Computer Society.
- Smith, D., Raab, A., Ohshima, Y, Reed, D., , Kay, A. (2005) Filters and Tasks in Croquet. 05: *Proceedings of the Third International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. 50-56. ISBN:0-7695-2325-0 IEEE Computer Society.
- Stearns, H., Gargus, J., Schuetze, M., Lombardi, J. (2006) Simplified Distributed Authoring Via Component-based Object Construction and Deconstruction in Collaborative Croquet Spaces. 06: *Proceedings of the Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. 79-87. ISBN 0-7695-2563-6. IEEE Computer Society.
- Warburton, S. (2009) Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching . *British Journal of Educational Technology*. - Vol. 40 No. 3 - 414 – 426

11TCE. LA ARGUMENTACIÓN EN QUÍMICA: UNA ESTRATEGIA PARA EL AULA

Clavijo, Silvia¹ Catalán, Lidia¹, Musale Cecilia¹

*¹Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Yrigoyen 375, Argentina
lcatalan@fcai.uncu.edu.ar, scclavijo@fcai.uncu.edu.ar;*

Resumen: Las habilidades de argumentación incluyen identificar y analizar argumentos dentro de entornos de aprendizaje, así como construir argumentos. La argumentación en clases de Química puede contribuir a mejorar procesos de conceptualización por parte de los estudiantes. La mayoría de los estudiantes de enseñanza media que aprenden ciencias no dominan la construcción de argumentos y en general se ha comprobado que los alumnos tienen un nivel muy bajo de competencia argumentativa oral. En este trabajo alumnos de los últimos años del Profesorado Universitario de Química han realizado una propuesta didáctica tendiente a enseñar a argumentar conceptos de Química a alumnos de nivel medio. Se presentan tres modelos de argumentación elaborados por alumnos a quienes se ha enseñado a argumentar, y se analizan sus afirmaciones de conocimiento después de haber elaborado argumentos científicos dentro del campo conceptual de las uniones químicas.

Palabras Clave: argumentación, aprendizaje significativo, capacidades y habilidades, conceptualización.

1. Introducción

Es evidente que la competencia para comprender y poder seguir argumentos de naturaleza científica, es un aspecto crucial de la cultura científica. Si, como Norris y Phillips (2003) sostienen, la alfabetización en su sentido fundamental, significa comprender, interpretar, analizar y criticar los textos, el estudio de la argumentación y su construcción, deben ser consideradas una práctica pedagógica central dentro de la ciencia.

Desde hace varias décadas numerosos estudios han tenido como objetivo realizar el análisis de la argumentación y el discurso dentro de diferentes contextos escolares (Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl, Ellenbogen & Erduran, 1999; Forman, 1992; Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Kelly & Takao, 2002). Estos estudios han destacado el valor del discurso en la adquisición de conocimiento científico (Pontecorvo, 1987; Schwarz et al., 2003), y el desarrollo de hábitos de pensamiento dentro del ámbito científico. (Boulter & Gilbert, 1995; Kuhn, 1992).

La argumentación juega un papel central en la construcción de explicaciones, modelos, y teorías que los científicos emplean. (Toulmin, 1958). La argumentación es una habilidad cognitiva esencial pero también es una manera de funcionar de nuestra ciencia y tecnología, de nuestra cultura y sociedad.

La argumentación inductiva se fundamenta a partir de observaciones o evidencias específicas, de las cuales se deriva una conclusión, reafirmación o prueba de “verdad” con la que se aspira a convencer al lector u oyente. El modelo de Toulmin (1958), profundizado en Toulmin, Rieke & Janik (1984), se relaciona con las reglas de una argumentación en pasos, que pueden ser precisados en cualquier tipo de disciplina o espacio abierto a la disertación, al debate.

Mediante este modelo, los docentes pueden motivar a los estudiantes a encontrar la evidencia que fundamenta una aserción.

Desde el punto de vista de Toulmin (1958), un “argumento” es una estructura compleja de datos que involucra un movimiento que parte de una evidencia (ground o fundamento) y llega al establecimiento de una aserción (tesis o proposición). **Argumentar es ofrecer un conjunto de razones o de pruebas en apoyo de una conclusión.**

Una de las principales finalidades de enseñar a argumentar en las clases de ciencias es que el estudiante se implique en la toma de decisiones, que sea coherente con sus argumentos y, al mismo tiempo, tome conciencia de los procesos implicados en su elaboración. Por otra parte, uno de los retos en la enseñanza de las ciencias, y particularmente en el área de química, es que los estudiantes puedan aprender mediante la indagación. En los Estados Unidos los Estándares Nacionales de la Educación Científica definen a la indagación científica como: “Una actividad polifacética que implica hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones; revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales; utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados” (NRC, 1996, p. 23).

Martin-Hansen (2002) la define como “el trabajo que hacen los científicos cuando estudian la naturaleza, al proponer explicaciones que incluyan evidencias reunidas a partir del mundo que los rodea. El término también incluye las actividades de los estudiantes —tales como plantear preguntas, planear investigaciones y revisar lo ya conocido a la luz de la evidencia experimental—, lo cual es un reflejo de lo que los científicos hacen”. Para poder empezar a pensar como indagador, una de las capacidades a desarrollar es la argumentativa. Una de las actividades propias de la indagación es “Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación” (Garritz, Labastida, Espinosa y Padilla, 2009).

En física y química consideramos fundamental la característica de pensar según modelos, es decir, simplificando y modelizando los problemas. Es importante trabajar con datos experimentales y tener en cuenta las consecuencias que esto comporta, representar e interpretar los datos analizando los errores experimentales y la incertidumbre de los resultados. También es importante expresar las conclusiones de la forma más sencilla general, habitualmente utilizando el lenguaje matemático (Solbes, Ruiz, 2010).

En este trabajo reportamos los resultados que se obtienen cuando se aplica el modelo de argumentación de Toulmin (Toulmin, 1958), para enseñar a argumentar y analizar el discurso argumentativo de estudiantes de enseñanza media que son instruidos en la argumentación científica, por alumnos del profesorado de Química, durante clases en las cuales se trabaja dentro del campo conceptual de las uniones químicas.

2. Objetivos

-Indagar - a modo de estudio de caso- los argumentos que emplean un conjunto de alumnos al resolver diversas situaciones dentro del campo conceptual de las uniones químicas, luego de haber sido instruidos en la argumentación según seis etapas comprendidas en el modelo de argumentación de Toulmin (Toulmin 1958).

-Examinar, si el uso de un modelo de argumentación por parte de los estudiantes de ciencias, es útil para producir la reestructuración de sus conocimientos.

3. Metodología

Analizando la argumentación a partir del modelo de Toulmin

Toulmin (1958)⁷ describe una estructura mínima que debe verificar una argumentación, asumiendo que existen normas universales para construir y evaluar argumentos que están ligados a la lógica formal. Según el modelo de este epistemólogo, en una **argumentación** a partir de **datos** obtenidos o **fenómenos** observados, es posible llegar a una **conclusión** o **tesis** justificándola de forma relevante a partir de **garantías** o **razones fundamentadas** en el conocimiento científico consensuado. La afirmación de la conclusión puede apoyarse, en los **calificadores modales** y/o en los **refutadores**, y se recurre a ellos cuando no es posible aceptar una afirmación de manera concluyente; la aceptación, en estos casos, es provisional y depende de las condiciones en las cuales se realiza la afirmación.

También es posible que en una argumentación se recurra a la **f fuente** o **fundamentación**, que consiste en el empleo de conocimiento básico para asegurar las garantías. En general, el uso de la fuente quita fuerza argumentativa ya que, entre otros inconvenientes, pueden dar origen a ambigüedades (uso de frases como "es sabido que"; "como opina la mayoría, etc.). Describimos a continuación los elementos que hemos mencionado:

- **Garantía (Warrant):** es el principio general, la premisa mayor, los enunciados generales, de naturaleza formal, que permiten el paso de los datos a las conclusiones.
- **Apoyo o respaldo (Backing):** corresponde al **cuerpo de contenidos** desde donde emanan las garantías y que nos remiten a **investigaciones, textos, que nos permiten afirmar una garantía.**
- **Datos (Grounds):** son de orden empírico o factual, permiten la emergencia de una pretensión o conclusión.
- **Conclusiones (Claim):** son las pretensiones, demandas, o alegatos que buscan, entre muchos de sus posibles propósitos, posicionar una acción, una perspectiva.
- **Calificadores modales (Qualifiers):** son construcciones lingüísticas que permiten **atenuar** o destacar una pretensión.
- **Condiciones de refutación (Rebuttals):** son las circunstancias extraordinarias o excepcionales que pueden socavar la fuerza de los argumentos. (Toulmin, 1958)

El Modelo de Toulmin como medida de enseñanza y aprendizaje

La muestra estuvo conformada por 15 alumnos que asisten a clases de Química en el nivel medio. Los profesores encargados de enseñar el modelo de argumentación son alumnos del Profesorado Universitario, que realizan sus prácticas de residencia docente durante el último año de su carrera en escuelas de enseñanza media. Ellos instruyeron a los alumnos en el modelo durante sus prácticas de enseñanza de la química.

En relación a nuestro primer objetivo, el análisis de los conocimientos previos de los alumnos, pertinentes y necesarios para abordar el aprendizaje de los nuevos contenidos, se realizó mediante entrevistas durante las primeras etapas de la residencia docente. La determinación acerca de qué conocimientos incorporaron los alumnos sobre el tema luego de haber asistido a clases teóricas y de laboratorio, se realizó mediante el análisis de las argumentaciones de los alumnos sobre el tema "uniones entre átomos".

⁷ TOULMIN, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press, 1958.

Análisis de Argumentos para determinar conocimientos previos

- Argumentación completa: Se considera que la argumentación efectuada por los estudiantes es "completa" cuando se identifican los datos, la tesis y la garantía de manera explícita.
- Argumentación incompleta: Los argumentos incompletos son aquellos en los cuales, si bien los alumnos son capaces de identificar los datos y la tesis, la garantía a la que recurren aparece de manera implícita. En el discurso no científico suelen dejarse implícitas las garantías ya que pueden formar parte de un consenso. Sin embargo, cuando los alumnos argumentan en ciencia creemos que deben hacerse explícitas las leyes o principios involucrados.
- No existe argumentación: No se reconoce un argumento como tal, no solo cuando el principio o ley no aparecen en el argumento, o es incorrecto, sino cuando a pesar de poder identificarse los datos y la tesis, la garantía no figura de forma implícita o explícita.
- Argumentación correcta: las conclusiones son correctas cuando responden a la ley o fenómeno estudiado, de esta forma, al contar con una conclusión correcta el argumento es válido.
- Para comenzar la instrucción de un argumento, que será estructurado según el modelo de Toulmin, se pueden realizar al alumno una serie de preguntas que tienen como utilidad enseñarle a defender su proposición:
 - ¿Por qué puede afirmar esto? (en referencia a los datos)
 - ¿Puede esgrimir otros argumentos para apoyar su punto de vista?
 - ¿De dónde extrajo los datos que le permiten realizar ésta proposición en particular?
 - ¿Hay otros argumentos para lo que asevera?

4. Resultados y Discusión

En una actividad que forma parte de una clase práctica en el laboratorio donde se están estudiando las uniones químicas, se pide a los alumnos argumentar acerca de qué es lo que creen que es una unión química, a la luz de los datos experimentales.

Se presentan en los análisis correspondientes a tres argumentos requeridos realizados por los alumnos.

ARGUMENTO Alumno 1	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
<p><i>Dos o más átomos se unen entre sí formando una nueva sustancia química mediante una fuerza que llamamos unión o enlace químico. Esta unión tiene lugar siempre y cuando la nueva sustancia que se forma, se pueda producir según el número de oxidación que tengan los átomos. Cuando se forma una unión química estable, se libera cierta cantidad</i></p>	Datos (Grounds)	-La unión de dos o más átomos puede formar una sustancia química. -Cuando se forma una unión química se libera energía, denominada energía de enlace.
	Apoyo o respaldo (Backing):	En el argumento se menciona que las uniones químicas fueron estudiadas en sus comienzos por Lewis (1875-1946)
	Garantía (Warrant):	La fuerza que permite la unión de los átomos se denomina enlace químico. (Garantía explícita)

de energía, que se llama <i>energía de enlace</i> . Un químico llamado Lewis, estudió como se puede producir la unión entre los átomos.	Conclusiones (Claim):	Cuando es posible formar una unión química, ésta se produce con la liberación de energía, llamada energía de enlace.
	Calificadores modales (Qualifiers):	“Siempre y cuando...”
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	Esta unión tiene lugar siempre y cuando la nueva sustancia que se forma, se pueda producir según el número de oxidación que tengan los átomos.

ARGUMENTO Alumno 2	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
Se produce enlace entre dos átomos o entre más átomos cuando existe una fuerza que los atrae uno hacia el otro, que hace que permanezcan unidos para formar un compuesto.	Datos (Grounds)	Existe una fuerza que puede atraer dos o más átomos
	Apoyo o respaldo (Backing):	No se menciona explícitamente
	Garantía (Warrant):	Hay una fuerza responsable de mantener dos o más átomos unidos cuando se forma un compuesto
	Conclusiones (Claim):	Cuando dos o más átomos se unen se forma un compuesto químico
	Calificadores modales (Qualifiers):	No se observan
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	No se mencionan en el argumento

ARGUMENTO Alumno 3	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
Los distintos elementos químicos que conocemos por la Tabla Periódica, se unen, y forman las distintas moléculas que conocemos. Las estructuras que forman estos elementos cuando se unen, van a crear diferentes características en la materia, es decir, que propiedades tendrá. Entonces, la fuerza con que se unen los distintos elementos forma diferentes compuestos químicos. Los tipos de enlaces o uniones que se producen entre los	Datos (Grounds)	-Los elementos químicos pueden unirse entre sí. -las estructuras que formen esos elementos van a determinar las propiedades que tendrá la materia. -Dependiendo de la fuerza de la unión se forman diferentes tipos de compuestos.
	Apoyo o respaldo (Backing):	-Los elementos que pueden formar uniones químicas pueden ser encontrados en la Tabla Periódica.
	Garantía (Warrant):	Las distintas estructuras que forman estos elementos cuando se unen, van a crear diferentes

<p>átomos que se encuentran en la naturaleza pueden ser iónicos o covalentes o metálicos. Hay elementos en la Tabla que no se unen para formar compuestos, como los gases nobles.</p>		características en la materia, es decir, que propiedades tendrá. Garantía explícita
	Conclusiones (Claim):	La fuerza con que se unen los distintos elementos forma diferentes compuestos químicos.
	Calificadores modales (Qualifiers):	Es decir, ...
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	Hay elementos en la Tabla que no se unen para formar compuestos, como los gases nobles.

Analizando el texto argumentativo, podemos evaluar el tipo de argumentación esgrimido por el alumno, haciendo un análisis desde la garantía propuesta. Podemos observar que los argumentos de los alumnos 1 y 3 son argumentos de mayor complejidad a los esgrimidos por el alumno 2. Además la calidad de la garantía, explícita en ambos casos permite que el alumno pase de los datos presentados a la conclusión estableciendo un nexo que le permite plantear argumentos de refutación, indispensables en una argumentación completa.

Por otra parte, el argumento del alumno 2 no presenta registros que hagan referencia a condiciones de refutación, y la garantía esgrimida figura en forma implícita dentro de la estructura de su argumentación. Debemos tener en cuenta, que el análisis primario de los argumentos de los alumnos, nos permite inferir “qué” es necesario trabajar didácticamente con ellos en general; retomar y reflexionar sobre los temas teóricos ya vistos, para empezar a reestructurar el concepto de unión química del alumno 2, y de otros que presenten argumentos similares al elaborado por él, antes de abordar las uniones metálicas, covalentes o iónicas.

5. Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto, el modelo presentado, es útil para analizar y elaborar argumentos. Esto se puede comprobar en el ámbito de la enseñanza media, pues, para la enseñanza de la argumentación y la elaboración de argumentos el modelo es claro y estructurado de tal forma que hace fácil su asimilación. Esto significa que es posible, en estudiantes de Química de nivel medio, desarrollar la capacidad de argumentar en el ámbito científico mediante la aplicación del Modelo de Toulmin y evaluar los argumentos presentados, aspectos fundamentales en su formación, puesto que deben aplicar el conocimiento científico para resolver problemas de diversa índole, a través de propuestas que deben ser validadas y correctamente argumentadas. Además, el modelo presentado permite al docente conocer los conocimientos previos de sus alumnos, sus representaciones y también le informa si se ha producido una reestructuración de sus concepciones previas. El aprendizaje significativo se construye de manera evolutiva, involucra la participación en procesos en los cuales el diálogo, la discusión grupal y la cooperación son centrales para definir y negociar la dirección de la experiencia de aprendizaje. Y finalmente, el papel del docente como postulador de problemas favorece en sus alumnos de ciencias, la construcción del pensamiento crítico.

6. Referencias

- Ausubel, D. P.** (2002). Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. Ed. Paidós. Barcelona
- Duschl, R., Ellenbogen, K., & Erduran, S.** (1999, April). "Understanding dialogic argumentation". Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, Montreal.
- Garritz, Andoni** (2010) "La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre" *Educ. quí.*, **21**(1), 2-15, 2010. © Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X
- Garritz, A., Labastida, D.V., Espinosa, J.S. y Padilla, K.** (2009) "El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento de captura" *Memorias del Congreso Nacional de Investigación Educativa*, en Veracruz, Ver., México, 21 a 25 de septiembre de 2009.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R.** (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, **84**(6), 757–792.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M.** (2003). "How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy". *Science Education*, **87**, 224–240.
- Pontecorvo, C., & Girardet, H.** (1993). "Arguing and reasoning in understanding historical topics". *Cognition and Instruction*, **11**(3/4), 365–395.
- Sardá J., A. y Sanmartí Puig, N.,** (2000). "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias". *Enseñanza de las ciencias*, **2000**, *18* (3), 405-422
- Schwarz, B. B., Neuman, Y., Gil, J., & Ilya, M.** (2003). *Construction of collective and individual knowledge in argumentation activity. Journal of the Learning Sciences*, **12**(2).
- Simon, S., Osborne, J., & Erduran, S.** (2003). Systemic teacher development to enhance the use of argumentation in school science activities. In *J. Wallace & J. Loughran (Eds.), Leadership and professional development in science education: New possibilities for enhancing teacher learning (pp. 198–217). London & New York: Routledge Falmer.*

12TCE. ESTUDIO PROBABILÍSTICO DE FALLOS: APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA AUTOMÁTICA PARA SU PREDICCIÓN - FASE I

ING. ABET JORGE EDUARDO ⁽¹⁾⁽²⁾, ING. CARRIZO BLANCA ROSA ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾, ING. CORSO CYNTHIA LORENA ⁽¹⁾⁽³⁾, ING. GUSTAVO GONZÁLEZ ⁽²⁾⁽⁴⁾, ING. NACUSE OSCAR ⁽¹⁾⁽²⁾.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba

⁽¹⁾ Dpto. Ingeniería Industrial

⁽²⁾ Dpto. Ingeniería Mecánica

⁽³⁾ Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información. Instituto Universitario Aeronáutico

⁽⁴⁾ Centro de Investigaciones Aplicadas

jabet@industrial.frc.utn.edu.ar

bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar

cynthia@bbs.frc.utn.edu.ar

gonzalez@scdt.frc.utn.edu.ar

onacuse@industrial.frc.utn.edu.ar

Resumen: Este trabajo de investigación tiene el objetivo de exponer la aplicación de una técnica de Minería de Datos o Minería de Datos basada en un enfoque orientado a la resolución de un problema mantenimiento mediante el software Weka, utilizando como estrategia de resolución el algoritmo A priori. (Cruz, Barr, Casado. 2008)

El mantenimiento moderno implica el despliegue de la Ingeniería de Fiabilidad que se relaciona con el estudio de la vida y de los fallos de los equipos.

En la actualidad se requiere dominar o conocer las causas por las que los dispositivos envejecen y fallan. Para sustentar estos conocimientos se aplican principios científicos y matemáticos. (Mora, 2009)

Este trabajo pretende contribuir a concientizar sobre la importancia automatizar la gestión de mantenimiento, que facilite la detección temprana de los fallos en los dispositivos, lo cual ayudará a la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos; con la finalidad de aumentar la vida útil de los mismos y/o limitar las consecuencias adversas de los fallos para mejorar su fiabilidad, especialmente en lo referido a servicios.

Mediante la utilización de estas herramientas se optimiza la gestión de mantenimiento y/o se generan nuevas oportunidades de negocio para la Empresa.

Palabras Clave: *Mantenimiento, Predicción de Fallos, Minería de Datos, Algoritmos, Weka.*

1. Introducción

El objetivo de esta propuesta es considerar las potencialidades que ofrece el análisis de datos mediante la aplicación de técnicas de Minería de Datos para generar conocimiento aplicable a las tareas de mantenimiento en un proceso industrial.

Para ello, se unen dos disciplinas que se relacionan entre sí a través de su vinculación en un proyecto de investigación (PID VAPRC0778) denominado “Estudio probabilístico de Fallos, uso del DataminiG y Datawarehouse para su aplicación al Mantenimiento”.

El uso de la tecnología de la información se ha acrecentado y actualmente los Sistemas de Información para el control y planificación del mantenimiento son de uso frecuente.

El creciente desarrollo tecnológico ha permitido la expansión del uso del Almacén de Datos y de la Minería de Datos en unidades de negocios donde hace algunos años no era de uso frecuente y accesible.

De esta manera, herramientas de Minería de Datos, basadas en el uso de software libre o propietario, han facilitado la detección y análisis de las causas referidas al comportamiento del patrón de los reportes de servicios de mantenimiento. (Hernández Orallo, Ramírez Quintana, Ferri Ramírez, 2007).

Independientemente del proceso de selección del motor de Base de Datos, se analizó y consensuó una metodología de trabajo estándar para el diseño de una Almacén de Datos, el cual pueda ser utilizado como modelo de referencia para el análisis de fallos en el área mantenimiento para industrias del medio (autopartistas, alimenticias, electromecánicas, entre las seleccionadas).

2. Objetivos

El objetivo del Almacén de Datos es agrupar los datos con el propósito de facilitar su posterior análisis, con acceso de manera simplificada.

“Un Almacén de Datos es una colección de datos orientados a temas, integrados, no-volátiles y variante en el tiempo, organizados para soportar necesidades empresariales”.

“Minería de Datos es el proceso de descubrir patrones de información interesante y potencialmente útiles, inmersos en una gran Base de Datos en la que se interactúa constantemente”. (Hernández Orallo, Ramírez Quintana, Ferri Ramírez, 2007).

Por ello, la Minería de Datos surge como una tecnología que intenta ayudar a comprender el contenido de una Base de Datos. Es decir que, se trabaja buscando patrones, comportamientos, agrupaciones, secuencias, tendencias o asociaciones que puedan generar algún modelo que permita comprender mejor el dominio para ayudar en una posible toma de decisión.

En el caso bajo estudio, que es una empresa autopartista, la etapa de modelado de datos insumió largos periodos de investigación, relevamiento y análisis de datos y estrategias de cuál era la mejor opción a elegir.

Aquí se presentaron problemas referidos a los soportes lógicos que debieran haberse conservado históricamente para su registro, dado que los mismos procedían de distintas fuentes (planilla de cálculo, otras bases de datos, por ejemplo), y exigieron un tratamiento especial previo a la migración de los datos al Almacén de Datos.

Una vez concluidas estas etapas referidas al diseño del modelo de Almacén de Datos, se inició la etapa de análisis en cuanto a qué herramientas no permitirían acceder a dicho modelo para realizar inferencias sobre los datos cargados y/o migrados oportunamente.

Inicialmente se utilizaron, para las tareas de Minería de Datos, lenguajes de consulta estructurados estándar, basados en el álgebra relacional y en el cálculo diferencial, que permitieron realizar interesantes inferencias referidas al análisis de fallos.

En una instancia posterior, se aplicaron técnicas de Minería de Datos basado en el uso de un software denominando Weka; que es considerado una magnífica suite de Minería de Datos de libre distribución y es una colección de máquinas virtuales para implementar algoritmos para tareas de análisis de datos. (Basilio Sierra Araujo, 2006).

A través de la aplicación de esta herramienta se pudieron inferir los siguientes resultados: falta de entrenamiento en usuarios, fallos intrínsecos en los equipos y/o dispositivos y malas políticas en el establecimiento de la frecuencia del mantenimiento programado.

3. Metodología

3.1. Caso de Estudio: Industria autopartista

El mantenimiento moderno implica en forma creciente, el uso de técnicas que permitan predecir fallos y este trabajo demuestra la conveniencia de usar la Minería de Datos para explotar la Fiabilidad de los Sistemas y de la maquinaria.

La condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas a evaluar que sean bien precisos, lo cual permitiría cálculos “exactos y absolutos”.

Sin embargo, desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

La cantidad de información cotidiana disponible en un servicio de mantenimiento implica medios de recolección de datos, almacenamiento y tratamiento que solo lo permite un soporte informático.

Estos Sistemas contienen también reglas y procedimientos del dominio de aplicación, que son necesarios para la solución del problema. El conocimiento se almacena para su posterior tratamiento simbólico.

Se entiende por tratamiento simbólico a los cálculos no numéricos realizados con símbolos, con el fin de determinar sus relaciones. (García Morate, 2006).

En este análisis de caso, se resuelve un problema de asociación usando el algoritmo A Priori, utilizando el software Weka.

El trabajo se focaliza en una empresa local perteneciente al rubro metal mecánica. Esta empresa ha expuesto como problemática la alta frecuencia de los reportes de mantenimiento correctivo en las máquinas relacionadas con los diversos sectores involucrados en el sector productivo.

En muchas ocasiones se evidencian reportes de mantenimiento correctivo, en el cual el fallo reportado no era real.

De esta forma las consecuencias que este hecho genera son varias y de importancia significativa, una de ellas es el tiempo de paro de las máquinas para su inspección por parte del personal de Mantenimiento. Esto genera una pérdida de tiempo en la línea de producción, lo cual hace disminuir la productividad de la empresa.

Otro aspecto relevante es relacionado con el personal afectado a las tareas de Mantenimiento, lo cual hace que los recursos humanos de esta área tengan un sobre trabajo sobre reportes de mantenimientos que en muchos casos no son reales.

El objetivo de este trabajo es extraer información significativa representada como reglas de asociación, la elección de esta técnica se fundamenta en que el objetivo perseguido no es la precisión en la predicción, como ocurre en reglas de clasificación, sino se desea hacer énfasis en aspectos como la comprensibilidad e interés de la información extraída.

La técnica de minería de datos (Asociación) seleccionada nos permitiría resolver esta problemática y la posibilidad de extraer un conjunto de reglas de asociación, que dado un atributo especial determine las características que definen a los reportes de mantenimiento correctivos generado en las áreas relacionadas con el proceso de producción. Por la importancia de la comprensibilidad de los resultados obtenidos y la existencia de variables continuas se ha elegido como herramienta de representación del conocimiento las reglas de asociación. (Mora, 2009)

Uno de los objetivos que persiguen estas técnicas para identificar reglas de asociación es encontrar los itemsets frecuentes, es decir aquellos conjuntos de ítems que se dan más de una cantidad dada de veces, conocida como *mínimum support count* y a partir de este concepto generar reglas de asociación a partir de los itemsets frecuentes.

La implementación de esta técnica de minería aporta información relacionada con aquellos factores (atributos) considerados, que tienen mayor incidencia en el reporte de fallos en las maquinarias.

La herramienta seleccionada para la implementación del algoritmo de asociación está basada en el paradigma software libre, y dispone de un conjunto de funciones como tareas de pre procesamiento, clasificación, agrupamiento y asociación. (Basilio Sierra Araujo, 2006). El principal algoritmo de asociación es el “A priori”, el cual permite buscar reglas únicamente entre atributos simbólicos, razón por la cual previamente se debe haber discretizado todos los atributos numéricos.

Las ventajas que caracterizan a este algoritmo es que es uno de los más usados dentro de este tipo de análisis, además ha demostrado eficiencia para grande volúmenes de datos.

La sintaxis de las reglas que se obtienen tiene la siguiente forma:

- **Si** condición **entonces** resultado

La estructura de las reglas de asociación:

- $P_1 \square P_2 \square P_3 \square \dots \square P_m \square C_1 \square C_2 \square \dots \square C_n$

Donde: cada **P_i**: es el antecedente de la regla y cada **C_j**: el consecuente de la regla.

La importancia de estas reglas es que nos permite conocer la relación entre un conjunto de datos; el poder contar con esta información permite a nivel de empresa tomar decisiones estratégicas.

La fuente de datos que se dispone proviene de una planilla de cálculo, tiene 300 filas y contiene información histórica de los reportes de mantenimientos efectuados en el período 2008-2010.

De esta información disponible hay muchos atributos que no consideramos relevantes para nuestro estudio, y otros atributos cuya naturaleza son continuos.

Para cumplimentar este objetivo usaremos el filtro a nivel de instancias que dispone este software que es Discretize. (Basilio Sierra Araujo, 2006).

Este filtro discretiza un conjunto de valores numéricos en rango de datos. Como parámetros toma los índices de los parámetros a discretizar y el número de particiones en que queremos que divida los datos. En el caso de delegar la responsabilidad a la herramienta para la generación de las particiones teniendo en cuenta la frecuencia de los datos podemos seleccionar la opción useEqualFrequency. En el caso de nuestro estudio utilizaremos la opción MakeBinary que nos permite convertir los atributos en binario.

A continuación en la siguiente tabla exponemos los atributos considerados para la implementación del algoritmo de asociación.

<i>Atributo</i>	<i>Valores posibles</i>
<i>sector</i>	<i>(0=Preparación, 1=Producción, 2=Embalaje)</i>
<i>errorUsuario</i>	<i>(0=True, 1=False)</i>
<i>horario</i>	<i>(0=Mañana, 1=Tarde, 2=Noche)</i>
<i>falloReal</i>	<i>(0=True, 1=False)</i>
<i>mantProg</i>	<i>(0=True, 1=False)</i>

Tabla1: Atributos considerados para la implementación de algoritmo A Priori

En la siguiente sección se muestra la estructura de los datos que se debe respetar para que pueda ser leída por la herramienta.

Otra alternativa, con un mayor costo de trabajo es, en primera instancia discretizar los atributos que se necesarios y posterior migrar a una Base de Datos por ejemplo MySql.

```
%Autor: Mantenimiento
@relation fallos
@attribute sector{0,1,2}
@attribute errorUsu{0,1}
```


@attribute horarioFallo{0,1,2}

@attribute falloReal{0,1}

@attribute mantProg{0,1}

@data

1,0,0,0,1

0,1,1,1,1

0,0,1,0,1

1,0,1,1,0

2,1,1,1,0

1,1,1,0,0

0,1,0,0,0

0,1,0,1,0

1,1,1,1,0

2,1,1,0,0

0,1,0,1,0

1,1,0,1,0

Una vez cargados la fuente de datos a la herramienta, se procede a la aplicación del algoritmo de asociación A Priori en el entorno de trabajo.

Algunas de las propiedades que se pueden configurar de este algoritmo son:

- **classIndex:** indica el índice del atributo de clase considerado. Si es configurado con el valor -1, el último atributo de la clase es considerado como el atributo de la clase.
- **delta:** iterativamente decrece el soporte por este factor. Reduce el soporte hasta que soporte mínimo se alcance, o el número requerido de reglas ha sido generado.
- **lowerBoundMinSupport:** valor de cota inferior para la métrica soporte mínimo.
- **metricType:** asigna el tipo de métricas para la generación de las reglas de asociación. Algunos de las métricas posibles y más usadas es la Confianza, que representa la proporción de los ítems que son cubiertos por la premisa que también son cubiertos por el consecuente.
- **numRules :** número de reglas de asociación a obtener.
- **removeAllMissingCols:** elimina las columnas que tiene valores faltantes.
- **minMetric:** resultado mínimo de métrica. Considera solo las reglas de asociación superior a este valor.
- **outputItemSets:** si esta opción está habilitada permite mostrar el conjunto de items en la salida del modelo.
- **significanceLevel:** nivel de significancia. (métrica de confianza).
- **upperBoundMinSupport:** Limite superior para soporte mínimo. Comienza iterativamente disminuyendo el soporte mínimos desde este valor.

En este estudio se ha dejado la gran mayoría de los parámetros por defecto, excepto que hemos configurado el número de reglas por defecto es 10 y hemos configurado 15.

Teniendo en consideración las reglas generadas por este algoritmo, podemos extraer algunas inferencias que nos permitan determinar cuáles son los atributos que tienen un mayor grado de relación o incidencia con el reporte de los mantenimientos correctivos.

Para el análisis de las reglas de asociación, consideramos la primera regla de asociación generada:

1. sector=1 errorUsu=1 30 ==> mantProg=0 30 conf:(1)

En la parte derecha encontramos la cobertura de la regla (30), este valor indica que la cantidad de instancias que están cubiertas por esta regla, que en este caso son 30 registros. Al final de la regla se expresa una métrica que es la confianza de la regla (conf:(1)), que más adelante detallamos que representa la misma.

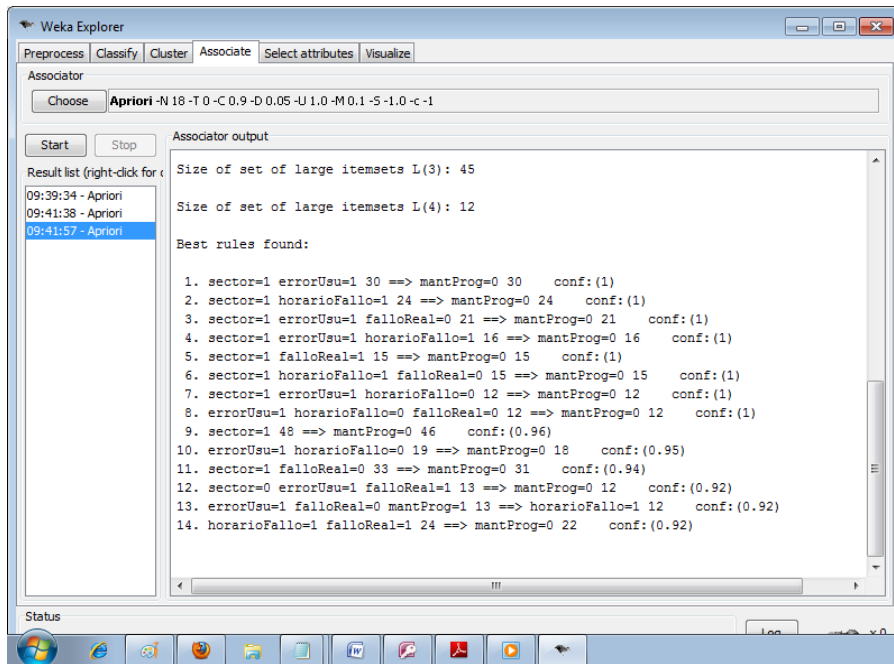


Figura 2: Weka: implementación del algoritmo A Priori.

La calidad de las reglas de asociación está determinada por dos métricas que son: Soporte y Confianza.

Soporte: es el porcentaje de itemsets que están contenidos tanto la condición como en el consecuente. Esto es, porcentaje de transacciones donde la regla es cierta.

Confianza: Es la probabilidad de que se encuentre un registro o instancia en el consecuente dada la condición (precedente). El valor de máxima confianza es 1.

4. Resultados Obtenidos

Surgen de la interpretación de las reglas de asociación más significativas, que se detallan a continuación: (Cruz, Barr, Casado, 2008).

Regla 1: Se interpreta de la siguiente manera: De los registros reportados de incidentes en las maquinarias, lo que provienen del sector Producción y cuyo fallo es responsabilidad del usuario, tenían un plan de mantenimiento programado.

Regla 2: De ella se infiere que los registros reportados de incidentes en las maquinarias, lo que provienen del sector Producción y cuyo turno es turno Tarde, tenían un plan de mantenimiento programado.

Regla 3: De ella se interpreta que los incidentes reportados en las maquinarias que provienen del sector Producción y cuyo error de usuario es no se debe a una razón humana pero era un fallo real, tenían un plan de mantenimiento programado.

Regla 8: De ella se interpreta que los reportes de los fallos que no son responsabilidad del usuario se concentran en el horario de la mañana y cuyo fallo es real existía una planificación de mantenimiento programado para esa maquinaria.

Regla 9: En el sector de la empresa que se concentran los reportes de fallos es en el área de producción, pero en esos casos existía un plan de mantenimiento programado.

Regla 13: Los reportes de fallos da maquinarias que no son responsabilidad del usuario y es una falla real no y existía un plan de mantenimiento programado se concentran el horario de trabajo del turno tarde.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos, mediante la aplicación de técnicas de Minería de Datos, permiten detectar no solo anomalías en los fallos fácilmente reconocibles sino también relacionar atributos sin conexión, a priori, entre ellas.

Las salidas de información (outputs) pueden comunicarse en formatos tradicionales (presentaciones, informes, información electrónica compartida, embebidos en aplicaciones, etc.) para guiar la estrategia y planificación de la gestión de mantenimiento de la empresa.

Por ello, el Minería de Datos como proceso de descubrimiento de información, facilita a un usuario (analista) formular consultas específicas; a fin de que el sistema convalide o desmienta las hipótesis según datos; automatizando cada vez más el proceso de decisión en sí mismo, haciendo que las futuras herramientas de descubrimiento detecten las relaciones y generen esencialmente las hipótesis dirigidas a garantizar la operatividad continua y mantenibilidad de los equipos y sistemas que dan apoyo a la gestión de mantenimiento en los procesos de negocios de las Pymes.

6. Bibliografía

- Basilio Sierra Araujo. (2006). “Aprendizaje automático: conceptos básicos y avanzados. Aspectos prácticos utilizando el software Weka”. Prentice Hall. ISBN: 84-8322-318. Año 2006.
- Cruz, Barr, Casado. (2008). “Evaluación de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo usando Técnicas Agrupamiento”.
- García Morate Diego (2006). “Weka Tutorial”.
- Hernández Orallo José, Ramírez Quintana Ma. José, Ferri Ramírez César. (2007). "Introducción a la Minería de Datos". Ed. Pearson. 2007.
- Mora Luis Alberto. (2009). “Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control”. Ed. Alfa Omega. Año 2009.

13TCE. TRAYECTOS CURRICULARES DE CAPACITACIÓN Y DE POSGRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

SCOTTA V., MARCHISIO S., JUÁREZ S., FERRARA S.

1 **Escuela de Posgrado y Formación Continua. Departamento Educación a Distancia - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario**

Resumen: En el año 2004, el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) elaboró y aprobó, la declaración conocida como la “declaración de Horco Molle” en la cual se afirma que: “los altos niveles de pobreza y de población socialmente excluida en la Argentina, así como la imperiosa necesidad de reconstruir la economía y los lazos sociales, constituyen una dimensión fundamental que debe incidir con particular énfasis en la definición de políticas educativas, científicas y tecnológicas para los próximos años. Al respecto, la universidad debe incrementar su contribución al cambio socioeconómico, con justicia social e igualdad de oportunidades y promover un proyecto de desarrollo sustentable”.

Es por ello, que, anclados en los objetivos enunciados, nuestra universidad, en particular la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, asumió como desafío, entre otros, mejorar las condiciones y estrategias institucionales para facilitar el tránsito del nivel medio a la universidad, así como los procesos de aprendizaje, la calidad de la formación y el progreso en los estudios y su posterior graduación. En este sentido se han implementado los Trayectos Curriculares, pensados como procesos de inclusión gradual, de capacitación, y no como instancias únicas y determinantes de incorporación a la vida universitaria o exclusión de la misma. En el marco de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la FCEIA, se pensó en una instancia de capacitación que cubriese los requerimientos de quienes, sin poder o pretender acceder a los estándares de las carreras de posgrado, necesitaran especializarse en temáticas vinculadas a su desempeño laboral o profesional. Dichos estándares están establecidos por el Ministerio de Educación de la Nación y la Secretaría de Políticas Universitarias.

Concebimos los “Trayectos Curriculares” (TC) como conjuntos interrelacionados de actividades curriculares en torno a un eje temático que corresponde a intereses de la práctica profesional y/o fundamentación teórica, que tienen como finalidad la actualización, la capacitación y el perfeccionamiento.

La Escuela de Posgrado y Educación Continua brinda dos tipos de trayectos:

- Trayectos curriculares sistematizados de capacitación (pregrado)
- Trayectos curriculares sistematizados de posgrado

Ambos propenden a una visión multidisciplinaria de las necesidades de formación de profesionales y no profesionales, generando una nueva oferta de formación académica, acotada a intereses específicos que permitan al alumno articular conocimientos y prácticas. Se componen de al menos tres actividades curriculares articuladas, entre otras: cursos, seminarios, talleres, laboratorios, trabajos de campo, prácticas.

La modalidad de dictado puede ser también, semipresencial o a distancia, con la inclusión de módulos de aprendizaje que se basan en la utilización de distintas metodologías, recursos tecnológicos y materiales didácticos (exposiciones virtuales, videoconferencias, materiales impresos, materiales audiovisuales, foros virtuales de discusión etc.). Con la incorporación de las TICs nos sumamos a otro de los desafíos de la declaración: la democratización del conocimiento y el acceso equitativo a las nuevas tecnologías digitales, afianzando una universidad inclusiva, articulada con las capacidades y necesidades de los actores socioeconómicos y en pos del desarrollo sustentable regional.

En el presente trabajo se describen los trayectos vigentes en el ámbito de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, (FCEIA), perteneciente a la UNR, y sobre todo de aquellos que fueron pensados como programas flexibles de capacitación sistematizada, cuyo propósito fundamental es otorgar herramientas de inclusión y acceso equitativo al mundo del empleo.

1. Desarrollo

a-Desde dónde pensamos la conformación de los trayectos curriculares (TC)

Según Prieto (2004) “el concepto de formación esta ligado a un proceso de interpretación que permite comprender la realidad, desarrollarse como persona, comprender por sí mismo y transformar la información”. La formación engloba el entrenamiento, la capacitación y el desarrollo.

Para Ander Egg (1997), según el diccionario pedagógico, este término hace referencia a la adquisición de conocimientos, actitudes, habilidades y conductas las que están asociadas al ambiente técnico-profesional (preparación para un tipo particular de actividad) o para el conocimiento de ciertas disciplinas.

Los trayectos curriculares sistemáticos dentro de nuestra facultad han sido pensados y elaborados para brindar una formación integral y continua.

La sistematización de la propuesta educativa se centra en el plan de estudios, toma la dimensión de la planificación como un elemento que permite minimizar los problemas y maximizar los resultados y refuerza el diagnóstico como medio de información que determina identificar las necesidades y potencialidades, dando prioridad a los requerimientos sociales.

Nos centramos en la acción educativa de corta duración, dirigida a brindar al que participa, sin distinción de edad o género, con habilidades previas obtenidas de una formación básica o adiestramiento empírico, la posibilidad de completar, actualizar, especializar, perfeccionar o reconvertir sus conocimientos y habilidades, a través de una práctica intensiva y complementación teórica, orientados hacia las necesidades ocupacionales y profesionales de los sectores económicos y sociales.

Es la capacitación, entonces, una meta que se propone la institución para que los egresados puedan alcanzar el dominio del conocimiento, las habilidades y, yendo más allá y ampliando el concepto, desarrollen la creatividad y el aprendizaje colaborativo.

b-¿Cómo abordamos en nuestra institución los TC?

Los trayectos curriculares sistemáticos se presentan como ofertas educativas que están orientadas hacia un campo profesional determinado y complejo, por lo que requiere del dominio de ciertas competencias profesionales, las que pondrá en juego en situaciones reales del mundo del trabajo. El trabajador técnico-profesional se enfrenta día a día y de manera creciente con situaciones cotidianas que le demandan poner en acción competencias configuradas en capacidades complejas. Éstas se construyen desde un abordaje multidisciplinario, intentando disminuir así la diferencia entre el “saber hacer” (que se exige desde el campo profesional y técnico) y el “saber” y el “hacer”, que en el proceso de enseñanza y aprendizaje se encuentran fragmentados (Tejada Fernández, 2005). El diseño curricular para los trayectos es flexible y abierto, posibilitando a la institución adecuarse de forma continua a la realidad, mediante el abordaje de nuevas capacidades, la actualización y selección de contenidos, teniendo en cuenta el avance tecnológico y el contexto productivo inmediato y regional. Esta característica debe contribuir a una

formación básica y sólida, propia de cada campo técnico-profesional, otorgando al egresado herramientas conceptuales, procedimentales y actitudinales que le permitan seguir formándose, con un proyecto de vida en permanente construcción.

El diseño de los trayectos se fundamenta en competencias y aptitudes básicas propias para que el egresado se desempeñe en el mundo del trabajo. Se puede destacar el desarrollo de:

- La capacidad crítica y de diagnóstico.
- La capacidad creativa e investigadora.
- La capacidad para el trabajo colaborativo.
- La capacidad y actitud positiva ante la innovación y el adelanto tecnológico.
- Una actitud científica en el acercamiento para la toma de decisiones y la resolución de problemas.
- La comprensión de criterios de adaptación a nuevos sistemas de organización del trabajo.
- El abordaje de una formación permanente para elevar las posibilidades de reconversión y readaptación técnico-profesional.

c-Los trayectos curriculares que en la actualidad se desarrollan en nuestra institución

- Trayectos curriculares de pregrado (capacitación)

*Ingeniería de las Organizaciones y Conducción de los RRHH.

*Jefatura, Supervisión y Coordinación en la Administración Local

- Trayectos curriculares de posgrado

* Accidentología Forense Vehicular

* Tratamiento de Aguas y Efluentes

* Ingeniería de las Organizaciones y la Conducción de los RRHH

* Seguridad Vial y Prevención

* Management de Emprendimientos Inmobiliarios

* Elementos Finitos y Medios Continuos

Los mismos fueron diseñados para posibilitar la articulación entre el mundo del trabajo y la Universidad, pensando en una herramienta que, además de dar la capacitación específica, le otorgara una certificación de la misma. Tal acción se orienta a contribuir a elevar la autoestima del trabajador: ...“fui a la Universidad y obtuve un diploma de capacitación que da cuenta de mis logros”... Pero a su vez, esta modalidad, otorga a las empresas y/o instituciones gubernamentales un valor agregado: pueden certificar la capacitación de su personal por parte de la Universidad.

Describimos aquí algunos de ellos:

1- Trayecto Curricular en Mantenimiento de plantas industriales:

Diseñado para el personal operario que se incorporaría a la planta termoeléctrica General San Martín, ubicada en la localidad de Timbúes, provincia de Santa Fe. Los contenidos incluyeron asignaturas como matemáticas, instalaciones eléctricas, higiene y seguridad, inglés, entre otras. Los operarios que obtuvieron mayor calificación viajaron a Alemania para perfeccionarse.

2- Trayecto Curricular en Hidráulica Básica

Este trayecto fue pensado como una Formación de Formadores, destinado a supervisores de la planta SIPAR GERDAU, ubicada en la localidad de Pérez, provincia de Santa Fe. Se confeccionó para ello una guía didáctica que serviría como apoyo para la transmisión de conocimientos de los supervisores a los operarios.

3- Edificios y construcciones para plantas de acopio y acondicionamiento de cereales y oleaginosas

Estuvo destinado a alumnos de posgrado y responsables de planta, jefes, gerentes y personal que se desempeñaban en áreas funcionales como: Procesos de acopio y acondicionamiento Higiene y Seguridad Medio Ambiente y a personas que desearan incorporarse a la actividad. El objetivo fue que pudieran conocer las características constructivas de plantas de acopio y acondicionamiento tal que resulten medioambientalmente aptas y seguras para el personal, como así también, adecuar instalaciones en funcionamiento. Para ello se desarrollaron algunos contenidos como: Disposiciones generales, ubicación, construcción. Unidades de almacenamiento (silos y celdas). Unidades de limpieza. Unidades de secado. Unidades de Transporte (transporte vertical y horizontal).

4- Jefatura, Supervisión y Coordinación en la Administración Local

La organización de dicho trayecto se llevo a cabo en forma conjunta con el sindicato de empleados municipales. Los destinatarios fueron personal de la Administración Local.

El curso se desarrollo en dos grandes módulos temáticos; Estado, Gobierno y Administración Pública, y el otro, la Organización Municipal en la Comunidad.

La propuesta se oriento hacia los siguientes propósitos:

- Capacitar en temáticas fundamentales para optimizar el desempeño de los/as agentes públicos pertenecientes a la Administración local.
- Conocer y aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones reales de trabajo.
- Propiciar la utilización de las ventajas del mundo académico en su acercamiento al mundo del trabajo.

5- Conectividad en Redes

En el marco del convenio con la empresa CISCO, la escuela de posgrado y educación continua (EPEC), brinda capacitación a los estudiantes para que sean capaces de realizar las siguientes tareas:

- Describir el propósito, la naturaleza y las funciones de un router.
- Explicar el rol crítico que cumple el router para permitir la comunicación a través de varias redes.
- Describir el propósito y la naturaleza de las tablas de enrutamiento.
- Describir cómo un router determina la ruta y conmuta paquetes.
- Explicar el proceso de búsqueda de rutas y determinar la ruta que los paquetes tomarán en una red.
- Configurar y verificar las operaciones básicas para un router recién instalado.
- Describir el propósito de las rutas estáticas y el procedimiento para configurarlas.
- Configurar y verificar el enrutamiento estático y predeterminado.
- Describir la función de los protocolos de enrutamiento dinámico y ubicar estos protocolos en el contexto del diseño de redes modernas.
- Describir cómo usan las métricas los protocolos de enrutamiento e identificar las clases de métrica que usan los protocolos de enrutamiento dinámico.

- Identificar las características de los protocolos de enrutamiento vector distancia.
- Describir el proceso de descubrimiento de red de los protocolos de enrutamiento vector distancia mediante el Protocolo de información de routing (RIP).
- Describir las características y funciones del protocolo RIPv1.
- Comparar y diferenciar el direccionamiento IP con clase y sin clase.
- Describir los comportamientos de enrutamiento con clase y sin clase en redes enrutadas.
- Diseñar e implementar un esquema de direccionamiento IP sin clase para una red determinada.
- Describir las características y funciones principales del Protocolo Enhanced EIGRP.
- Usar comandos de configuración avanzada con routers implementando EIGRP y OSPF.
- Describir las características y los conceptos básicos de los protocolos de link_state routing.
- Describir el propósito, la naturaleza y las operaciones del Protocolo Open Shortest Path First (OSPF).
- Configurar y verificar operaciones básicas de RIPv1, RIPv2, OSPF de área única y EIGRP en una red enrutada pequeña.
- Usar los comandos **show** y **debug** del router para resolver problemas de errores comunes que ocurren en redes enrutadas pequeñas.

Para llevar adelante los objetivos mencionados el TC está compuesto de cuatro cursos: Aspectos básicos de Networking (CCNA1), Conceptos y protocolos de enrutamiento (CCNA2), Redes inalámbricas y conmutación LAN (CCNA3) y Acceso a la WAN (CCNA4).

2. Resultados

Hemos encontrado respuesta permanente entre los diferentes actores que se nuclean para llevar adelante esta tarea: la de propender a una visión multidisciplinaria de las necesidades de formación de profesionales y no profesionales. Esto se ve traducido, año a año, en la demanda creciente en las diferentes ofertas educativas. La retroalimentación obtenida a través de encuestas a alumnos, solicitudes que se reciben en forma verbal, o vía correo electrónico, han sido tomadas en cuenta para accionar correctivamente y mejorar lo que es sugerido de corregir.

Nuestra calidad no solo se evidencia en las encuestas, sino también en el crecimiento que está experimentando la Escuela de Posgrado y Educación Continua, tanto en cantidad de carreras y programas de capacitación ofrecidos al medio como en la cantidad de alumnos. En este sentido cabe mencionar como algunos de los resultados de nuestras acciones en capacitación y Educación Continua:

-13 egresados del Trayecto Curricular en Hidráulica Básica, destinado a Supervisores de la empresa Sipar Gerbau.

-36 inscriptos y egresados en el Trayecto de Pregrado, Jefatura, Supervisión y Coordinación en la Administración Local

-10 egresados del Primer Tramo del trayecto Conectividad en Redes, concebido en esta instancia como taller de Formación de Formadores y en simultáneo como curso de capacitación en el marco del convenio CESSI y Ministerio de Trabajo, Programa Más y Mejor Trabajo.

-24 egresados del Trayecto Curricular en Mantenimiento de plantas industriales:
"Técnicas Básicas para el control y la gestión de Operaciones en Plantas Termoeléctricas"

Por otra parte, a los efectos de implementar estas actividades de capacitación, se suscribieron convenios con el Ministerio de Trabajo y con CILSA, cuyo propósito es brindar herramientas de inclusión a personas con capacidades diferentes.

Es de destacar que todos estos resultados trascienden la mera capacitación de las personas, ya que la organización y gestión de todas estas actividades surgieron de una interacción con las empresas y entidades intermedias. Se sentaron así también, canales de comunicación permanentes, a los efectos de promover y fortalecer la sinergia que la construcción del conocimiento y la transformación de la realidad, requieren.

Se intenta así, de algún modo, viabilizar la materialización de la dialéctica teórico práctica: Universidad, Sociedad, Empresa.

3. Conclusiones

La articulación institucional se muestra entonces como un concepto que expresa la posibilidad de aunar voluntades y experiencias. Se constituye en una herramienta para propiciar la producción de conocimientos y servicios que de manera autónoma serían muy difíciles de lograr, así como para proporcionar respuestas más efectivas a las necesidades sociales relacionadas con el desarrollo económico y con el mejoramiento de la calidad de vida. Se convierte en un mecanismo que actúa como facilitador de la cooperación por sobre la competencia, promueve acciones coordinadas y solidarias para dar respuesta a diversas cuestiones que impregnan la sociedad actual.

Pensamos que es posible acercar la Universidad a la Sociedad, pero no solo desde canales unidireccionales, como si la sociedad fuera mera depositaria de un constructo de conocimientos. La universidad, junto a la sociedad, debe pensar las herramientas que viabilicen la difusión de dicho conocimiento, como resultado también de esa interacción.

Nuestra misión es promover los canales de articulación y comunicación, es facilitar las alternativas de inclusión y equidad, es proporcionar una capacitación sistematizada, procesos de corta duración que no cubren los niveles de educación formal o tradicional (tecnicaturas, postítulos, grado y posgrado).

Todo lo anterior anclado en que somos absolutamente conscientes en que el conocimiento es el "valor agregado" que cualquier persona puede adquirir y que nadie le puede quitar.

Solo se requiere de voluntad política y decisión.

4. Bibliografía:

- ANDER EGG, E. (1997) Diccionario de Pedagogía. Magisterio. Argentina.

-<http://fceia.unr.edu.ar/posgrado>

-<http://fernandocarlos.com.ar/polimodal/queesttp.htm>

-PRIETO J. (1999) Centro Integral de Formación Profesional, Ciclos formativos, Boletín Informático.

- TEJADA FERNÁNDEZ, J. (2005) El trabajo por competencias en el prácticum VIII Symposium Internacional sobre Prácticum y Prácticas en empresas en la formación universitaria, Poio, 30 junio-2 julio 2005. Accesible desde <http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/poio-practicumii.pdf>

- Programa Más y Mejor Trabajo. Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la República Argentina. <http://www.trabajo.gov.ar/masymejor/index.asp>

14TCE. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA PROPUESTA CURRICULAR PARA FORMAR TÉCNICOS MEDIOS EN EL ÁREA INDUSTRIAL MENCIÓN ENERGÍA, EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS ROBINSONIANAS VENEZOLANAS

GUTIÉRREZ, T. ^a; MORLES, V. ^b

^a Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela.

e-mail: tomy.gutierrez@ciens.ucv.ve, tomy_gutierrez@yahoo.es

^b Comisión Central de Estudios de Postgrado, Universidad Central de Venezuela

Resumen: La propuesta surgió: 1) Por la crisis energética que se está generando a nivel mundial y 2) Por la falta de formación de talento humano, particularmente en el sector educativo técnico medio de Venezuela. Para ello, se abordó la problemática desde el método histórico-dialéctico, en el que las leyes generales del desarrollo de la sociedad, resulta de la observación y el razonamiento de las contradicciones del sistema social dominante. La propuesta, consiste en un plan de estudio abierto, que permite ser adaptado a las necesidades y particularidades de cada región, es decir, en él se considera la geopolítica del país y la transferencia tecnológica. Ejemplo de lo descrito, es que se considera la posibilidad de generar biocombustibles (gasolina E-15), a partir del desecho de la producción de azúcar, en ciertos estados del país. Para la validación de la propuesta de plan de estudio, se aplicó un instrumento de recolección de opiniones (entrevista semi-estructurada), a diferentes personalidades relacionadas con la temática. Resultando una total aceptación; asimismo manifestaron la necesidad de su aplicación.

Palabras Clave: Energía, Plan de Estudio, Currículum, Educación Técnica Media.

1. Introducción:

Los cambios profundos tanto económicos, como políticos y sociales que se requieren desarrollar, obligan a las organizaciones y/o instituciones nacionales a replantearse y reconsiderar nuevas perspectivas sobre el desarrollo del talento humano. El aumento de la competitividad, el rápido y creciente desarrollo tecnológico, las fuertes tendencias hacia la globalización del mercado, las nuevas características y tendencias demográficas, así como las exigencias de la fuerza laboral, impulsan a estas organizaciones a ser más innovadoras y a concentrar esfuerzos en la búsqueda de diferentes maneras de potenciar y convertir su talento humano en una relevante ventaja competitiva.

Esta nueva y cambiante situación, obliga a la gerencia de desarrollo humano de las organizaciones a trazar como meta primordial, garantizar que su personal tenga capacidad para adaptarse a los cambios sociales, económicos, políticos y educativos. Para ello, se necesita tener una visión estratégica que permita ver hacia el futuro, anticipando y planificando actividades para la satisfacción de esas necesidades.

Por ello, la formación de los futuros profesionales es una de las funciones que se le asigna al sistema educativo; eso supone una actividad previamente planificada para la cual se concibe el desarrollo adecuado y del ejercicio efectivo y racional de esos profesionales, para alcanzar las metas propuestas. Un paso importante dentro de la planificación en la formación de profesionales, es el conocimiento sobre el panorama de las necesidades de profesiones en Venezuela, su contemporaneidad, su vigencia, su aporte al desarrollo nacional, su nivel de calidad, su utilidad social, sabiendo exactamente el tipo de profesional que el país está necesitando y la problemática de la oferta y demanda en los distintos mercados de trabajo para su ejercicio.

En la actualidad, como hemos referido, en un mundo globalizado la sociedad del conocimiento se presenta con un elevado contenido técnico. Por ello, cada vez, es mayor el número de ocupaciones con elevado contenido tecnológico, transformando el modo de vivir y trabajar, el modo de aprender, descansar y organizar nuestro hogar, hasta llegar a como se debe curar las enfermedades.

El auge del desarrollo en las diferentes sociedades mundiales está directamente relacionado con el gasto y consumo de energía. Esta se encuentra presente en la totalidad de nuestras actividades cotidianas. Las máquinas, equipos, elementos o bienes que utilizamos han formado parte del proceso productivo de las sociedades. Encontramos que la energía resulta importante y relevante en los múltiples procesos tecno-industriales, en lo que se refiere a la aplicación de las nuevas tecnologías, localizada tanto en la sociedad actual, como en las futuras sociedades por devenir.

En este contexto, lo anterior nos conduce a desarrollar una propuesta de un diseño curricular en la formación de técnicos medios, con la especialidad industrial mención energía. Consideramos que la propuesta es importante, ya que su aporte contribuirá a revalorizar el papel de un profesional venezolano especializado y capacitado para desempeñarse en las labores que conduzcan a la participación del desarrollo industrial de Venezuela. Estos aportes incidirán directa e indirectamente en la calidad de vida de los ciudadanos.

Adicionalmente, contribuirá con una mejor orientación de futuros programas que se puedan implantar en las escuelas técnicas del país, asimismo el ajuste de los planes de estudio que se desarrollan hoy día en la educación media en particular, y en la educación en general.

La propuesta de un diseño curricular para la formación de técnicos medios en la especialidad industrial mención energía, puede ser utilizada en el proceso de la industria del petróleo, gas y petroquímica, en las mesas técnicas de los consejos comunales, en los complejos hidroeléctricos, como por ejemplo: la represa de El Gurí, en las obras del metro, en los proyectos de reciclajes de la basura, en las contralorías sociales de energía, y donde se requiera y ejecuten nuevas infraestructuras que puedan facilitar la mejor interconexión entre todos los puntos, antes planteados.

Debido a la importancia que tiene la energía, se plantea que la propuesta esté alrededor de la importancia que significa las escuelas técnicas, por cuanto es ahí donde se pondrán en práctica tendencias tecnológicas inherentes a la energía y todas sus aplicaciones.

La educación venezolana necesita enriquecer su talento humano, proporcionando alternativas de enseñanza-aprendizaje; se trata entonces de la adquisición y transmisión de conocimientos acordes con la dinámica y requerimientos sociales, que brindan la posibilidad de la independencia tecnológica y económica. Por lo tanto, entre los aportes que puede brindar esta propuesta, está el plan de estudio para la formación de técnicos medios en la especialidad industrial en la mención energía. Adicionalmente, esto contribuirá a la capacitación de jóvenes para el trabajo con conocimientos tecnológicos en el área energética.

El Estado Nacional viene planificando y desarrollando una serie de políticas educativas que deben ser ejecutadas por medio del Ministerio del Poder Popular para la Educación. Estas políticas se expresan en acciones que conducen hacia el desarrollo y la transformación de la sociedad venezolana; para así, mejorar las condiciones de vida del hombre.

Por otra parte, a lo largo de cuatro décadas se observó que las políticas en el área de la Educación Media, Diversificada y Profesional, perseguían la vinculación de una formación más efectiva del proceso educativo con el trabajo productivo, por lo que se planteó, a lo largo de estos años, las reestructuraciones de este nivel educativo. El propósito fue que los

egresados “técnicos medios”, puedan incorporarse al mercado laboral, sumado a la posibilidad de continuar estudios a nivel superior, siendo una estrategia para impactar, positivamente, sobre el aparato productivo nacional.

Las políticas educativas deben expresar las acciones a seguir en ese contexto, conduciéndose hacia el desarrollo y transformación de la sociedad, así como dirigir sus acciones hacia la descentralización administrativa de la educación técnica, impulsando una mayor participación con la comunidad.

Uno de los problemas que ha venido atravesando el sistema educativo venezolano, en los últimos años, lo constituye la falta de continuidad administrativa en las políticas educativas. Ello, debido a las características de nuestro sistema político, donde cada tendencia tiene su propio modelo y estilo de administrar sus políticas en el caso que nos ocupa, la educación.

Estos cambios, en los que se observa la heterogeneidad administrativa gubernamental, dan como consecuencia que los proyectos no culminen con éxito. Esto, constituye un factor perjudicial para un sector tan importante como la educación. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo formular una propuesta de plan de estudio para la formación de técnicos medios en el área Industrial con la mención energía, partiendo del análisis en los diferentes momentos históricos que ha tenido la educación técnica en Venezuela.

La metodología adoptada para realizar este trabajo, se basó en una investigación de campo de carácter descriptivo apoyadas en la investigación documental. El estudio documental estuvo conformado por Gacetas y documentos Oficiales, emitidos entre los años de 1962 hasta el 2007. La información recopilada, al respecto para el estudio descriptivo de campo, estuvo conformado por entrevistas realizadas a profesores que laboran en diferentes escuelas técnicas industriales. Para lograr el último punto descrito, se hizo necesario elaborar, previamente, un instrumento, que se validó por conocedores del área. El instrumento cumplió con la función de facilitar la recopilación, organización y sistematización de la información suministrada por los profesores entrevistados.

2. Objetivos:

- 1) Determinar la necesidad de la formación de técnicos medios en el área industrial en la mención energía, en el nivel de Educación Media, Diversificada y Profesional de Venezuela
- 2) Identificar la importancia del técnico medio en la mención energía en la industria venezolana
- 3) Diseñar y validar la propuesta de un plan de estudio, como parte del currículum, para la formación de los técnicos medios en el área industrial en la mención energía.

3. Metodología:

Diseño de la investigación

La realización del estudio se apoya en una investigación documental de campo. Según Balestrini, A. (2001) la investigación documental es:

aquella investigación donde los datos se obtienen a partir de la aplicación de las técnicas documentales, es decir, de informes y/o documentos de otras investigaciones, donde se recolectaron datos y/o fuentes documentales (p. 132).

Para desarrollar el presente trabajo se revisó los documentos oficiales, no oficiales, informes, revistas y libros relacionados accesibles para el estudio. Adicionalmente, afirmamos que la investigación es de campo, según lo establece Ramírez, T. (1999), donde indica:

la investigación de campo es aquella, que estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural (p. 76).

En este caso se visitaron los diferentes entes que están directamente relacionados con la formación de técnicos medios en el área industrial, a saber: Ministerio del Poder Popular para la Educación, Ministerio del Poder Popular para el Trabajo y Escuelas Técnicas Industriales.

En otro orden de ideas, recordemos que:

Un diseño de investigación se define como el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuado la correcta técnica de recolección de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos... el diseño de una investigación intenta dar una manera clara y no ambigua a las preguntas planteadas en la misma (Balestrini, A., 2001, p.131).

Nivel de la investigación

De acuerdo al problema planteado y objetivos de investigación, el estudio se puede ubicar dentro de una investigación descriptiva; Hernández y col. (1989), señala que ésta, *...orientan a determinar las propiedades importantes de personas, grupos o fenómenos con base en el análisis de la información obtenida sobre el objeto de estudio...* (p. 61).

Esto quiere decir, que se selecciona una serie de datos y se miden independientemente, para describir lo que se investiga.

Muestra

Se entiende por población o muestra, *“cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas características”* Balestrini, A., (2001).

En el caso de nuestra investigación referida al diseño de una propuesta para la formación de técnico medio mención energía, la población o universo en estudio estuvo constituido por algunos profesores relacionados con el área, específicamente Prof. Héctor Navarro ex-Ministro de Educación Cultura y Deporte y ex-Ministro del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología, Prof. Bernardo Ancidei Director General de Desempeño Estudiantil del Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior, Prof. Claudio Bifano Coordinador del Consejo Consultivo Nacional de Postgrado y Presidente de la Sociedad Venezolana de Química y el Prof. Miguel La Rosa, Asesor de la Dirección General de Pequiven-PDVSA.

Descripción del procedimiento

Fase 1: Exploración: se visitó varios centros gubernamentales e institucionales, tales como el Ministerio del Poder Popular para la Educación, Ministerio del Poder Popular para el Trabajo, las bibliotecas (UCV, UPEL, MSRAB) y las Escuelas Técnicas Industriales.

Fase 2: Desarrollo de la técnica: corresponde al desarrollo de la temática en estudio; la cual presenta los principales aspectos de carácter teórico que se relacionan con el tema de investigación.

Fase 3: Cuadro de variables: consiste en la operacionalización de las variables presentes en el estudio.

Fase 4: Contenido metodológico: es la organización de la información necesaria para la investigación, donde se señala que el diseño de la investigación es documental y de campo con carácter descriptivo. Además, se trabajó con una población o universo de profesores que forman parte del equipo del ámbito de educación y energía.

Fase 5: Elaboración y aplicación de los instrumentos de recolección de información: para registrar la información se utilizó como instrumento una matriz de registro y un guión de entrevistas.

Fase 6: Análisis de los resultados: la información recabada se clasificó en tablas.

Fase 7: Conclusiones: después de la clasificación y análisis de la información se realizan algunas reflexiones para sugerir algunas conclusiones.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Nos indica Sabino, C. (1992, p.172), que las técnicas e instrumentos de recolección de datos son los que nos permiten seleccionar, clasificar y organizar la información; de manera tal, que sean preparadas para su posterior análisis.

Para recopilar la información se utilizó una matriz de registro. Ello, para facilitar la elaboración del plan de estudio, como parte importante del currículum.

La técnica para el análisis de contenido se aplicó de la siguiente forma: se realizó un inventario de Gacetas Oficiales emitidos por el Ministerio de Educación desde 1962 hasta el 2007 (actualmente Ministerio del Poder Popular para la Educación).

Este inventario de Gacetas Oficiales se organizó cronológicamente, teniendo como encabezado el año de publicación. El propósito de este inventario fue identificar los datos hemerográficos de la documentación recopilada y su contenido, luego se analizó en el contexto. En este caso, después de haber analizado los documentos, se procedió a sintetizar las Gacetas Oficiales relevantes para nuestro estudio:

Se consideró la siguiente información suministrada por los documentos: 1) Fecha de publicación de la Gaceta Oficial, con referencia del día, mes y año, 2) Número del folleto de la Gaceta Oficial y 3) Número del Decreto o Resolución.

Tipo de autorización, según la publicación, ya sea un reglamento, plan de estudios, creación de áreas o especialidades, régimen de evaluación, reorganización de las escuelas técnicas, creación de las escuelas técnicas bolivarianas y creación de las escuelas técnicas agropecuarias productivas

Evaluación: en esta categoría se describe; si en una misma Gaceta Oficial se autorizan varias resoluciones.

Estas categorías son el producto de lecturas de documentos, y el establecimiento de una contribución de quien suscribe. El propósito de estas categorías fue, agrupar el contenido de los documentos para facilitar los aspectos en los cuales se enfocan los reglamentos y planes de estudios de las escuelas técnicas a nivel nacional.

Cabe destacar que las categorías se organizaron considerando la cantidad de Gacetas Oficiales y no al número de Decretos o Resoluciones ministeriales que aparecen en ellas, por lo que, si en una misma Gaceta Oficial, se publica la autorización de tres obras, con una Resolución distinta para cada una, se contabilizó como un mismo aspecto. Es decir, en el mismo documento Oficial, puede existir más de una resolución, pero se cuenta como un aspecto.

Consideramos importante reiterar que nuestro estudio, es de carácter cualitativo, basado en un trabajo documental y de campo, en el cual se dio relevancia al contenido de documentos oficiales y al contacto directo con docentes vinculados, directa o indirectamente con la investigación.

Para aportar información organizada, se utilizó un guión de entrevistas, el cual contenía seis (6) preguntas semiestructuradas.

Validación

La validez según Bonboir, A. (1974), es la adecuación y determinación a lo que pretende medirse y si es o no adecuado. Dicha validez debe ser interna, en referencia a su contenido y externa en cuanto a su forma de estructuración. Se entiende por validez de contenido “*el grado en que el instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. Es el grado en que la medición representa el concepto medido*” (Hernández y col., 1989, p. 243).

A fin de verificar la validez del instrumento, a partir de la revisión, se solicitó la colaboración de dos (2) especialistas, debido a que dicho proceso se hizo mediante la técnica de Juicio de “Expertos”. Para ello, se entregó un ejemplar de cada guión de entrevista a los dos profesores expertos; quienes consideraron que el instrumento reunía las

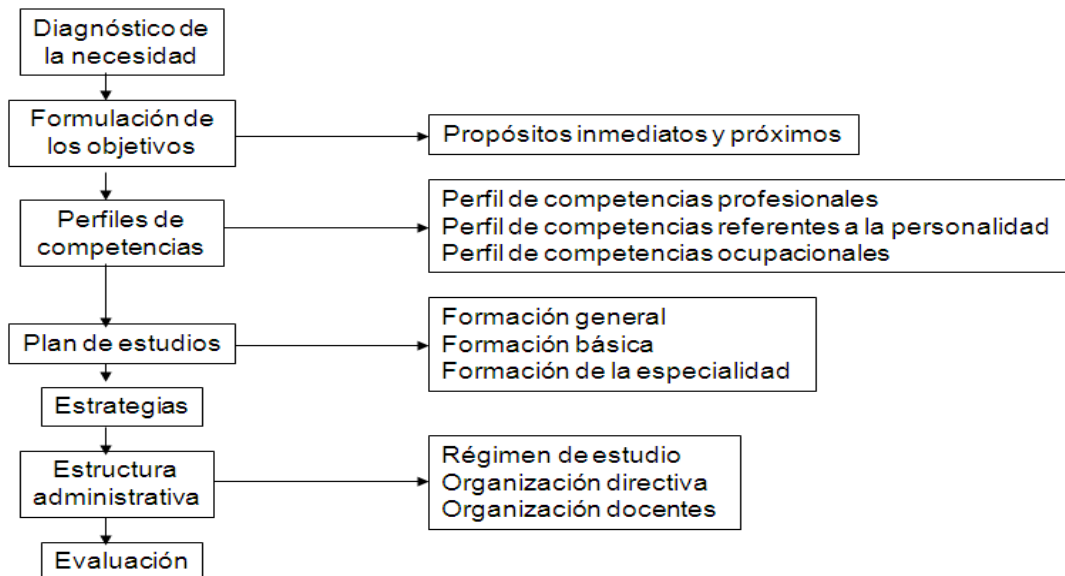
características técnicas mínimas de contenido necesarias para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación.

4. Resultados:

Posterior al análisis de varios modelos curriculares, a los cuales se tuvo alcance, nuestro esfuerzo se dirigió a elaborar una propuesta que discutiremos en páginas sucesivas. Consideramos que el Modelo de Alejandra Fernández (2004), es el que se ajusta más apropiadamente a nuestro planteamiento. Por ello, tomamos algunas ideas de los otros modelos curriculares antes descritos, pero con predominio significativo del Modelo de Fernández, A. (2004). El híbrido entre los modelos nos proporcionó un conjunto de componentes precisos y articulados entre sí; quedando ocho etapas esenciales que mencionamos a continuación:

- 1) Identificación de las necesidades (Kaufman)
- 2) Formulación de los objetivos (Fernández)
- 3) Propósitos (media y los próximos) (Fernández)
- 4) Perfiles de competencias (Fernández)
- 5) Componentes curriculares (difusión y adopción)
- 6) Estrategias
- 7) Estructura administrativa (Fernández) y,
- 8) Evaluación (Fernández).

Las referidas etapas a su vez están subdivididas; y caracterizan por el modelo. Para ello, es necesario ir de una educación centrada en la transmisión de información a una educación orientada aprender, a resolver situaciones complejas, a trabajar en equipo y responder favorablemente ante las necesidades y las transformaciones (Moreno, M., 2001) (se recomienda observar con detalle el modelo propuesto por Tomy Gutiérrez, ver **Figura 1**).



9) **Figura 1.** Modelo propuesto (Tomy Gutiérrez).

5. Conclusiones:

- 1) Los profesores “expertos”, afirman que a pesar que Venezuela, no es un país que tenga dificultades energéticas; piensan que es importante para la consolidación el aparato productivo

- 2) Las personalidades entrevistadas, manifestaron que la propuesta es realmente importante, ya que los elevados precios del petróleo, reflejan la crisis energética mundial
- 3) Los profesores consultados, manifestaron su inquietud por las nuevas menciones; alegando que estas deben ir a la par de la tecnología.

6. Bibliografía:

- Balestrini, A. (2001). Como Elaborar un Proyecto de Investigación. Servicios Editorial. Quinta Edición. Caracas.
- Bonboir, A. (1974). El Método de los Tests en Pedagogía. Biblioteca del Educador. Ediciones Marova. Madrid. España.
- Fernández, A. (2004). Universidad y Currículo en Venezuela: Hacia el Tercer Milenio. Vicerrectorado Académico. Caracas.
- Hernández, R.; Gheller, S. y Bolívar, O. (1989). Introducción a la Pedagogía. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Kaufman, R. (1991). Planificación del Sistema Educativo: Ideas Básicas Concretas. Trillas. México.
- Moreno, M. (2001). La Formación del Técnico Medio en Venezuela y su Inserción en el Campo Laboral. IUPMA.
- Ramírez, T. (1999). Cómo Hacer un Proyecto de Investigación. Guía Práctica. 1^{era} Edición. Editorial Panapo. Caracas.
- Sabino, C. (1992). El proceso de Investigación: Una Introducción Teórico-Práctica. Editorial PANAPO. Caracas.

15TCE. FORMACIÓN DE INVESTIGADORES: ANALISIS DE LA ENSEÑANZA DESDE UN ENFOQUE POR COMPETENCIAS. RESULTADOS PRELIMINARES

RUBAU, C. E.¹; TOVAR TOULOUSE, M. M.¹; DIAS, I.V.¹

¹Instituto de Ciencias Básicas – Universidad Nacional de Cuyo. Padre Contreras 1300 - (5500) Mendoza - Argentina

E-mail: crubau@yahoo.com.ar

Resumen: La formación de investigadores forma parte de uno de los objetivos que tiene la educación superior. Esta práctica se ve fortalecida en carreras como licenciaturas y postgrados, especialmente maestrías y doctorados, en donde los estudiantes aprenden a investigar. Actualmente se plantea la necesidad de formar “en y para la investigación” desde el grado como así también el planteo de una “pedagogía de la investigación”. A partir de estos antecedentes es que nos surge la necesidad de pensar en la formación de investigadores en el ámbito de las ciencias básicas y desde el enfoque por competencias. El objetivo de esta ponencia es analizar la formación en investigación de los investigadores a partir de las competencias investigativas. Para lo cual se trabajó con una encuesta cuya muestra fue seleccionada de forma intencional a partir de la condición de que sean investigadores (formados y en formación) en el ámbito de las ciencias básicas. Los resultados indican, que la mitad de los investigadores han recibido formación en investigación en el grado y la mayoría la valoran como apropiada. En cuanto a las actividades de enseñanza que deberían promoverse para formar un buen investigador las competencias investigativas básicas y complementarias son las más importantes en comparación con las competencias investigativas avanzadas. Finalmente, se plantea la necesidad de incorporar al diseño curricular prácticas que coloquen en un plano horizontal los procesos de investigación y la formación en y para la investigación.

1. Introducción

La universidad tiene como pilares la docencia, la investigación y la extensión, a partir de ellos los sujetos (docentes e investigadores) que forman y constituyen las prácticas de educación superior desarrollan con más énfasis algunos de estos pilares-misiones. Esta distinción se puede observar en los perfiles de profesionales y académicos de formación de los estudiantes, al interior de los diseños curriculares hay una separación entre aquellos sujetos que siguen las carreras de licenciaturas dentro de las cuales deben realizar alguna práctica de investigación, frente aquellos sujetos que siguen carreras de profesorado en los cuales se está marcado su alejamiento a las prácticas de investigación (Campo Céspedes y Chinchilla Jim, 2009). Otro aspecto a resaltar es que generalmente en los diseños curriculares, en algunas carreras hay una tendencia hacia las prácticas de investigación, contienen alguna asignatura relacionada con metodología de la investigación y realizan una tesis de grado con la cual concluyen su formación (Morales et al., 2005). En otras carreras -profesorados e ingenierías- los estudiantes no tienen posibilidades de aprender prácticas de investigación en su formación ya que no se les proporcionan prácticas de este tipo en su formación de grado. Las preguntas que emergen son: ¿por medio de asignaturas como Metodología de la Investigación los estudiantes aprenden las prácticas de investigación?, ¿en la universidad se forma a los estudiantes en competencias investigativas?, ¿se puede hablar de formación en y para la investigación?, ¿es necesario formar a investigadores en el grado o en el postgrado?. Estos interrogantes son los que forman parte de esta ponencia, los cuales se enmarcan dentro del proyecto de tesis doctoral de la primera autora.

Con respecto a la pregunta *¿Se puede hablar de formación en y para la investigación?* la formación de investigadores en la universidad y en comunidades de investigación se ha

desarrollado y se desarrolla a partir de que estudiantes “aprenden a investigar” en torno a un investigador ya formado y con trayectoria. Generalmente los estudiantes que acceden a estas prácticas son aquellos que desean realizar la licenciatura o aquellos estudiantes con buen desempeño académico (Tejada Tovar et al., 2008).

A partir de este modo tradicional de concebir la enseñanza de la investigación es que surge el interrogante si debería existir una “pedagogía de la investigación”. Al respecto se realizan dos distinciones que marcan formas alternativas de formar en investigación. La primera distinción, que alude a formar “en y para la investigación” a partir de actividades que ayuden al estudiante a habituarse con las prácticas de investigación, “con su naturaleza como búsqueda, con sus fases y funcionamiento”. Con respecto a la segunda distinción, es la que entiende la investigación formativa como una actividad extracurricular, en la cual los estudiantes participan de grupos de investigación (Restrepo, 1998; Tejada Tovar et al., 2008).

En cuanto a la pregunta *¿La universidad forma a los estudiantes en competencias investigativas?*, antes de adentrarnos en las competencias investigativas es necesario aclarar qué entendemos por el término competencia. El origen del término competencia por una parte, nos ha llevado a transitar sobre variada utilización, significación y sentido del término. El significado del término competencia ha ahondado desde entender la competencia como autoridad, como capacitación, como responsabilidad para desempeñar un puesto de trabajo, como idoneidad y como rivalidad empresarial (Gonczi, 1998).

Por otra parte, este término es un muy complejo y hay variadas definiciones según los marcos conceptuales y epistemológicos a los que los autores se adhieran. El término emerge en los países desarrollados Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y Australia, como parte de la política educativa para capacitar dentro de la educación técnica a futuros profesionales. Es decir, que su surgimiento es utilitario, necesario para capacitar a sujetos para que puedan adquirir puestos laborales en la sociedad. Es a partir de este origen que se pasó de comprender a las competencias como conjunto de *tareas o atributos* a entender la competencia desde una *perspectiva holística*, entendiendo que esta última comprende la integración de tareas o atributos en una actuación o contexto específicos (Gonczi, 1998).

En el ámbito Europeo y Latinoamericano, a partir de la Declaración de Bologna (1999), se establecieron acuerdos-bases para la Educación Superior. Dicho acuerdo propone trabajar los diseños curriculares desde el enfoque por competencias, a partir del cual emergen programas y proyectos para abordar las mismas, a modo de ilustración se mencionan los programas: Programa Definición y Selección de Competencias (OCDE), Proyecto Tuning (Europa); Proyecto Alfa-Tuning (América Latina) y Proyecto 6x4 (Unión Europea - América Latina y el Caribe).

Una definición del concepto competencia corresponde a Carlos Cullen (1996) quien lo define como *“complejas capacidades integradas, en diversos grados, que la educación debe formar en los individuos para que puedan desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos de la vida social y personal, sabiendo ver, hacer, actuar y disfrutar convenientemente, evaluando alternativas, eligiendo estrategias adecuadas y haciéndose cargo de decisiones tomadas”* (Citado por Beneitone et al. 2007).

A partir del concepto de competencias y de la necesidad que se marca a nivel internacional de que la educación superior trabaje desde el enfoque por competencias es que surgen los interrogantes *¿Qué son las competencias investigativas?*, *¿Las competencias refieren a la capacidad de resolver problemas o “investigar haciendo investigación”?*. Campo Céspedes et al. (2009) expresan que las competencias para la investigación dentro del currículum debe ser el eje curricular dentro de la educación superior. Esta formación no se logra con la incorporación de una o más asignaturas dentro del plan de estudios sino que requiere de una *“pedagogía de la investigación, capaz de formar un estudiantado idóneo*

para pensar y hacer, en sus lugares de trabajo e incluso en su vida social, investigaciones y estudios de calidad” (Campo Céspedes y Chinchilla Jiménez, 2009). Al respecto Tejada Tovar et al. (2008) propone una clasificación de competencias investigativas y las divide en competencias básicas, complementarias y avanzadas. A continuación se presenta la Tabla 1 donde se pueden observar que capacidades incluyen cada una ellas.

TABLA 1. Clasificación de competencias investigativas propuesta por Tejada Tovar et al (2008)

Competencias investigativas		
Básicas	Complementarias	Avanzadas
-Capacidad para identificar problemas y formular problemas. -Capacidad para autopreguntarse y formular preguntas -Trabajo en equipo y cooperación -Competencias comunicativas (Oral, lectura y escritura)	-Capacidad para relacionar conocimientos y competencias adquiridas en diferentes áreas del conocimiento con la investigación -Capacidad para relacionar destrezas, habilidades, actitudes y aptitudes con la actividad investigativa	-Capacidad para experimentar -Capacidad de análisis -Capacidad para resolver problemas -Capacidad para interpretar resultados y sacar conclusiones

Es a partir de planteo teórico que se intentará analizar la formación que tuvieron los investigadores en el grado.

2. Objetivos

Esta ponencia tiene por objetivos: 1- Analizar la valoración que realizan los investigadores sobre su formación en investigación en el grado. 2- Establecer y analizar tareas que realizan los investigadores a partir de competencias investigativas.

3. Metodología

El relevamiento de datos se hizo a través de encuestas a 36 sujetos entre investigadores, docentes-investigadores e investigadores en formación, pertenecientes a distintas instituciones relacionadas con el área de las ciencias básicas: CCT (Conicet-Mendoza), Museo de Historia Natural (San Rafael), Facultad de Ciencias Aplicadas a la industria (UNCUYO), Instituto de Ciencias Básicas (UNCUYO) y el Observatorio Pierre Auger (Malargüe). La muestra es no probabilística e intencionada, en tanto que se precisaba que los investigadores encuestados tengan formación en ciencias básicas, estén trabajando en estas áreas y realicen la actividad de investigación.

Se diseñó una encuesta estructurada con preguntas cerradas y abiertas, de la cual se obtuvo como dato las siguientes variables: datos personales de investigadores, elección por la carrera de investigador, actividades-tareas de investigador (competencias) y opiniones en torno a la formación de grado, docencia, actividades que favorecen la formación de un investigador de excelencia. La elaboración y procesamiento de dicha encuesta se realizó a través de software específico. Para este trabajo se seleccionaron y analizaron dos de los

datos más representativos, relacionados con (1) la formación en investigación y (2) la promoción de competencias investigativas.

4. Resultados y Discusión

Evaluación de los encuestados acerca de su formación como investigador en el grado

En la encuesta se les consultó a los investigadores si durante la carrera de grado había recibido formación en investigación. En el gráfico de sectores (Figura 1) se puede observar que un 56 % expresa que recibió formación en investigación y el 44% expresa que no recibió formación en investigación.

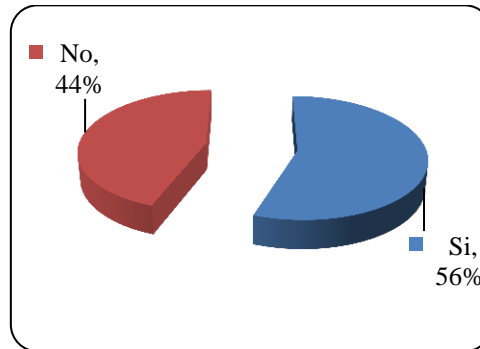


FIGURA 1. Evaluación de los encuestados respecto a su formación en investigación en el grado

En función de esta variable dicotómica, aquellos encuestados que respondieron afirmativamente evaluaron además la formación en el grado de acuerdo con un formato Likert que iba de totalmente inapropiada, inapropiada, poco apropiada, apropiada, totalmente apropiada. En la Figura 2 se puede observar que los mayores porcentajes se sitúan en la valoración apropiada con un 45,5 % y poco apropiada con un 30%.

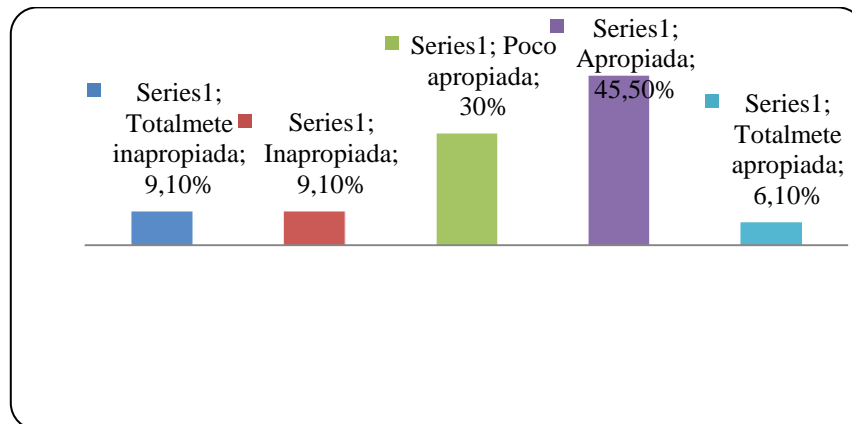


FIGURA 2. Evaluación de la formación en investigación

De las dos variables trabajadas se puede concluir de lo extraído de las encuestas que los el mayor porcentaje de investigadores expresa que ha recibido formación en investigación y que la formación recibida es apropiada.

En cuanto al análisis de esta variable se tiene en cuenta que una persona en formación precisa que: “ a) se apropie de los órdenes institucionales existentes y los cumpla; b) se apropie de la cultura de su tiempo y; c) se configure a si mismo como sujeto en virtud de que crea, recrea o renueva la cultura y los órdenes sociales” (Yurén, 2000; citado por

Sánchez Lima, 2006). En relación con la formación de investigadores es necesario que exista interacción entre el sujeto que posee experticia (profesor investigador) y aquel que se encuentra en formación y debe apropiarse de las prácticas de investigación (metodología y experiencias investigativas) (Sánchez Lima, 2006). De acuerdo a los resultados, la mayoría de los que recibieron formación en el grado habrían tenido una interacción apropiada con los investigadores formadores. El interrogante que emerge es si el modo en que aprendieron las prácticas de investigación fue a través de la investigación tradicional o si existió una pedagogía de la investigación (Tejada Tovar et al, 2008).

Actividades de enseñanza que favorecerían la formación de un investigador de excelencia

El análisis de esta variable tiene en cuenta lo que marca la concepción de “formar en y para la investigación”, en donde al interior de las prácticas de enseñanza se fomenten actividades que habitúen a los estudiantes con las prácticas de investigación (Restrepo, 1998). A partir de esta concepción, es que se les solicitó a los encuestados que seleccionaran cinco actividades de enseñanza que favorecerían la formación de un buen investigador. En la Figura 3 se pueden observar las actividades de enseñanza y en la cual los encuestados marcan como más importantes para promover en la enseñanza; los porcentajes más elevados pertenecen a la lectura comprensiva del inglés y realizar búsquedas bibliográficas, seguidos con menores porcentajes la comunicación oral de lo aprendido, la realización de actividades de experimentación, el aprendizaje basado en problemas (ABP) y trabajos de laboratorio.

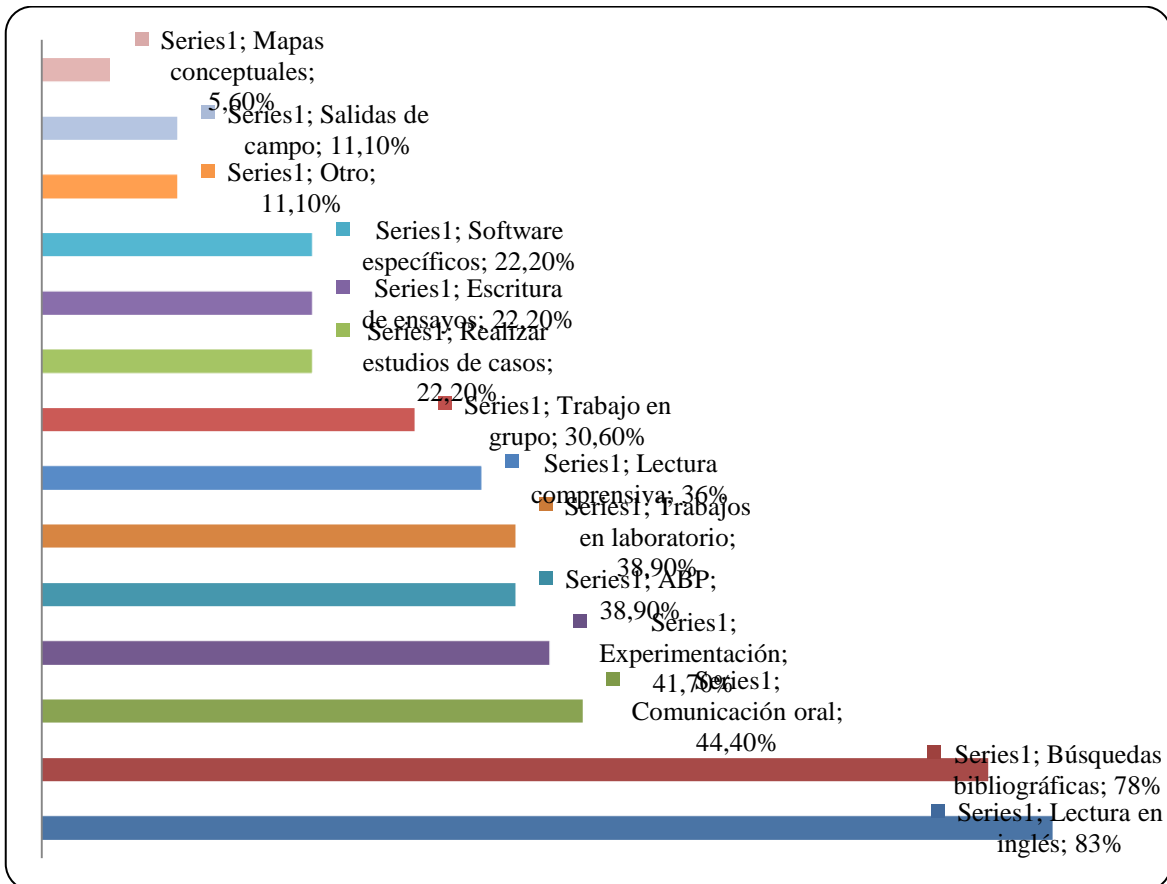


FIGURA 3. Actividades de enseñanza que favorecen la formación de un investigador

Como puede observarse el primer grupo de las dos primeras actividades más importantes está íntimamente relacionado con las actividades que llevan a cabo los investigadores en el quehacer cotidiano. En contraste, el segundo grupo, que incluye desde la comunicación oral hasta la lectura comprensiva, comprende tanto actividades cotidianas de investigación como estrategias pedagógicas que ayudan de modo alternativo a la enseñanza de la investigación en el aula. Con respecto a las competencias investigativas y siguiendo la tipología de Tejada Tovar et. al (2008) se puede decir que en el primer grupo aparecen competencias investigativas básicas (lectura de inglés) y complementarias (búsquedas bibliográficas). En el segundo grupo aparecen competencias investigativas básicas (comunicación oral, lectura comprensiva) y avanzadas (experimentación, trabajos de laboratorio). Estos resultados sugieren que las competencias investigativas básicas se deberían promocionar en el grado con mayor importancia respecto a las competencias investigativas avanzadas.

5. Conclusiones

Tal y como lo expresan diferentes autores (Capos Céspedes y Chinchilla Jiménez, 2009; Morales, 2005; Restrepo, 1998; Tejada Tovar; 2008) la formación en investigación en el grado puede fortalecerse a partir de construir y constituir una pedagogía para la investigación. Lo cual conlleva un cambio no sólo de las prácticas de enseñanza-aprendizaje sino una revisión de los diseños curriculares. Como expresa Campo Céspedes y Chinchilla Jiménez (2009) la formación en competencias investigativas debe conformarse como columna vertebral del currículum en educación superior.

Respecto a la consulta realizada a los investigadores a si recibieron formación en el grado llama la atención que sólo un 56% exprese que ha aprendido prácticas de investigación por lo cual se espera que en el futuro este porcentaje aumente.

De los resultados obtenidos emergen interrogantes para seguir trabajando ¿Qué grado de formación en investigación han tenido los encuestados?, ¿a qué denominan que la formación recibida en investigación es apropiada?. En cuanto al ámbito de enseñanza, las actividades que se categorizaron como competencias de investigación básicas y complementarias ¿en qué medida y cómo se promueven al interior de las prácticas de enseñanza?, y ¿por qué las competencias investigativas avanzadas no aparecen dentro de los porcentajes más elevados?

Para concluir, una certeza en la cual se quiere profundizar es la de generar acciones al interior de las prácticas de enseñanza que sitúen de manera transversal la formación en investigación y el proceso de investigación para fortalecer las competencias investigativas. Es decir, que todos los espacios curriculares desarrollen actividades que fortalezcan la formación de investigadores.

6. Bibliografía

- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Maletá, M. M., Siufi, G., & Wagenaar, R. (2007). Reflexiones y perspectivas en Educación Superior en América Latina. Informe Final -Proyecto Tuninig- América Latina 2004-2007. España: Publicaciones de la Universidad de Deusto .
- Campos Céspedes, J., & Chinchilla Jiménez, A. (2009). Reflexiones acerca de los desafíos en la formación de competencias para investigar en educación superior. Revista electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", 1-20.
- Gonczi, A.(2001). "Análisis de las tendencias internacionales y de los avances en educación y capacitación laboral basadas en normas de competencias". En:

- Argüelles, Antonio Y Gonczi, Andrew. Educación y capacitación basada en normas de competencias: una perspectiva internacional. México: Limusa, 2001
- Morales, O., A. Rincón, J. Tona Romero (2005). Como enseñar a investigar en la universidad. *La Revista Venezolana de Educación (Educere)* Vol. 9 (29). Mérida. [online]. jun. 2005, vol.9, no.29, p.217-225. Disponible la World Wide Web:http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131649102005000200010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1316-4910. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Tejada Tovar, C., L., Tejada Benítez, A. Villabona Ortíz (2008) Pedagogía para el desarrollo de competencias investigativas apoyada en los semilleros de investigación desde el inicio del pregrado. *Revista de Educación en Ingeniería*. Colombia. Disponible en: http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/revista6/2008_II_15.pdf

16TCE. ANÁLISIS MATEMÁTICO Y MÚSICA

CALIGARIS, M. G.; SCHIVO, M. E.; ROMITI, M. R.

Grupo Ingeniería & Educación – Facultad Regional San Nicolás – Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 (2900) San Nicolás – Argentina

E-mail: gje@frsn.utn.edu.ar

Resumen: La misión de la Matemática en carreras como Ingeniería, además de desarrollar el pensamiento lógico, es la de afianzar el concepto de “modelo matemático”. Es fundamental entonces, en la enseñanza de materias como Análisis Matemático, equilibrar el desarrollo teórico riguroso con las aplicaciones, partiendo de situaciones concretas. Por otro lado, la incorporación de recursos tecnológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje permiten al docente diseñar su propio material didáctico enriqueciendo la presentación de los contenidos y sus aplicaciones.

Con este criterio, se confeccionaron diversas aplicaciones personalizadas diseñadas con GeoGebra. Éste es un software libre disponible en español, cuyas versiones más recientes brindan la posibilidad de reproducir sonidos. A modo de ejemplo del material que se confeccionó, se propone una forma distinta de trabajar con la función sinusoidal, partiendo de una aplicación concreta: la matemática del sonido. Se plantea así, una integración entre el tratamiento matemático de dicha función y su utilización en el modelado de algunos fenómenos acústicos.

1. Introducción

La misión de la Matemática en carreras como Ingeniería, además de desarrollar el pensamiento lógico, es la de afianzar el concepto de “modelo” que, en el contexto científico y tecnológico actual, ha cobrado suma importancia. El modelado consiste en describir mediante el lenguaje de la Matemática, las propiedades de objetos reales, lo que permite a su vez aplicar técnicas matemáticas para obtener conclusiones sobre el comportamiento de dichos objetos de estudio.

Consolidar el concepto de modelo matemático significa, a grandes rasgos, que el estudiante comprenda que la Matemática como disciplina dispone de recursos para describir las propiedades de un cierto fenómeno en su lenguaje, y, a través de operar con las relaciones establecidas, ofrecer conclusiones acerca de él. Es fundamental entonces, en la enseñanza de materias como Análisis Matemático, mostrar la importancia y la utilidad de todos los temas que figuran en su planificación considerando que el alumno, en el ciclo de especialidad, los deberá emplear en forma reiterada.

Por otro lado, la incorporación de recursos tecnológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje ha transformado paulatinamente el modelo tradicional de la clase. Las nuevas tecnologías, permiten al docente diseñar su propio material didáctico enriqueciendo la presentación de los contenidos y sus aplicaciones.

Así, se han confeccionado diversas ventanas personalizadas diseñadas con GeoGebra. Éste último es un software libre que reúne geometría, álgebra y cálculo para la enseñanza de temas de matemática y que ofrece múltiples representaciones de los objetos desde cada una de sus posibles perspectivas: vista gráfica, algebraica y hoja de cálculo. Permite, entre otras cosas, graficar funciones que luego pueden modificarse dinámicamente y sus versiones más recientes brindan la posibilidad de reproducir sonidos. Este programa está disponible en español, y se puede obtener desde www.geogebra.org.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar el material didáctico interactivo diseñado, que permite mostrar las aplicaciones que tienen los contenidos que se desarrollan sobre las funciones escalares en Análisis Matemático I de Ingeniería Electrónica de la Facultad Regional San Nicolás. Su intención es la de:

- ✓ captar el interés de los alumnos desde el inicio del cursado de la materia,
- ✓ mostrar la importancia y utilidad que tiene el estudio de las funciones escalares para carreras con Ingeniería y
- ✓ consolidar en los alumnos el aspecto modelizador que tiene la Matemática que estudian en esta asignatura.

3. Metodología

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en libros de Cálculo y de Física, sobre aplicaciones concretas de los contenidos que se desarrollan en la primera unidad del programa de Análisis Matemático I de Ingeniería Electrónica que es la correspondiente a las funciones escalares.

Además, se seleccionó el software libre GeoGebra para trabajar y se confeccionaron con él, aplicaciones personalizadas. Algunas de ellas se presentan en un sitio web y otras se utilizan directamente en el salón de clases.

3.1. El uso en el aula

La primera experiencia en este tema se realizó utilizando Mathematica. Debido a que los alumnos no tienen la posibilidad de acceder a programas propietarios, pero sí a los gratuitos disponibles en Internet, se decidió comenzar a trabajar con GeoGebra.

Se tiene previsto efectuar en 2012 un estudio comparativo de los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas al finalizar la enseñanza del tema funciones escalares en dos grupos, uno en el que se habrá utilizado este material y otro en el que no se utilizará.

Aunque el rendimiento académico de un alumno es entendido generalmente a partir de sus procesos de evaluación, la simple medición de dichos rendimientos no provee por sí misma la información necesaria para realizar acciones destinadas al mejoramiento de la calidad de los procesos de enseñanza – aprendizaje (Navarro, 2003). Entonces, se realizarán entrevistas a alumnos de ambos grupos con el fin de que compartan su experiencia en cuanto al aprendizaje del tema. Además, se propondrá a los alumnos que respondan un cuestionario con una serie de enunciados positivos donde podrán manifestar su acuerdo o desacuerdo frente a cada ítem utilizando una escala tipo Likert (Hernández Sampieri y et al., 1998).

4. Resultados

Se elaboraron diversas ventanas personalizadas diseñadas con GeoGebra para la enseñanza de las aplicaciones que tienen las funciones escalares, en Análisis Matemático I de Ingeniería Electrónica.

Las ventanas personalizadas

A modo de ejemplo, a continuación se presenta el material preparado para mostrar una aplicación que se ha elegido para la función sinusoidal $y = A \sin(Bt - C)$ relacionándola con ciertos fenómenos acústicos, aprovechando que las versiones más recientes de GeoGebra brindan la posibilidad de reproducir sonidos. Al enseñar esta función se explica

cómo A, B y C modifican la gráfica de $y = \text{sen}(x)$ pero, por lo general, no se da a los alumnos un ejemplo de lo que puede significar físicamente la variación de dichos parámetros. Sin embargo, es importante que los alumnos conozcan que los mismos tienen ciertas características perceptivas. El coeficiente A (amplitud) está relacionado con la intensidad del sonido (mayor amplitud, sonido más fuerte).

Otra de las características es la altura. Este término se usa para indicar si un sonido es más o menos agudo (mayor altura, más agudo) y está directamente relacionada con la frecuencia (f) del sonido, por lo tanto con el coeficiente B ($B = 2\pi f$) (Barallobres, 1994).

En la Figura 1 se muestra una ventana interactiva que permite modificar la frecuencia de ondas de ecuación $y = \text{sen}(2\pi f t)$ y escuchar los diferentes sonidos. En la Figura 1(a) se ve la ecuación y el gráfico correspondiente a la nota Do, y en la Figura 1(b) los correspondientes a la nota La. Utilizando los respectivos botones **Escuchar**, se percibirán las dos notas, la primera más grave que la segunda.

En esta misma ventana puede modificarse la amplitud de ondas $y = A \text{sen}(2\pi 440 t)$ y, con el botón **Escuchar**, se puede apreciar cómo va cambiando la intensidad del sonido a medida que, con el deslizador, se cambia el valor de A.

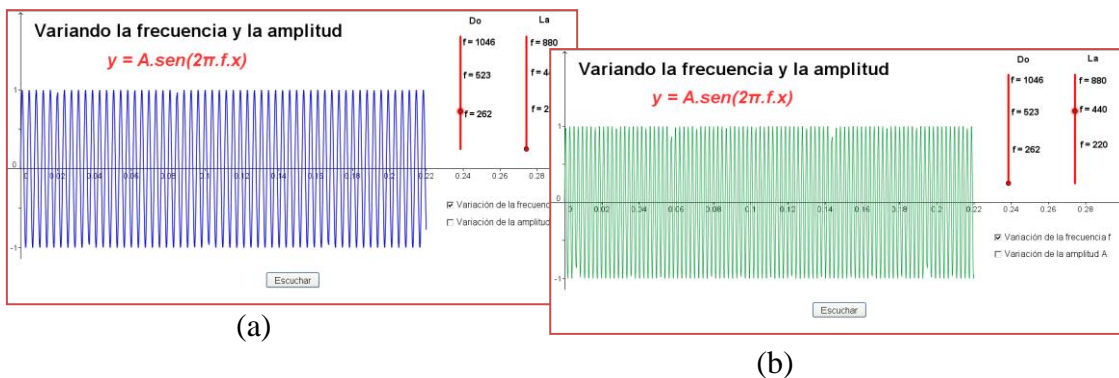


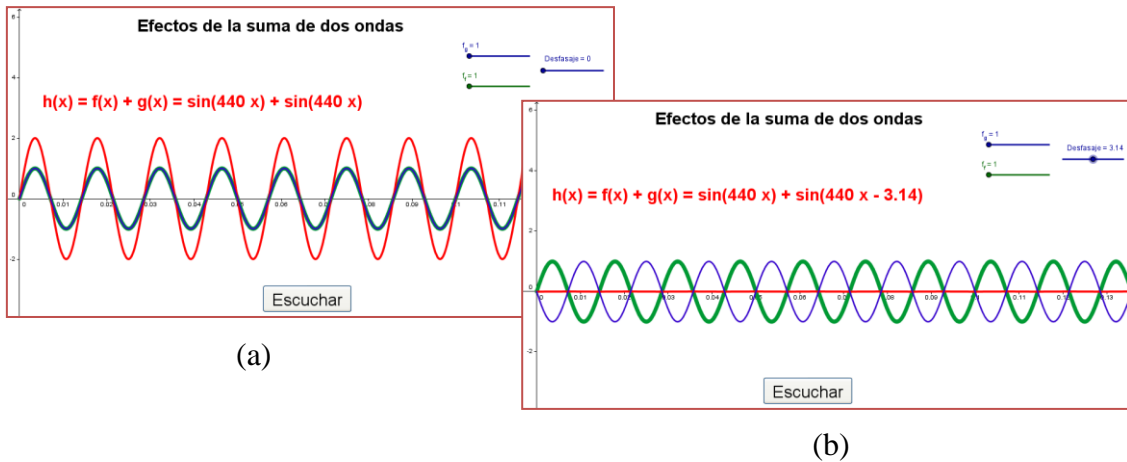
FIGURA 1. Dos notas musicales y sus funciones de onda.

También es importante mostrar a los alumnos que el estudio de los sonidos que suenan en forma simultánea, fenómeno llamado interferencia, está relacionado con la suma de funciones ya que si se consideran, por ejemplo, dos sonidos puros $f(t)$ y $g(t)$ cuando suenan en forma simultánea, según el principio de superposición, la presión sonora del sonido resultante está dada por la suma de las presiones sonoras de cada uno. Esto significa que para cada t_0 , la presión sonora resultante será $f(t_0) + g(t_0)$. Se tiene, de esta manera, una nueva función h que representa al sonido resultante, que es la función suma $h = f + g$ (Barallobres, 1994).

Si los dos sonidos tienen la misma frecuencia pero diferentes amplitudes, es lógico que se escuche el mismo sonido con mayor intensidad. Por ejemplo, si $f(t) = \text{sen}(2\pi f t)$ y $g(t) = 2 \text{sen}(2\pi f t)$ entonces, $(f + g)(t) = 3 \text{sen}(2\pi f t)$ que tiene la misma frecuencia que los anteriores. En este caso la interferencia es constructiva.

Esta conclusión es natural y puede verificarse fácilmente. Si se toca la misma nota en dos pianos, no se produce ningún sonido nuevo; sólo se escucha con mayor intensidad. Esta situación se observa en la Figura 2(a).

Cuando se escuchan tonos puros no puede oírse la fase. Ésta tiene un impacto importante cuando se combinan dos tonos puros, como en el ejemplo que se ve en la Figura 2(b). En este caso, se plantea la suma de dos tonos que tienen un desfase de π radianes para ilustrar la interferencia destructiva. Se puede observar que el resultado de sumar dos sonidos puede ser el silencio!



2 FIGURA 2. Efecto de la suma de dos ondas sinusoidales.

Además es interesante enseñar a los alumnos que la suma de funciones sinusoidales sirve para representar matemáticamente otros fenómenos acústicos como el batido o pulsaciones. Este fenómeno es un caso particular de interferencia de ondas sonoras. Se genera al superponerse dos ondas sinusoidales con frecuencias ligeramente distintas que dan lugar a una vibración cuya amplitud varía con el tiempo (onda modulada en amplitud). Estas variaciones de amplitud se perciben como aumentos o disminuciones periódicas de intensidad, que se denominan batidos o pulsaciones. La frecuencia del sonido resultante es la frecuencia media entre las frecuencias de las dos ondas (Rey Pastor y et al., 1969).

En la Figura 3 se presenta una pantalla que permite ilustrar este fenómeno. Se han representado dos ondas y su suma. Una de ellas tiene una frecuencia fija de 262 Hz y, mediante un deslizador, se puede cambiar la frecuencia de la otra desde 209 Hz hasta 307 Hz. En la pantalla también se muestra la onda moduladora y, con un texto dinámico, la diferencia de frecuencias (Δf) como se puede apreciar en la Figura 3(a). Cuando las frecuencias de las ondas se aproximan más, el batido es cada vez menor, hasta que cuando se igualan ($\Delta f = 0$), el batido desaparece como se muestra en la Figura 3(b). Con el botón **Escuchar** se puede apreciar el efecto sonoro que se produce.

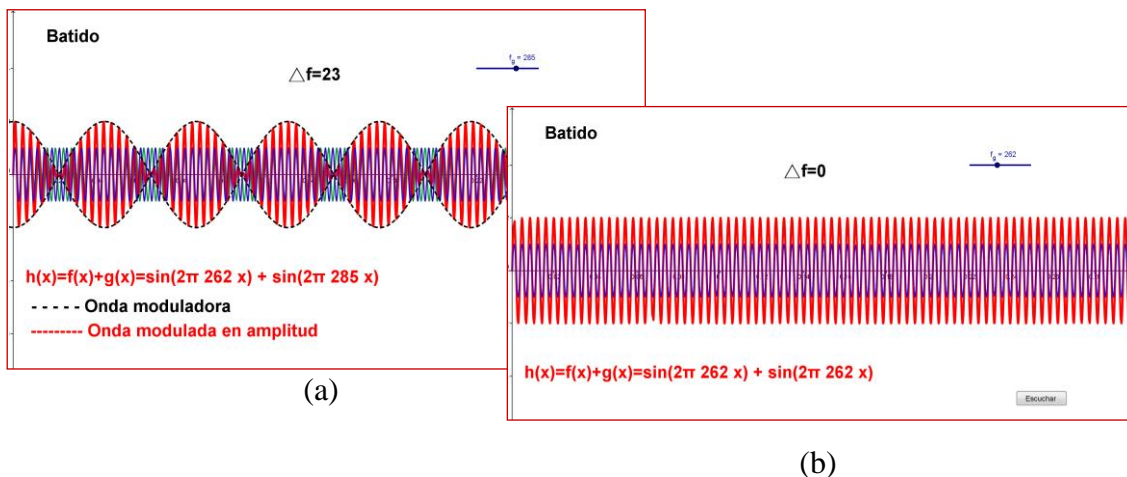


FIGURA 3. Batimiento o batido.

En la Figura 4 se muestra una ventana interactiva que representa las ondas correspondientes a cada una de las notas que intervienen en los acordes de Do mayor (a) y de La mayor (b) y la función suma que representa al acorde respectivo. Con los botones **Escuchar** se aprecian los sonidos que se producen.

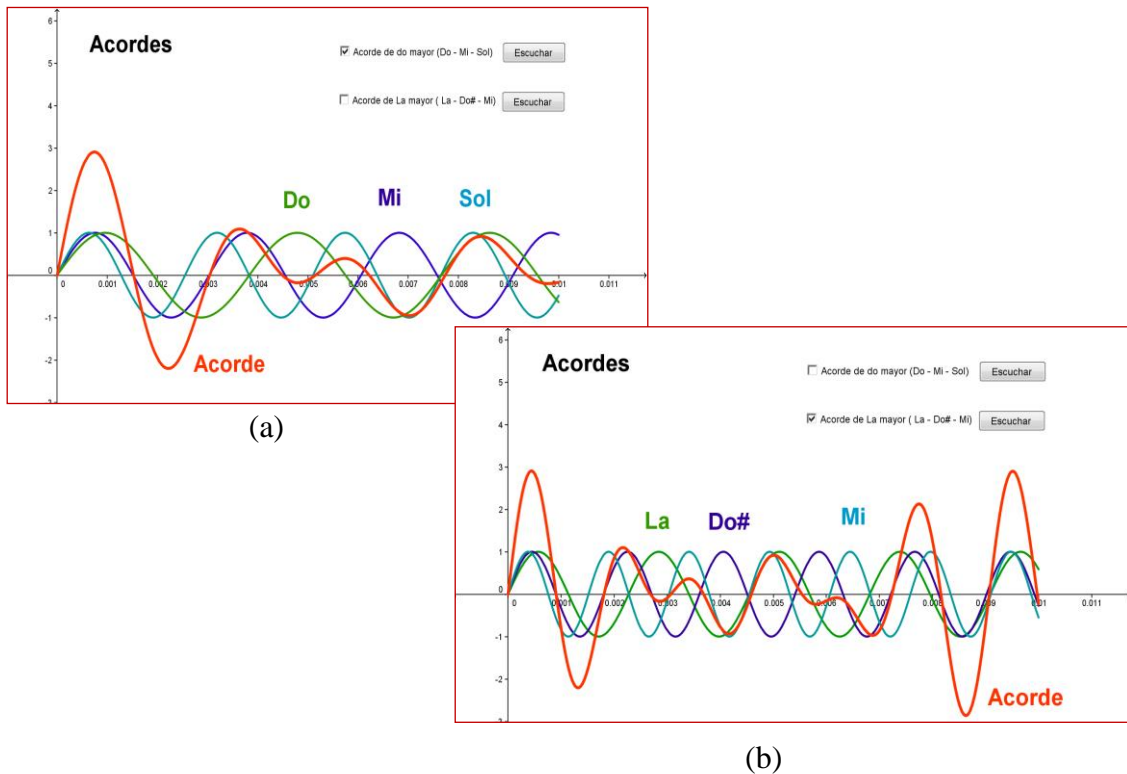


FIGURA 4. Acordes de Do mayor y de La mayor

Este material permite mostrar también que otro efecto sonoro que se puede representar mediante la suma de funciones sinusoidales es el acorde. En música se llama así a la combinación de notas que suenan simultáneamente. Éstos toman su nombre de la raíz o nota inicial y de los intervalos que contiene. Así, el acorde Do mayor, está formado por las notas Do-Mi-Sol. La nota que da nombre al acorde es Do y las otras notas son la tercera y la quinta de esta nota.

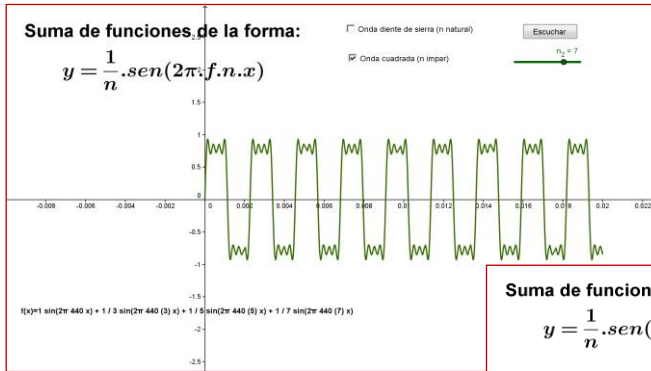
Cuando las mismas notas se hacen sonar separadamente en orden ascendente o descendente se llaman arpeggios.

Luego de obtener las conclusiones de los puntos anteriores, puede plantearse en clase la siguiente pregunta: ¿Será que dada una onda periódica cualquiera, como por ejemplo la correspondiente al sonido de un violín, ésta puede representarse como suma de sonidos puros de amplitud, frecuencia y fase adecuadas?

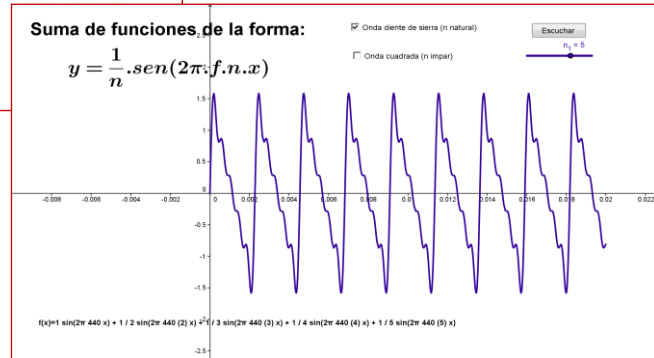
De manera muy intuitiva se puede mostrar a los alumnos que la respuesta es afirmativa y que éste fue el descubrimiento del matemático Charles Fourier, que hoy es la base de uno de los métodos usados para producir sonidos por computadora, por ejemplo el sonido de un violín producido por un órgano electrónico.

Si bien no se puede explicar en forma completa el razonamiento de Fourier a los alumnos de primer año, es posible darles una idea del tema, como aplicación de la suma de funciones sinusoidales, que representa una función periódica en este caso, mediante el siguiente planteo: si se toma una onda cuadrada, periódica de período 2π y por lo tanto de frecuencia $f = (2\pi)^{-1}$, llamada frecuencia fundamental, ¿se podrá reconstruir sumando senoidales adecuadas? La respuesta a esta pregunta puede explicarse con la aplicación mostrada en la Figura 5(a).

En la Figura 5(b) se muestra la generación de la onda llamada diente de sierra. El sonido se produce a partir de una nota con la misma frecuencia fundamental que la anterior a la cual se añaden armónicos de frecuencias $2f$, $3f$, $4f$, y respectivamente amplitudes $1/2$, $1/3$ y $1/4$.



(a)



(b)

3 FIGURA 5. Suma de funciones de la forma $y = \frac{1}{n} \text{sen}(2 \pi f n x)$

5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el material didáctico que permite completar el clásico estudio que se realiza en Análisis Matemático I, de la función $y = A \text{sen}(Bx - C)$, integrando conocimientos anteriores como sumas de funciones y definición de función periódica, y preparando a los alumnos para adquirir posteriormente nuevos conocimientos como series de Fourier o en Física, el estudio del sonido. Este tipo de actividades además de dar significado a los objetos matemáticos, mejora la modalidad de trabajo en clase y capta la atención de los alumnos por la materia.

Incorporando la tecnología como recurso didáctico se pretende contribuir a optimizar la formación matemática de los futuros ingenieros, favoreciendo la visualización dinámica y la interactividad de contenidos sobre funciones.

Se trata así de mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, aumentar el interés por la materia, que el alumno pueda aprender de manera significativa el contenido propuesto y entender mejor el mundo natural que lo rodea.

6. Referencias

- Barallobres, G. (1994) Matemática 5. Aique Grupo Editor S.A. Primera edición.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (1998). Metodología de la investigación. McGraw Hill. México.
- Navarro, R. (2003) "El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo". Revista Electrónica Iberoamericana sobre calidad, Eficiencia y Cambio en Educación. Vol. 1, Núm. 2.
- Piskunov, N. (1977) Cálculo Diferencial e Integral. Volumen II. Editorial Fondo Sudamérica.
- Rey Pastor, J., Pi Calleja, P. y Trejo, C. (1969) Análisis Matemático. Volumen I. Editorial Kapelusz. Buenos Aires.

17TCE. BRAIN COMMUNICATION: A SYSTEM WHERE TO INVESTIGATE AND RE-ENGINEER HUMAN COMMUNICATION AND LEARNING PROCESSES.

Hernán A. Díaz M., Lucio Cañete, Felisa Córdova and Christian Costa

Laboratory Neurocognitive Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering, University of Santiago de Chile

Abstract: A method for detecting and monitor the long-term time course of brain processes is described for two different conditions: i) A abbreviated version of a visual problem-solving IQ (Intelligent Quotient) Raven test and ii) A perceptual video task consisting in watching a sequence of (3 minutes each) 5 movie genera: animation, war, romance, violence and thriller. The method consisted in the grayscale pixel values analysis of the spectrographic image, generated by a Fast Fourier Transform (FFT), applied over the amplitude v/s time domain of the electroencephalographic (EEG) signal recorded during the execution of the test/task.

Results shows a high-resolution tool for detecting and monitor brain signals in a very narrow frequency range (0,05 Hz) and time (100 ms). Subject-dependent individual differences (N=5) are evident and a number up to 10 frequency communication channels can be detected in a narrow frequency range of 0,5 Hz. Combining both aspect of this tool, high resolution of the frequency range, and the subject-dependent individual differences found in the execution of the test/task, we plan to use this information to classify subjects according problem-solving and perceptual brain processing differences and learning preferences.

1. Introduction

Electroencephalogram (EEG) phenomenology has been increasingly re-capturing attention since several perspectives has shown that EEG traces are very much more than a noisy representation of brain activity (Buzsáki, 2006). One of the recently developed applications in this domain of interest has been the search of reliable segments of EEG activity that can be voluntarily modulated through a brain-computer interface (BCI) (Wang and James, 2007). At this time, technical challenges in terms of ease and low-cost EEG signal capturing devices and real-time analysis has been already solved by actual BCI technology. But there are at least two related topics that deserve more attention and research and where this pioneering enterprise is now focusing its efforts. One of this is the subject-dependent voluntary control and modulation of specific brain/EEG activity (Pineda et. al., 2002), and the other is the appropriate selection of the specific brainwaves to target and tracking for a specific BCI purpose (Lee Song and Epps, 2007). This report describes the exploratory study of the use of a graphic-based method for first-hand analysis of EEG activity flow in search of specific frequency bands that appear to be more implicated in the brain processes implemented during long-term cognitive and perceptual tasks. The working hypothesis of this research is that very specific and dedicated frequency ranges identified by this method can be good targets for future BCI subject-dependent brainwaves selection for voluntary control and use and for detect individual differences that allow robust identification of individual specific cognitive processes features governing solving problem tasks.

2. Objectives

- 1.- To test a method consisting in a graphic analysis of the spectrogram image generated by the EEG/Fast Fourier Transform (FFT) as a first-hand exploratory method to detect subject-dependent brain activity and cognitive processing correlations.
- 2.- To find the minimal frequency-band communication channel that convey specific and non-duplicated information, detected by this method.
- 3.- To reveal narrow specific subject-dependent EEG frequency ranges that differentially correlate with specific moments of workload during a cognitive/perceptual task.

3. Methodology

Individual EEG recordings of five subjects (N=5) were obtained during: i) the execution of an abbreviated version of the Raven IQ test (3-4 minutes); and ii) during 15 minutes of watching a video that contained a sequence of five different movie drama genera: animation, war, romance, violence and thriller.

EEG data were filtered in the traditional four gross frequency bands: delta (0,5-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz) and gamma (13-30 Hz) (δ , θ , α and β bands), cleaned out of artifacts and a FFT spectrogram was obtained for each band.

The FFT spectrogram image was used to continue the analysis that consisted in a sub-band exploration in the time and frequency domains to obtain as much details were possible concerning: a) Time dependent variation of the EEG amplitude in the four gross frequency bands; b) Individual differences in the cognitive processing of the test; and c) Differential processing allocation in the EEG intra-band frequencies with a resolution of 0,05 Hz and 0,1 sec.

EEG data processing were performed with EEGLAB, while image analysis were made with ImageJ, open source software. EEG recording were made with a 14 channels EMOTIV/Epoc brain-computer interface device.

4. Results

Figure 1 shows the time course of the amplitude variation for the traditional four EEG ranges (δ , θ , α and β) obtained from the FFT spectrogram image. Activity courses are separated by hemisphere (L and R), for one subject (HH), during the execution of the IQ Raven Test.

In this subject a noticeable change can be observed in the β band (L hemisphere) around the second 70 (*) which is coincident with a change in the difficulty level in this abbreviated version of the Raven test. Another features of this subject are the delta, theta and alpha constant average level of activity in the R hemisphere compared with a more punctuated activity of the L hemisphere.

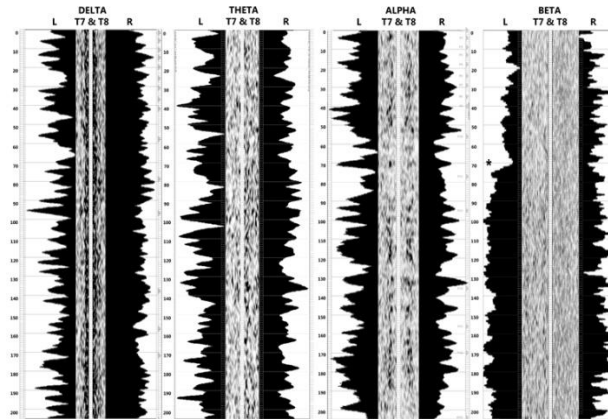


Figure 1

Figure 2 shows the results for the same procedure of Figure 1 but different subject (CC). Individual differences are evident for all the four bands. Furthermore, in this case there is no so evident differences in the treatment of difficult v/s easy questions of the test in none of the four EEG ranges. Punctuated activity is common for both hemispheres and less lateralization is observed at this level of resolution in comparison with HH. Beta activity in the L hemisphere of CC is around a half of the activity expressed by HH (data not show). A clear difference in the amplitude is only observed at the end of the test for the beta range in both hemispheres.

Figures 1 and 2 are recordings from T3 and T4 channels, (temporal locations) according to the EEG 10/20 international system.

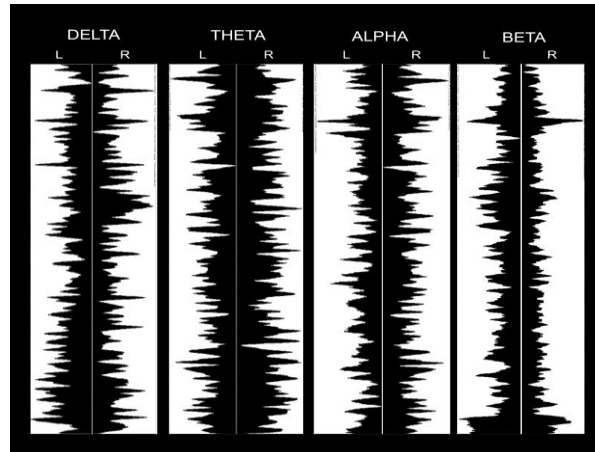


Figure 2

Figure 3 shows the individual differences in the time course of the beta band amplitude for the five subjects (DC, CS, FM, CC and HH) during the execution of the IQ Raven Test. Unless in this stage we did not consider the results of the IQ test, which ranged between 75 and 120 points, it is clear that cognitive processing for solving the test is fairly different in the five subjects.

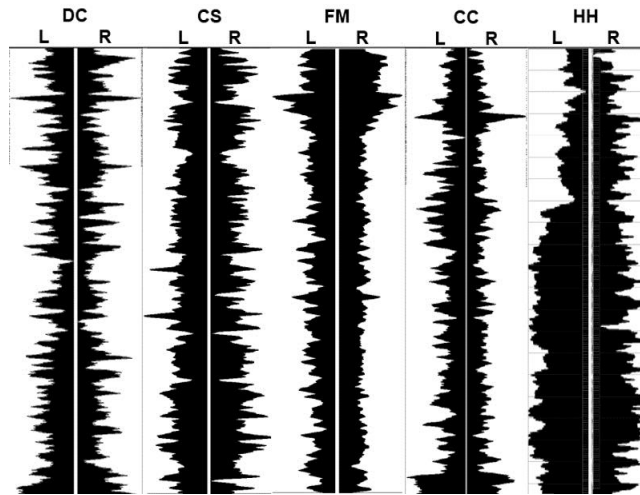


Figure 3

Figure 4 shows the intra-band high frequency resolution (beta range) graphic power spectrum between 17,5 and 18 Hz (0,5 Hz range). In this accumulated segment of 200 seconds of the IQ Raven test execution it is possible to distinguish three peaks and three valleys (6 intra bands total) that are modulated during all the time course of the cognitive task.

A questions arises about how many different intra-bands channels of communication can be distinguished by this graphic dissection method of the spectrogram image. In other words, how many intra-channels conveying different information through the brain can be detected with this method?

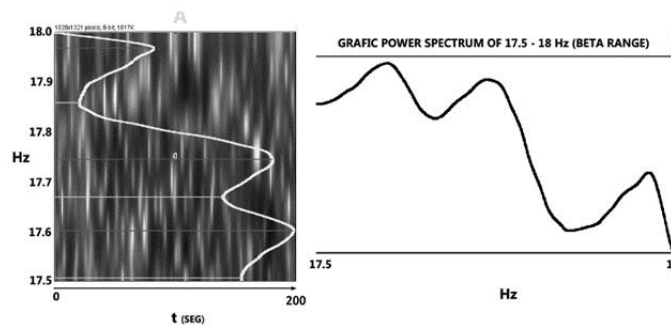


Figure 4

Figure 5 shows the intra-band high frequency resolution graphic power spectrum between 17,5 and 18 Hz (0,5 Hz in the beta range) for the fifteen questions (Q1>Q15) of the IQ Raven Test.

Even in this narrow frequency intra-band of 0,5 Hz wide taken to answer the question set out at the end of the previous figure, differences in the frequency energy distribution for all the questions are noticeable.

Each question shows a particular frequency energy distribution profile which can range from two peaks, as in Q8 and Q15; three peaks, as in Q3, Q4, and Q7; four peaks as in Q2, Q9, Q11; and five peaks in Q5.

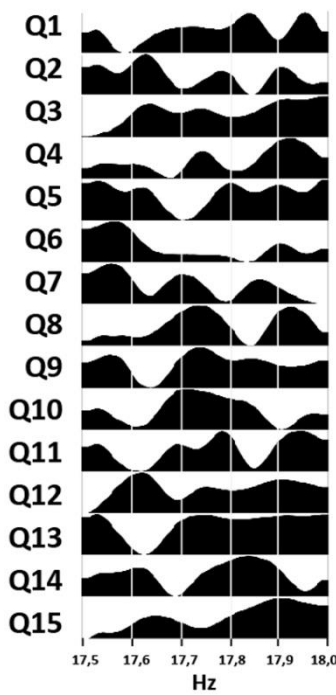


Figure 5

Considering the largest composition of peaks and valleys observed in a question (Q5) it is possible to say that at least 10 different channels of communication (roughly located at the central frequency of each of the 5 peaks and 5 valleys) can work differentially through a cognitive execution in the narrow frequency range of 0,5 Hz.

In other words, using this methodology it is possible to distinguish the behavior of 10 intra-band different frequency energy distribution channels with a tiny frequency range bandwidth of 0,05 Hz (0,5 Hz/10). As also can be observed from the figure, the energy distribution characteristic of these channels are not permanent during the task, they can change in its central frequency (up and down in the frequency range) and/or they can extend the width of their frequency span range, as can be seen in Q10 and Q13, probably intersecting and summing up the activity located in the limits of those frequency channels.

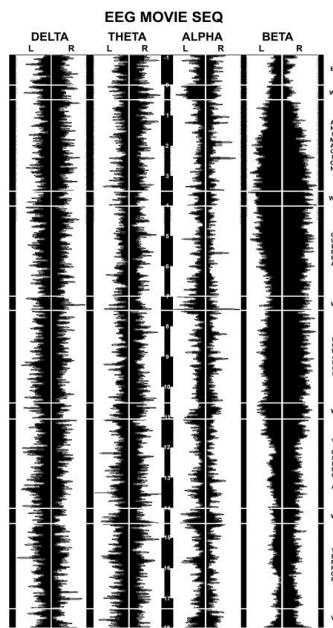


Figure 6

Figure 6 shows an example of the energy distribution time course of the four EEG bands (δ , θ , α and β) of subject HH during watching a movie containing a sequence of five different drama genera (three minutes each): i) animation, ii) war, iii) romance, iv) violence and v) thriller, punctuated by one minute of a white screen.

Differences are clear in the beta range time course energy amplitude where more activity recruitment for the three first genera (animation, war and romance) are observed, but not so in the last two (violence and thriller)

Figure 7 shows a intra β -band, 1 Hz frequency resolution, energy distribution time course for 17 frequency channels (1Hz width), between 14 to 30 Hz, during the movie sequence test. L and R are Left and Right hemispheres respectively.

Differences are noticeable in the differential involving of the 1Hz-wide frequency channels in the different movie drama genera and in the dissimilar profiles pattern showed by the two brain hemispheres.

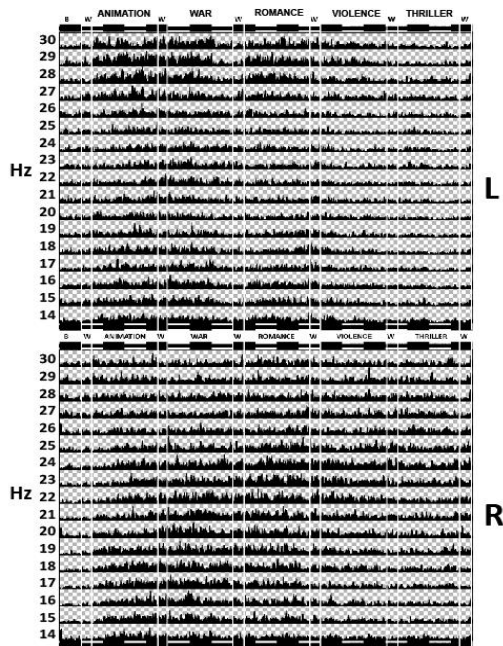


Figure 7

5. Conclusions

EEG phenomenology has been explored by different methods mainly based on computer program routines that extract and describes different aspects of the time and frequency domain of one or multiple EEG signals. Here we described a first-hand graphic exploration methodology based on the quantitative analysis of the pixels components of the EEG spectrogram image generated by the FFT of the amplitude v/s time EEG signal. Results are conclusive in terms of that we obtained a good frequency and time resolution (100 ms and 0,05 Hz, respectively) tested under two experimental conditions chosen for: i) to look for individual differences in the execution of a cognitive task; ii) to find the minimal width of frequency range used as an individual communication channel in the brain cortex communication during cognitive processing; and iii) to distinguish specific subject-dependent differences in the use of these communication channels in the involvement of a particular long-term cognitive task.

We found that in a 1 Hz range of frequency it is possible to detect at least 20 frequency channels conveying different information which can be modulated by amplitude (AM) and/or frequency (FM). We also found that using this method it is easy to detect particular aspects of interest in the EEG spectrogram to follow them in a further and more specific analysis procedure. As this graphic methodology shows, it is very sensitive to reveal inter-individual differences associated to solving a cognitive task, differences that, we hypothesize, eventually could be correlated with specific subject-dependent ways to solve problems in general. In this manner it would be very possible to identify solving-problem preferences, specific by subjects, which opens the possibility to use this information to detect and select subjects for particular purposes, according to their cognitive preferences for problem solving or learning modality.

In a further stage of our research we are going to build an automatic procedure to follow specific and narrow-bands of frequency ranges (channels) that experimentally we find strongly correlated with specific cognitive task-solving or perceptual processes, to use them as potential target for voluntary modulation in the use of a brain-computer interface.

Finally, in a next stage of this research, we point to incorporate the test-performance success variable into the analysis to correlate particular ways of cognitive processing executed by the brain and the comparative better or worse results of this process. This will give us a robust way to compare measures of cognitive performances and to propose methodologies to shift one way of processing of problems to another (more efficient and effective). This will allow us to measure and monitor learning processes in different circumstances as: education, brain storming, decision making, among others, where we will be able to modify and re-engineer human communication and learning protocols to obtain better results.

Corresponding author: hernan.diaz@usach.cl

6. References

Buzsáki, György (2006). Rhythms of the Brain. Oxford University Press.

Suogang Wang and Christopher J. James (2007). Extracting Rhythmic Brain Activity for Brain-Computer Interfacing through Constrained Independent Component Analysis. Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2007, Article ID 41468, 9 pages doi:10.1155/2007/41468.

Le Song and Epps, Julien (2007). Classifying EEG for Brain-Computer Interface: Learning Optimal Filters for Dynamical System Features. Hindawi Publishing Corporation, Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2007, Article ID 57180, 11 pages doi:10.1155/2007/57180.

Pineda, J.A., D. S. Silverman, A. Vankov, and J. Hestenes (2002). TNSRE-2002-BC024.

18TCE. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA: UN ESTUDIO DE CASO PARA SU APRENDIZAJE

CATALÁN, LIDIA¹, CABALLERO², CONCESA

¹Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Yrigoyen 375, Argentina

²Departamento de Física, Universidad de Burgos, Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001, Burgos, España

lcatalan@fcai.uncu.edu.ar, concesa@ubu.es

Resumen: Este trabajo es parte de una investigación organizada como un proceso descriptivo-inductivo atendiendo a la apropiación del campo conceptual de la Inducción Electromagnética por parte de un grupo de estudiantes, del ciclo básico de carreras de nivel superior como ingeniería, y se enmarca en la Teoría de Vergnaud (1990). En este trabajo se aborda, a modo de estudio de caso, el posible conocimiento en acto de un alumno al resolver las actividades y tareas planteadas, así como las representaciones que utilizan para expresar los significados construidos antes y después de la instrucción. Los posibles conceptos y teoremas en acto así como las representaciones utilizadas frente a cada tarea, emergen en los distintos momentos del modelo didáctico. Los resultados encontrados mediante el análisis del contenido de las respuestas de estos alumnos en informes, entrevistas y evaluaciones no sólo muestran la potencialidad de la estrategia didáctica empleada sino que aportan indicadores del proceso de conceptualización de los estudiantes. **Palabras clave:** Inducción electromagnética, campo conceptual, estrategias didácticas, conocimiento en acto.

1. Introducción

Se ha observado que alumnos de los primeros cursos de ingeniería, suelen presentar dificultades en la conceptualización de fenómenos medulares de la física como por ejemplo el fenómeno de inducción electromagnética, obstáculo que se complejiza cuando intentan resolver situaciones dentro del marco de la Ley de Faraday-Lenz. En la bibliografía revisada (Meneses y Caballero, 1995.), Borges (1999), Mendoza (op. cit.); Guisasola et al. (2003, 2005); Almudi et al.(2005), se han encontrado entre otras, dificultades para reconocer los imanes como fuentes de campo magnético mediante características propias de la interacción magnética; diferenciar polos magnéticos de cargas eléctricas; conocer que las líneas de campo magnético son cerradas; reconocer que las cargas en movimiento respecto a un observador inercial, producen campo magnético; analizar la causalidad de los fenómenos de inducción electromagnética demostrando confusiones entre campo y flujo; comprender el concepto de inducción electromagnética; diferenciar entidades físicas de entidades simbólicas como líneas de campo magnético y flujo; o manejar con destreza operaciones propias de los campos vectoriales. Estas dificultades sin embargo, pueden ser reconocidas como parte de las habilidades requeridas para demostrar una adecuada conceptualización del fenómeno, de lo que se desprende la relevancia de un tratamiento didáctico monitoreado que fortalezca estas habilidades en los alumnos o favorezca su desarrollo. Por ello, este trabajo está centrado en el modo en que un grupo de alumnos se va apropiando del campo conceptual de la Inducción Electromagnética. Campo conceptual es el conocimiento científico producido en torno al concepto de Inducción Electromagnética. En un campo conceptual se incluyen no sólo los conceptos sino también relaciones, estructuras y propiedades; contenidos y operaciones específicas, Vergnaud (1990).

Los objetivos propuestos en este trabajo son: describir las representaciones que utilizan los estudiantes para dar significado al concepto inducción electromagnética y caracterizar posibles conceptos y teoremas en acción antes y después de realizada una intervención didáctica, sobre la base teórica de la psicología cognitiva propuesta por Vergnaud. Para desarrollarlos se realizó un análisis en profundidad del contenido de las producciones de una muestra de estudiantes de los cuales en este trabajo, se presenta 1 (uno) de estos casos; a modo indicativo. A continuación luego del marco teórico y metodológico, se bosqueja lo que podría representar el proceso de apropiación del campo conceptual de un estudiante que transitó por un proceso de aprendizaje mediado por una estrategia didáctica alternativa. Finalmente se discuten los resultados y se presentan las conclusiones generales.

2. Marco Teórico

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990), puede representar un marco coherente para la investigación de la enseñanza y el aprendizaje, de los conceptos físicos, (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002, Soares y Fávero, 2002), desde un punto de vista cognitivo. En esta teoría, un concepto incluye simultáneamente tres elementos: “S” un grupo de situaciones, problemas o tareas que le otorgan sentido al concepto; “IO” un conjunto de invariantes operatorios, que se aplican a las situaciones y mediante sus propiedades, relaciones y transformaciones asociadas a ese concepto, que le dan significado al concepto específico en cada una de las situaciones y problemas. Finalmente “R”; un conjunto de representaciones simbólicas y pictóricas usadas en las situaciones que lo pueden expresar como el lenguaje, los gráficos, los dibujos, las expresiones formales y otros. Los invariantes operatorios incluyen teoremas y conceptos en acción. A la hora de operar con ellos en una situación, los primeros son creencias del sujeto que supone como verdaderas mientras que los conceptos en acción, son aquellos conceptos que juzga como pertinentes y relevantes. Un concepto se convierte en significativo, a partir de un proceso gradual, evolutivo, que no es inmediato y que requiere de una serie de interacciones con diversas clases de situaciones. A medida que el sujeto se enfrenta sucesivamente a diversos problemas progresivamente conforma un esquema. Los esquemas, se transforman paulatinamente cuando no resultan efectivos, frente a un grupo de situaciones. La mediación pedagógica del docente es de suma relevancia en tanto ha de proponer situaciones, para lograr una interacción del alumno con el contenido y contribuye a que pueda construir esquemas y/o transformarlos para ajustarlos a los modelos científicos.

3. Metodología

Para describir posibles transformaciones de los significados y significantes de los alumnos antes y después de la instrucción se construyeron dos cuestionarios que incluían un *conjunto de ejercicios y problemas*⁸, vinculadas a conceptos subyacentes al de “Inducción Electromagnética” relacionados con fenómenos como interacciones electromagnéticas, fuentes de campo magnético, interacción entre un imán y una espira conductora, interacción entre un conductor con corriente y un imán, funcionamiento de una brújula. Posteriormente, se procedió a realizar, el análisis en profundidad del contenido de las respuestas de los estudiantes a *cada situación presentada*; de alumnos de 2do año de ingeniería (19-20 años de edad) de un curso de Física Básica, quienes transitaron el cursado de la asignatura mediante una estrategia didáctica alternativa. A posteriori de la

⁸ Algunos de estos problemas son entendidos como “situaciones” en el sentido al que refiere Vergnaud (op.cit) si por ejemplo se observaba que los estudiantes se hacían cargo de los mismos y al resolverlos los producían respuestas nuevas.

resolución del último cuestionario, los alumnos seleccionados fueron entrevistados a fin de cotejar las respuestas antes analizadas, y profundizar el análisis. En este trabajo, se aborda el caso de un estudiante de buen desempeño de una carrera de ingeniería; caso seleccionado además, considerando la procedencia escolar, en cuanto a que el alumno proviene de una escuela con orientación comercial, y para quien la temática desarrollada es nueva. Para propiciar un mejor conocimiento del campo conceptual a tratar en el aula, se elaboró una **propuesta didáctica** centrada en la resolución de un conjunto de situaciones y una modalidad de gestión de la clase basada en la interacción social entre los actores del proceso de enseñanza y aprendizaje. Para ello, del programa de la asignatura, fueron seleccionados tres ejes temáticos centrados en: interacciones electromagnéticas, fuentes de campo magnético y variaciones de flujo magnético, desde los cuales se plantearon diversas situaciones. Por ello, la selección y organización de los contenidos a tratar, fueron expresados a través de las diferentes clases de situaciones incluidas dentro del campo conceptual y se vinculan indefectiblemente con las dificultades que presentan los alumnos tal como señala Vergnaud (1990). Las actividades se seleccionaron y secuenciaron, de modo de conseguir un modelo didáctico flexible que favoreciera el desarrollo de esquemas y con ellos, una progresiva apropiación conceptual. En tal sentido, un aspecto por considerar es que los estudiantes enfrentarán cada situación con los esquemas que posean. Si son competentes en ese campo, resolverán las situaciones en forma inmediata. Por el contrario entrarán en una fase de reflexión y duda (Vergnaud, op. cit.) utilizando esquemas contradictorios o combinando nuevos hasta que progresivamente logren construir esquemas mas o menos estables (Moreira, 2002). El plantear situaciones - problema como estrategias de inicio tiene que ver con la posibilidad del alumno de visualizarse como “detector y operador” del problema, bajo el supuesto que de este modo, el estudiante recurriría a sus esquemas y podría asumir la *responsabilidad de resolverlo*. Una vez transitada esta instancia, se requiere un espacio para que el alumno trabaje con sus pares. En el pequeño grupo recupera su producción, enfrenta y resuelve otras cuestiones que luego ha de someter a discusión en el grupo clase a modo de contrastación plenaria. Estas instancias no son suficientes para que todos los alumnos adquieran los conocimientos. Por ello, luego de la discusión plenaria, (o durante la misma) el profesor le pregunta o plantea nuevas cuestiones vinculadas a las expuestas por los alumnos. Esta interacción puede ser realizada en forma grupal o individual. Terminado este momento, el profesor expone si es necesario alguno de los temas tratados, o a lo sumo realiza aclaraciones al grupo clase. Ésta sería una fase de conceptualización. En ella se trata *en lo posible, de homogeneizar los conocimientos* de la clase y de precisar los saberes construidos, aquellos que se deben retener y bajo qué forma. Una fase de ejercicios, de final de capítulo, seguida de una de auto evaluación acompaña y cierra las fases anteriores. En éstas se trata de que el alumno se familiarice con las nuevas adquisiciones, de hacerlas funcionar en situaciones diferentes para que tome en cuenta su campo de aplicación. Por último, desde el punto de vista del diseño de la gestión didáctica, se analiza la triada alumno-medio/contexto-contenido. Se procura que sea flexible y adaptable según las dificultades y necesidades del alumno y se plantee a modo de hipótesis de acción. Desde lo curricular, se consideran las finalidades de la asignatura dentro de la carrera, el programa y la factibilidad de la propuesta, teniendo en cuenta no sólo la cátedra, sino también la infraestructura institucional. Desde el punto de vista de la operatividad del alumno (o gestión de sus actividades) y del profesor, el modelo didáctico empleado, *IDDEAR*, supone distintas fases, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1: Fases del Modelo IDDEAR (alumno)

Fase	Actividad
Fase 1	Interaccionará con la (o las) situaciones que conforman el abordaje de un tema Enfrentará la/s situación/nes y reflexionará (IS) y se activarán sus conocimientos previos.
Fase 2	Discutirá con sus pares (DP)
Fase 3	Defenderá sus ideas (Defensa o Contrastación Plenaria) (CP)
Fase 4	Escuchará los aportes de otros grupos y/o los del profesor y revisará sus ideas (Conceptualización: C)
Fase 5	Aplicará los modelos tratados y resolverá ejercicios : A /T (Aplicación o Transferencia en forma individual y grupal)
Fase 6	Realizará una revisión metacognitiva (RM)

4. Análisis y Discusion de Resultados

A continuación, se exhibe el estudio del alumno caracterizado como E6.

Etapas Inicial del Estudiante E6: El alumno **E6** es egresado de una escuela comercial. Tiene 19 años, y siete materias aprobadas hasta el momento en la carrera de ingeniería que cursa. E6 forma grupo con E19. En el diagnóstico realizado, al resolver la situación 1 donde se le presentan cuatro situaciones físicas diferentes, tiene que identificar y explicar el tipo de interacción que se presenta y representar gráficamente las fuerzas actuantes-si las hubiera-en cada caso. E6 enfrenta las diversas cuestiones como sigue:

En el primer caso, en el que se aproxima una barra electrizada a una esfera de aluminio suspendida de un hilo, E6 reconoce una interacción a distancia, explicando que: “Las cargas se atraen porque son opuestas.” (R7 US I-2)⁹

Un posible teorema en acto sería que las “cargas opuestas se atraen”. A su vez en el segundo caso, se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se le acerca. Para el estudiante E6 la interacción entre la gillette y el imán es consecuencia de la fuerza magnética: “El imán atrae a la gillette y la gillette al imán.” (R7 US I-4)

En este ejemplo, un posible teorema en acto sería que “imán y metal interactúan debido a una fuerza magnética”. En el tercer caso, en la interacción por contacto entre una varilla cargada y una esfera de aluminio, E6 no reconoce en forma explícita alguna interacción: “Por un momento quedan en contacto hasta que se ordenan las cargas” (R 7U S I-6). El último caso, se muestra un conjunto de trozos de papel y una birome cargada. E6 considera que la atracción observada se produce por una fuerza electrostática.

En todos los casos, representa “la interacción” mediante una flecha. En el primero, (esfera-barra) con sentido de acercamiento entre los cuerpos. En el tercero, con sentido de alejamiento. Es llamativo que dibuje sólo una flecha en la hoja de afeitar del segundo caso y en los trozos de papel del cuarto, lo que lleva a cuestionar acerca del significado que E6 tiene sobre interacción, al iniciar el tratamiento del campo conceptual, acaso de *unilateralidad* como señalan Stipcich y Moreira (2004). E6 no responde las situaciones 2 y 3 donde se presentan diversas problemáticas vinculadas al campo magnético. En la situación 4, se muestra un imán fijo que se acerca y aleja de una espira de cobre coaxial con el imán. Se pide que se analice la presencia de una corriente inducida en la espira conductora en diferentes momentos del movimiento del imán. E6, responde que justo

⁹ R7 US I-2: Las siglas que aparecen al final de los datos textuales refieren al número de registro y la unidad de significado de donde fueron extraídas. Así en este caso corresponden al registro 7 y la unidad de significado I-2

después de que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira, y afirma: *“Se mueven las cargas dentro de la espira”* (R7 U S I-9). En esta situación un posible teorema en acto emergente residiría en la idea que *“que debido al movimiento del imán las cargas de la espira se mueven por lo que aparece una corriente.”* A su vez, un largo tiempo después que el imán se haya detenido, la corriente no seguirá circulando, porque supone que el fenómeno deja de producirse: *“Porque no hay más interacción a distancia.”* (R7 U S I-10). Después de que el imán comienza a alejarse, para E6 no circula corriente en la espira debido a una interacción entre cargas: *“Se oponen las cargas, por eso se separan.”* (R7 U S I-11). E6 parece presentar un error epistemológico, tal vez un cambio en la representación como si pasara de una interacción electromagnética a una de tipo electrostática. En la situación 5, se le pide a E6 que explique cómo se produce energía hidroeléctrica y se solicita que realice un croquis explicativo de alguna central local, analizando si este recurso tiene alguna relación con los fenómenos electromagnéticos. E6 realiza un dibujo simplificado de la situación y expresa: *“Se aprovecha la caída libre del agua que toma velocidad y fuerza para hacer girar la turbina que está conectada a un generador que éste por electromagnetismo produce corriente.”* (R7 U S I-12)

Como se observa, E6 posee algunos conceptos que explicita a la hora de resolver las situaciones presentadas, como carga energía, velocidad, sin que sean suficientes para dar cuenta del campo conceptual. Presenta errores de tipo epistemológico y en general puede decirse que no posee competencias para resolver diferentes clases de situaciones dentro del recorte conceptual respecto a la inducción electromagnética.

Etapa Final del Estudiante E6: En el cuestionario final, la primera situación que se plantea coincide con la formulada en el diagnóstico inicial. Se puede observar que ha habido un cambio en los significados del alumno. Esta vez E6 puede completar y fundamentar sus respuestas. En el primer caso del diagnóstico E6 reconocía una interacción a distancia, esta vez agrega que también hay presente una fuerza electrostática y la explica diciendo que: *“En este caso se atraen por una carga opuesta de la esfera comparada con la de la barra. Son fuerzas inducidas a distancia no de contacto.”* (R7 U S II-2). En el segundo caso además de reconocer una fuerza magnética, registra una interacción a distancia, mediada por los dominios de los cuerpos: *“Se atraen por la disposición de los dominios en los dos cuerpos (en el imán casi uniforme) y atrae a la gillette por poseer el momento magnético resultante distinto de cero.”* (R7 U S II-4). En estos primeros dos casos, E6, representa las interacciones mediante dos flechas ubicadas en cada cuerpo respectivamente. En la última situación su respuesta es la misma que en el diagnóstico y en forma análoga dibuja una sola flecha que ubica en el papel. Acaso reflejan aún posibles confusiones subyacentes tal vez en el manejo de las representaciones simbólicas. En la situación 2, se le pide que reconozca algún material de uso cotidiano que presente las configuraciones ilustradas en una figura y que explique el cambio de orientación de las flechas del material cuando se lo coloca en presencia de un campo magnético. E6 fundamenta a partir de las propiedades de los materiales ferromagnéticos sin explicitar algún objeto de uso habitual: *“Los materiales que poseen dominios alineados o relativamente alineados lo que quiere decir que van a tener un momento magnético resultante... tiene sus dominios alineados, es probable que haya sido sometido a un campo magnético.”* (R7U S II(9-10)

En la tercera situación, se presenta un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular el plano sobre el cual se apoya el imán. E6 reconoce y describe en forma adecuada, fuentes de campo magnético como imanes e hilos de corriente, a través de líneas de campo magnético continuas en forma gráfica y lingüística. Respecto a la interacción entre el imán y el hilo de corriente, a diferencia del diagnóstico, E6 discute las afirmaciones que se presentan para lo que dibuja el hilo de corriente y el imán y el campo magnético que

produce cada uno. Si bien las argumentaciones lingüísticas sobre las interacciones son adecuadas, no las explicita vectorialmente: ... "EL conductor tiende a irse hacia adentro de la hoja y si el cable está sujeto el imán tiende a girar, visto de arriba, en el sentido de las agujas de un reloj." (R7U S II-34).

En la situación 4, se presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente. Se pide que se indique el sentido de la corriente inducida para cada espira y que ordene de mayor a menor el valor de la fem de las espiras explicando el razonamiento seguido. E6, si bien resuelve en forma adecuada, centra su respuesta en el campo magnético. Es interesante señalar que en su argumentación plantea la expresión simbólica formal de la fem inducida en términos de la velocidad, el campo magnético y el lado fijo de la espira: "Las espiras 1, 4 y 5 tendrán la misma fem debido a que el B es el mismo, su velocidad también tiene la misma magnitud y su alto es el mismo, pero la 1 es en sentido contrario a la 4 y 5. En las espiras 3 y 2 no se induce corriente." (R7U S II-23)

En la situación 5, se plantea un solenoide coaxial con una espira conductora. El solenoide se encuentra fijo y el interruptor del circuito, se conecta y desconecta sucesivamente. Se pide que se analice la corriente inducida en la espira conductora en diferentes estados de circulación de corriente en el solenoide. E6 señala que justo después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira:

"Por un instante induciremos una corriente, pero si la corriente en el solenoide es continua, no varía el flujo en la espira y no estaríamos induciendo una corriente" (R7U S II-24)

Dibuja una espira con una corriente circulante en sentido horario y representa con flechas la forma en que el campo atraviesa a la espira. También utiliza notación simbólica cuando expresa: "B aumentará hasta mantenerse constante"... "Si la corriente es continua solo tendremos una fem por un instante, luego ésta será cero" (R7 US II-25).

El estudiante agrega: "Apenas abramos el circuito también se inducirá una fem por un instante, pero como ya no hay corriente y el campo se hace cero, por lo que el flujo se hace cero, la fem también será cero." (R7U S II-26). Como se observa, E6 manifiesta un cambio importante respecto de su diagnóstico inicial, tanto en la diversidad y cantidad de conceptos que utiliza al resolver las situaciones como la multiplicidad de representaciones que utiliza.

La situación 6 presenta un transformador en el que se aplica una diferencia de potencial continua a la bobina primaria. Se pide explicar por qué dicha bobina puede quemarse. E6 argumenta en términos de la fem inducida: "...si conectamos una diferencia de potencial continua a la primer bobina sucederá que induciremos por un instante una corriente en la segunda pero luego no recibiremos una oposición debido a la corriente ... O sea, al no inducirse una fem en la bobina 2 no se opondrá a la corriente en la bobina 1. El calentamiento se produce por el paso de la corriente y la resistencia del conductor." (R 7 S II(29-30)). Complementa su expresión lingüística con la expresión simbólica formal de la potencia en términos de corriente y resistencia. No es desatinado afirmar además que en relación al eje temático: "interacciones", las ideas y representaciones que plantea parecerían presentar un grado de estructuración importante. La actividad de cierre que se plantea es acerca de un circuito ideal de barra deslizante ubicado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje "y". La barra se mueve a la derecha con una velocidad "v" constante. En esta situación se pide que reconozca y explique las interacciones que se producen. Adjudica el fenómeno a la fuerza electromagnética y destaca la presencia de una fem como consecuencia de la interacción entre el campo magnético y el área variable de la espira: "Acá interactúa el campo magnético con el área variable de la espira cuadrada, induciéndose una fem en la misma" (R 7US II-43). Dibuja además la fuerza magnética debida la interacción entre la corriente inducida y el campo magnético. En el análisis de la entrevista final, en los turnos de habla 7 y 13, E6 se expresa en forma coherente en relación al flujo magnético. E6 parece tener un esquema que

sostiene para resolver el conjunto de situaciones que corresponde a cada eje. Lo que demuestra que habría construido una estructura de conocimiento que pone en acto al resolver cada clase de situaciones. Con el objetivo que se representa en cada tarea, opera en la búsqueda de sus invariantes demostrando que es competente al menos para dicho conjunto de situaciones y si se tienen en cuenta sus respuestas a las actividades planteadas en el diagnóstico inicial, es imposible no constatar el cambio en sus representaciones mentales; sus significados y significantes, respecto a este campo conceptual.

5. Conclusiones

En el marco de lo propuesto, se describieron las representaciones de un estudiante de un curso de Física de Ingeniería, antes y después de un proceso instructivo. En forma análoga se caracterizaron posibles conocimientos en acción al resolver un conjunto de situaciones. Inicialmente, el estudiante resuelve parcialmente las situaciones presentadas; y utiliza algunas expresiones mayoritariamente lingüísticas. Por otro lado presenta algunos posibles obstáculos epistemológicos como el centrar las explicaciones sobre la inducción electromagnética sólo alrededor del concepto de campo magnético. Además se detectan algunos posibles obstáculos ontológicos como el mantener sus explicaciones en torno a situaciones más bien perceptuales, concretas y visibles. En esta instancia se puede inferir que inicialmente no posee competencias –en sentido amplio- para enfrentar y resolver situaciones propias de este campo conceptual. A su vez en la instancia final la información general de las representaciones recolectadas, permiten concluir acerca de un progresivo dominio del campo conceptual. El análisis detallado permite argumentar que los posibles conceptos en acto experimentan una transformación hacia conceptos más abstractos y más pertinentes, propios del lenguaje científico a posteriori del proceso instructivo. Las relaciones establecidas entre ellos expresadas como afirmaciones de conocimiento logran una mayor potencialidad explicativa de los fenómenos propios de este campo conceptual y se traducen en razonamientos e inferencias adecuadas desde el punto de vista científico. Asimismo se observa que el uso de otros formatos expresivos, ya sean pictóricos o simbólicos, como la solvencia para operar con las diferentes magnitudes, tiende a amalgamarse complementariamente con las expresiones verbales. Persisten dos tendencias que consideran en forma alternativa dos modelos explicativos de la inducción electromagnética: uno centrado en la tasa de variación de flujo magnético y otro en el campo magnético o en su variación. Una posible creencia subyacente –teorema en acto- alude como causa de inducción electromagnética al campo magnético. Las conclusiones a las que se arriban son propias del caso, si bien estos resultados pueden ser útiles para orientar otras investigaciones e inclusive para el diseño de nuevas estrategias didácticas.

6. Bibliografía

- Almudi, M.; Zuza, K. y Bonet, E. (2005). Explicando los fenómenos de inducción. *Número Extra.VII Congreso*,
- Borges, T. (1999). Como Evolutem Os Modelos Mentais. *Revista Ensaio, pesquisa educação en ciencias*, 1,1, 85-125.
- Guisasola, A. J.; Salinas, J. Almudi, J. y Velazco, S. (2003) Análisis de los procesos de aplicación de las Leyes de Gauss y Ampère por estudiantes universitarios de España y Argentina. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25,2,195-206.
- Guisasola, A. J.; Almudi, J.M., Ceberio; M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario: Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las ciencias*, 21, 2, 281-293.

- Guisasola A. J.; Zuka, J. Almudi, J. y Zubimendi, J. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada *Enseñanza de las ciencias*, 23, 3, 303-320.
- Greca, I. y Moreira, M. A. (2000). Un estudio sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales, respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física general, estudiantes de postgrado y profesores. U.F.R.G.S.
- Henríquez, Llancaqueo, A.; Caballero, M.C. y Moreira M.A. (2003b). El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2,3.
- Meneses Villagrà, J. Y Caballero Sahelices, C. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 1. Barcelona.
- Perales Palacios, F. J.; Cañal De Leòn, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales- Teoría y Práctica de la enseñanza de las ciencias*. Ed. Marfil. España
- Perez Mendoza. (1999). Ingeniería & Desarrollo. Concepciones alternativas Electromagnéticas en estudiantes. Universidad de Física Gral. y sus implicancias en la enseñanza, 6, pp.5-27. www.Ciruelo.uninorte.edu.com.
- Soarez Gomez De Sousa, C.; Fávero, C. (2002). Análise de uma situação de resolução de problemas de física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7,1, 1-24.
- Vergnaud. G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10, 23, 133-170.

19TCE. HACIENDO DE CUENTA QUE OBSERVAMOS LOS ASTROS EN EL LABORATORIO DE FÍSICA I

SANCHO, E. G.⁽¹⁾; LADAGA, J. L.⁽²⁾; MENIKHEIM, M. C.⁽¹⁾

⁽¹⁾LEVA-Departamento de Física - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Buenos Aires –

⁽²⁾Departamento de Física - Facultad de Ingeniería - Universidad Tecnológica Nacional Regional La Plata –
esancho@fi.uba.ar

Resumen

Con el objeto de estimular el interés de alumnos y docentes auxiliares se realiza una experiencia en una materia de Física General correspondiente al tercer cuatrimestre de todas las carreras de ingeniería. Se trabaja sobre temas de Óptica Física, fenómenos como los de interferencia y difracción son estudiados. Como ejemplo de la aplicabilidad de estos conceptos se los introduce en el análisis de espectros.

Se utiliza la analogía entre un par de radiotelescopios y la experiencia de las dos rendijas de Young. Luego de su total comprensión, el resultado se extiende a una red de radiotelescopios o sea una rejilla de interferencia en el laboratorio.

Las experiencias, y sus semejanzas son estructuradas según el nivel de percepción de los distintos grupos de alumnos voluntarios como parte del proceso educativo de la práctica, buscando integrar lo investigativo y lo laboral. Se trata de identificar y resolver problemas análogos a aquellos demandados por la comunidad. El estudiante aprende a identificar y solucionar problemas, de manera que puedan ser significativos y útiles para él.

Se discuten semejanzas y se marcan las diferencias entre las mediciones hechas con radiotelescopio y las realizadas en el laboratorio con interferómetros sumadores de Young. Esta práctica acompaña el desarrollo del tema de las redes de radio telescopios en su evolución y utilidad. Los alumnos utilizan sus conocimientos de interferencia, difracción, análisis de coherencia y batido de ondas en una aplicación que simula la astronómica y que en otra etapa podría complejizarse.

1. Objetivos

El primer objetivo desde el punto de vista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje es crear un Trabajo Práctico para alumnos de las carreras de ingeniería en la materia Física I en el tema de la Óptica Física. En este trabajo los alumnos utilizan sus conocimientos de interferencia, difracción, análisis de coherencia y batido de ondas con el objeto de simular la descripción de un astro (via el análisis del brillo, visibilidad, y síntesis de abertura de un supuesto astro).

En la producción de este trabajo de laboratorio colaboran alumnos avanzados de las carreras de ingeniería en informática, electrónica y mecánica. Un segundo objetivo es el desarrollo modular de los trabajos prácticos, donde en cada módulo se ofreceran tesis de grado en las áreas de ingeniería antes mencionadas con el objeto de la mejora de las mediciones realizadas.

2. Introducción

La Astronomía es la ciencia que propicia el desarrollo de las diferentes ramas de la tecnología, entre ellas la mecatrónica, hasta sus límites; la precisión necesaria en los

sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos es muy superior a la requerida por el mejor robot industrial.

Con los radiotelescopios se miden temperaturas (intensidad, traducidas en registros de tensión, $V \propto \sqrt{I}$) del brillo de un astro, esta medida es realizada a 'cielo sucio' (la señal contaminada por múltiples factores). La atmósfera de la Tierra, influye en las observaciones realizadas. No puede despreciarse su contribución como emisora y absorbente de la radiación. El problema planteado en la observación astronómica sintéticamente es de un importante orden de complejidad (ver fig 1), donde la interferometría actúa como un pequeño engranaje en una gran maquinaria.

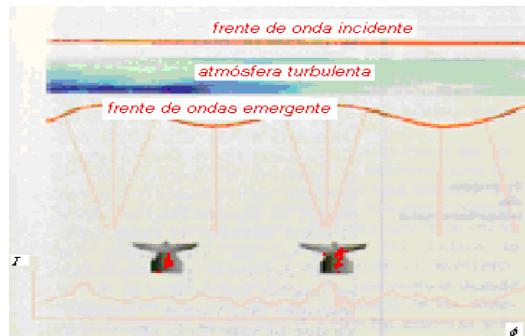


Figura. 1

ESQUEMA DE DOS RADIOTELESCOPIOS CAPTANDO LAS SEÑALES EMITIDAS POR EL SOL, PERTURBADAS POR LA ATMÓSFERA Y LA DEVOLUCIÓN DE LA SEÑAL INTENSIDAD COMO FUNCIÓN DE LA POSICIÓN ANGULAR DEL ASTRO

No obstante que lo relevado sea en frecuencias de radio, mediante tratamiento de señales, puede ser llevado a imágenes. La gran diferencia de las radiofrecuencias con las frecuencias ópticas es su capacidad para transitar la atmósfera sin contaminar demasiado el frente de onda incidente pues la longitud de onda de radio está alejada de ciertas características propias del medio turbulento que atraviesa., aunque la señal recibida es muy débil.

Los procesos ópticos y las radiofrecuencias se diferencian en los dispositivos necesarios para la observación, vg. si se considera un sistema binario, formado por dos fuentes de luz que distan angularmente entre sí un segundo de arco, y se quieren percibir ambas fuentes como separadas, para su resolución en el visible ($\lambda \approx 550 \text{ nm}$) se requiere un espejo de 14 cm de diámetro, en el infrarrojo ($\lambda \approx 10 \text{ micrones}$), de 2.5 m, y en radio ($\lambda = 1 \text{ cm}$) sería de 2500 m. Todo lo anterior es válido trabajando en el límite de difracción.

En radioastronomía, para obtener resoluciones similares a las obtenidas en el rango óptico se necesitan radiotelescopios de tamaño enorme., en un radiotelescopio de 100m de abertura que observa la línea HI (de hidrógeno) de 21cm la resolución en longitud de arco es de 10', mientras que la resolución del ojo humano en la pupila de salida es de 1'.El diámetro de una estrella cercana al Sol cubre un ángulo del orden de un milisegundo de arco.La solución a este tipo de problemas, es la *interferometría*.

Un interferómetro registra franjas. Cuando se quiere estudiar un objeto con un interferómetro, la pregunta a plantear es ¿Puedo obtener franjas de interferencia del objeto que voy a estudiar?.

En un interferómetro astronómico, las dos antenas se comportan como las dos rendijas de Young donde las franjas se emplazarían en un plano hipotético situado en la estación de trabajo.El análisis realizado para medios ópticos, relativos a los fenómenos de interferencia y difracción, es similar. En los radiotelescopios el desfase es producido

electrónicamente, por retardo de la señal de radiofrecuencias (en realidad convolución, el retardo es temporal) y batido de la señal, mientras que en Young el retardo es espacial (por diferencia de camino óptico). La semejanza ha sido recientemente presentada en el laboratorio ver [4] y [5] . En la **Figura 2** puede observarse un esquema simple de la semejanza por nosotros utilizada [1] [2] [3]

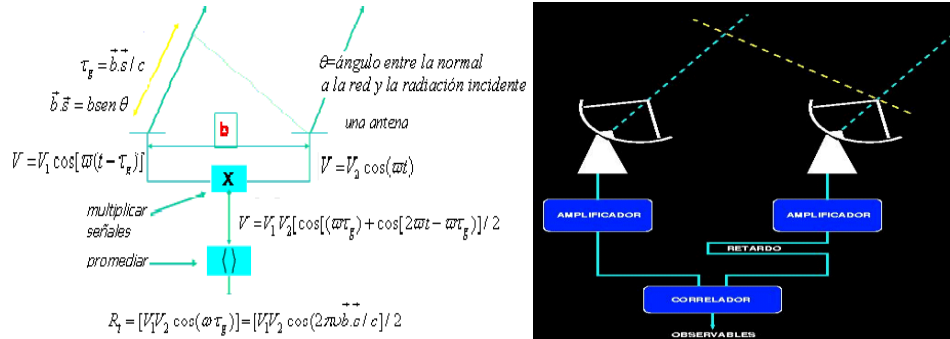


Figura 2
ESQUEMA DEL INTERFERÓMETRO ESTACIONARIO MONOCROMÁTICO
Y DE UN PAR DE RADIOTELESCOPIOS



Figura. 3
DIAGRAMA POLAR DE UNA DOBLE RENDIJA O
UN PAR DE RADIOTELESCOPIOS

La señal promedio según lo descrito en **Figura 2** será independiente del tiempo, dependiendo de la intensidad de la fuente a través de la expresión:

$$R_t = [V_1 V_2 \cos(\omega \tau_g)] = [V_1 V_2 \cos(2\pi v \vec{b} \cdot \vec{s} / c)] / 2. \quad (1)$$

se usa “V” para denotar el voltaje de la señal: de modo que el factor $V_1 V_2$ es proporcional a la intensidad de la fuente, I_g . (medida en $\text{Watts} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-2} \cdot \text{ster}^{-2}$) en el caso astronómico.

La intensidad del producto depende también de las antenas (área y ganancia), pero estos factores pueden calibrarse. La respuesta de una fuente extensa se obtiene integrando la respuesta sobre el ángulo sólido de la fuente en el cielo (pues la fuente de luz no es puntual)

El diagrama de potencia polar (ρ, θ) de un interferómetro sencillo tiene lóbulos laterales muy desarrollados. Estos lóbulos proyectados sobre el cielo son bandas como muestra la **Figura. 2** con el objeto de permitirnos definir con precisión la posición del astro.

Las antenas son equivalentes a las rendijas, la potencia recibida entonces es dada por:

$$P \propto 1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} b \sin \theta\right) \quad (2)$$

La detección de las franjas requiere conocer la línea de base con una precisión de

En radio frecuencias

$$\frac{\lambda}{b} \approx \frac{cm}{10^3 km} \approx 10^{-8} \quad (3)$$

En frecuencias ópticas $\approx 10^{-3}$

El correlador (mide el grado de similaridad entre las dos señales ,en la experiencia de laboratorio no se utiliza) necesita de un modelo geométrico con esta precisión, corrigiendo por precesión, nutación, movimiento de las placas tectónicas, variaciones atmosféricas, en la descripción astronómica.

En astronomía se mide la función visibilidad,

$$V(\vec{b}) = \frac{I_{\text{Max}} - I_{\text{mín}}}{(I_{\text{Max}} + I_{\text{mín}})},$$

y se utiliza el método de la síntesis de abertura para resolver la ecuación (4)

$$V(u, v, w)e^{-i2\pi w} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A(x, y)I(x, y)e^{i2\pi(ux+vy)} dx dy \quad (4)$$

Su objetivo es el cartografiado de la fuente $I(x,y)$, este es un método barato de lograr un interferómetro de gran resolución. Para aumentar la resolución angular se usan interferómetros de muchos elementos.

La señal depende de la superficie colectora total. El flujo colectado depende del tamaño del colector. Relaciona la variación de intensidad de la fuente con las características del interferómetro.

El parámetro crítico de un interferómetro es su línea de base (distancia entre radiotelescopios) proyectada sobre el plano del frente de onda., esta proyección cambia a medida que la tierra rota. Esta es la clave para la interferometria por síntesis de apertura, en el laboratorio se desplaza el láser semeando la rotación terrestre

3. Metodología

En una primera etapa se modela de la siguiente manera: el análisis realizado para medios ópticos, relativos a los fenómenos de interferencia y difracción es similar, si bien en los radiotelescopios el desfase es producido electrónicamente, la idea es construir un modelo semejante en frecuencias ópticas discutiendo los límites de esta construcción.

Se tiene un cielo artificial basado en el esqueleto de un hemisferio celeste, con meridianos y paralelos realizado en madera, para ubicar con cierta precisión el astro (en este caso su análogo es: un puntero láser de He-Ne de 10 mw de potencia solidario al esqueleto del hemisferio celeste y un segundo de menor intensidad muy cercano al anterior).

Se toma al sol como una fuente extensa cuyo brillo y diafragma se pueden calcular y medir. Los lasers actuaran como fuente solar, la luz será descripta análoga a una onda mecánica continua, armónica simple, las antenas de los radiotelescopios serán dos ranuras puntuales.

Se estima el poder resolutor de un par de rendijas de Young mediante la utilización de lasers apropiados (calibración del instrumento de observación), colocando los lasers en posiciones contiguas y hallando la menor distancia a la que pueden ser diferenciadas como fuentes distintas. Un láser es usado para ver el espectro, es decir su distribución espacial

de intensidad. Con 2 láseres se analizan mediante la simple suma de los dos espectros de intensidad el poder resolutor del sistema acercando las fuentes e identificándolas como distintas

Determinación de los bordes del astro, muchas fuentes astrofísicas presentan un diámetro angular que no se puede resolver con una pupila única. Pero la interferometría permite mejorar la resolución espacial y *medir* por ejemplo diámetros estelares.

Se modela la fuente astral con un único láser mas las rendijas de Young el objetivo es identificar el espectro de fase moviendo la fuente sobre el cielo aparente (se modela la fuente en el infinito o sea como un disco homogéneo). En consecuencia se determina el diámetro aparente de la misma (magnitud del borde aparente).

Se mantiene el sistema interferométrico fijo y el astro moviéndose en el cielo, se observa un diagrama de interferencias con máximos y mínimos (en este caso se hacen girar los punteros láser sobre posiciones del hemisferio celeste construido ad-hoc), se señala aquí que el movimiento aparente del astro viene dado por la rotación de la tierra.

Se construye un diagrama polar que sirve tanto para el esquema interferométrico como para las antenas, ya que es un diagrama de potencia, una medida del vector de Poynting (Corriente de energía que es lo que estadísticamente tiene sentido)

Se plantea, con el cielo en torno al lugar donde se ubica la rendija- o sistema de dos o mas radiotelescopios, simulando la posición del astro relativa a la tierra que rota (los movimientos relativos hacen que en el radiotelescopio la figura de interferencia sea descrito en el tiempo, mientras que en el modelo óptico el despliegue es en el espacio). La similaridad pone en juego la capacidad del alumno de describir los movimientos relativos y sus equivalencias además de los órdenes de magnitud en juego.

Se simula una fuente extensa iluminando con el láser un disco tratado para generar una inhomogeneidad finita en el brillo. Se barre moviendo el disco (astro) en los paralelos y meridianos celestes colimando el haz de luz proveniente del disco al ir corriendo el "astro" se tiene un mapeo de intensidades según la posición (fase) al procesar la información se ve la imagen de la inhomogeneidad en la dirección del recorrido, luego rotando 90° se obtiene el mapeo completo del supuesto astro

Se construye un modelo de síntesis de abertura (cartografiado de la fuente $I(x, y)$) el que es un método barato de conseguir un interferómetro de gran resolución usando pocos elementos.

Se mide la visibilidad en el sistema óptico propuesto, para ello se cuenta con un fotómetro con escala 0.1- 20000 lúmenes , cambiando de posición la fuente de luz se logra calcular la función visibilidad (o contraste).Acá es necesario aclarar que en nuestras experiencias medimos la intensidad de potencia media, mientras que en radio astronomía se mide la tensión que es proporcional al campo eléctrico

Para longitudes de onda larga, es conveniente utilizar el número de onda que resultará pequeño. Esto explica la complementaridad entre los parámetros longitud de onda y número de onda, útiles para expresar las leyes físicas según la escala que más convenga.

Con dos láseres se pueden simular dos fuentes lejanas puntuales y acercándolas se puede

mostrar el método de síntesis de abertura para aumentar la resolución mediante interferometría, utilizando la esfera celeste como marco cósmico para identificar los ángulos de los haces correspondientes. Utilizando un goniómetro, se calcula la función visibilidad y su utilidad práctica.

Se identifica que sucede con los radiotelescopios, girando la red óptica (equivalente) se observa que es el patrón el que cambia, analizando el desplazamiento de los máximos secundarios y mínimos lo que representará el cambio en el tiempo de la señal de los radiotelescopios (el corrimiento angular con respecto al máximo central sobre la pantalla se corresponde con el corrimiento del espectro temporal de la señal en las antenas)

Luego se repiten algunas experiencias con una red interferométrica (red de radio telescopios).

En relación a lo que uno puede lograr con en el análisis de las semejanzas diremos que el alumno aprende a modelizar, analizar experiencias no muy complejas, aplicar los conceptos incorporados en la materia, estudiar su utilidad y sobre todo poder evaluar lo que hace de diferente a uno y otro proceso.

En una segunda etapa las observaciones pueden ser digitalizadas (utilizando una CCD) y automatizada la adquisición de datos, se programaran las placas graficas dedicadas de las computadoras, lo que permitiría reducir el error, el tiempo de adquisición de datos, el procesamiento. Básicamente la misma idea pero con mas recursos para inferir mejores resultados.

4. Resultados y Conclusiones

En una primera fase se propuso un modelo sobre-simplificado a un grupo piloto de alumnos y colaboradores avanzados de la materia Física 1. (2 colaboradores, alumnos adelantados, y 6 alumnos).El propósito era, una vez desarrollados los conocimientos necesarios, despertar la inquietud en el aprendizaje y la enseñanza de la Óptica Física aplicada a la astronomía.

La metodología empleada para el monitoreo y registro de la experiencia, consistió en la apertura de un foro en el campus, donde los alumnos y colaboradores participantes podían expresar sus consultas, propuestas y se comprometían a una evaluación final en la que expresaron sus críticas y mejoras propuestas a lo realizado. Todas las opiniones fueron muy positivas y los alumnos que realizaron esta experiencia aprobaron en primera instancia el coloquio integrador rendido.

Se constató que el tema constituía una motivación intrínseca para los alumnos y además ayudaba a comprender los temas teóricos tratados en la materia. Los resultados se presentaron en [4].

En una segunda fase presentaremos como posibles temas de tesis de grado las diferentes tareas de configuración y desarrollo del equipamiento necesario para ir subdividiendo el trabajo en pequeños módulos.

Con los resultados alcanzados diseñaremos las experiencias que luego podrán ser incluídas como electivas tanto en nivel de grado como de posgrado.

5. Bibliografía

- [1] Radioastronomía e Interferometría. Gomez José L. *Institut d'Estudis Espacials de Catalunya/CSIC Curso de Verano 2003. Universidad de Alcalá.*
- [2] Interferometría -- Zamorano Jaime. *Universidad Complutense de Madrid -- Curso 2001-2002.*
- [3] First initial, Middle initial, Lopez Jesús M., "Técnicas de Radioastronomía".
- [4] Un aprendizaje de la Óptica comprometido con el desarrollo sostenible
E.G.Sancho,J.L.Ladaga, M.C.Menikheim Presentado en World Congress & Exhibition Engineering 2010-Argentina October 17th–20th, 2010, Buenos Aires, ARG.
- [5] Laboratory Exercises Using the Haystack VSRT Interferometer To Teach the Basics of Aperture Synthesis J. M. Marr, A. Pere, K. Durkota, A. E. E. Rogers, V. Fish,M. B. Arndt. . preprint Submitted to the American Journal of Physics (15-Sep-2011).

20TCE. ACUERDO SOBRE COMPETENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN LA ARGENTINA.

JUÁREZ, S.M., PLIEGO, O.H.; RODRÍGUEZ, C.S

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Av. Pellegrini 250 Universidad Nacional de Rosario
juarez@fceia.unr.edu.ar

Resumen: El profundo impacto de la ciencia y la tecnología en los sistemas productivos, y más ampliamente en la sociedad, ha puesto en crisis la educación superior, traduciéndose en reformas educativas permanentes. En América Latina, y más precisamente en Argentina, en el momento de replantear los proyectos formativos de Ingeniería, las instituciones universitarias han orientado el cambio curricular alrededor de aspectos específicos tales como: duración de las carreras de grado, redefinición del perfil profesional, contenido de las asignaturas, carga horaria, distribución y reformulación de estrategias comunicativo-didácticas, formulación de objetivos en términos de competencias, entre los más relevantes. En este trabajo presentamos una descripción de las competencias genéricas y específicas que han sido expresamente elaboradas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), en octubre del año 2006. Se conjuga así un lapso de arduo trabajo en los procesos de cambio curricular, con una visión estratégica orientada a estar y permanecer a la vanguardia de las mejores prácticas de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería. Finalmente, informamos acerca de nuestras actividades, respecto del desarrollo, en los alumnos y docentes de una de esas competencias, cual es la de “comunicarse con efectividad”.

1. Desarrollo

Marco teórico político-conceptual

El diseño actual de los planes de estudio de las carreras de ingeniería, tiende al uso de las competencias como horizonte formativo. Trabajar por competencias o integrarlas intencionalmente, podría dar un marco que facilite la selección y el tratamiento de los contenidos desarrollados más eficazmente. El ingeniero debe saber y saber hacer, lo que no surge solo de la adquisición de conocimientos sino, además, del resultado de poner en función una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas que requiere ser

explicitada en el proceso de aprendizaje, incluyendo actividades que permitan su desarrollo. Aclaramos que la formación de grado se propone desarrollar las competencias que debería poseer el recién graduado y en el nivel de desarrollo adecuado al inicio de su actividad profesional.

La incorporación de competencias en los currículos de ingeniería tiende a facilitar el intercambio y la movilidad académica permitiendo a los estudiantes conocer sistemas académicos y docentes diferentes, conociendo otras realidades económicas y sociales.

Cuando hablamos de competencias debemos saber de qué estamos hablando. Para ello, tomaremos como referencia, algunos autores para precisar el concepto. Para Perrenoud y Le Boterf, **competencia** es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto, con el fin de resolver situaciones profesionales. (CONFEDI 2006)

Para Gonczi y Athanasou (Obaya y col., 2011), el concepto se concibe como “una compleja estructura de atributos necesarios para el desempeño de situaciones específicas, combinación de atributos (conocimiento, actitudes, valores y habilidades) y las tareas que se tienen que desempeñar en determinadas situaciones”.

Es interesante tener en cuenta las acepciones de los verbos que confluyen en el mismo sustantivo; aquí una breve descripción.

“Desde el siglo XV nos encontramos con dos verbos en castellano “*competir*” y “*competere*” que, proviniendo del mismo verbo latino (“*competere*”), se diferencian significativamente:

1-“*Competere*”: pertenecer o incumbir, dando lugar al sustantivo **competencia** y al adjetivo competente (Apto, adecuado)

2-“*Competir*”: pugnar, rivalizar, dando lugar también al sustantivo **competencia**, competitividad, y al adjetivo competitivo.

Como educadores debemos prestar más atención al *competere* que al *competir*, lo incierto es que el sustantivo “competencia” derive de ambos verbos”. (Urzua & Garritz, 2008)

La definición de competencias nos señala que: (CONFEDI 2006)

- aluden a capacidades complejas e integradas
- están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental)
- se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional)
- están referidas al contexto profesional (situación en que el profesional debe desempeñarse)
- están referidas al desempeño profesional que se pretende (manera en que actúa un profesional técnicamente competente y comprometido socialmente)
- permite incorporar la ética y los valores

Este concepto, tal como lo entendemos los educadores, es la resultante de teorías cognitivas, las que, básicamente, se refieren a “saberes de ejecución”. Si pensamos que todo proceso de conocimiento se traduce en saberes, entonces es posible establecer la reciprocidad entre competencia y saber. Es por ello que decimos: saber pensar, saber argumentar, saber interpretar, saber actuar en distintos escenarios, dentro de un contexto determinado. Toda competencia va unida a una práctica social compleja.

Enseñanza y aprendizaje orientado al desarrollo de competencias. Sus implicancias

Para favorecer el desarrollo de competencias necesitamos:

- Tener claro qué competencias debemos considerar en los estudios de ingeniería y en cada especialidad. Esto supone pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje profesional, desde el desempeño en los diferentes ámbitos del hacer profesional y social.

Para ello debe tener en cuenta las necesidades actuales del país, de la sociedad y del medio laboral, adecuando las lógicas de aprendizaje académicas a las lógicas del mundo del trabajo, del mundo económico, político y social. (CTSA)

-Facilitar el desarrollo de las competencias de manera explícita durante la formación del ingeniero, con estrategias de enseñanza y de aprendizaje que estén orientadas al avance de su desarrollo.

-Revisar el proceso de evaluación, incluyendo estrategias que permitan evaluar y acreditar el desarrollo de las competencias. Es decir, no solo tener evidencias de aprendizajes disciplinares específicos, sino, también, evidenciar el desarrollo de las competencias.

-Modificar el rol docente tradicional al rol docente facilitador y mediador de situaciones de aprendizaje y evaluador de la presencia de las competencias que se incluyen.

Todo lo mencionado hace que la incorporación del modelo de competencias en la enseñanza de la ingeniería, requiera de un trabajo previo de análisis y discusión e implica abordar ciertas tensiones presentes en los discursos y en las prácticas docentes, como consecuencia de los procesos de cambio en el abordaje actual de la enseñanza de las ingenierías. (Abate, S., Lucino, C. 2007)

Estas tensiones nos indican que el escenario actual se abre a la necesidad de un paradigma comprensivo diferente al paradigma clásico.

Propuesta para la delimitación de la formación de grado

En este aspecto es fundamental tener en cuenta dos ejes:

a-Diferenciar entre Competencias de Egreso y Competencias Profesionales

Las Competencias de Egreso se desarrollan mediante las prácticas pre-profesionales a lo largo del trayecto curricular académico de los estudiantes, capacitándolos para una efectiva inserción laboral. En lado opuesto, las Competencias Profesionales, terminan de desarrollarse a través de las prácticas profesionales que el ingeniero realiza cuando ejerce su profesión, a lo largo de los años. Éstas suponen un grado de dominio superior al anterior.

b-Reconocer la relación entre las Actividades reservadas al título y las Competencias de Egreso.

Las Actividades reservadas al título son aquellas que legalmente están reservadas para los profesionales con una determinada terminalidad., marco abarcativo que cubre cualquier actividad profesional. Esto no significa que quien recién se gradúa deba estar capacitado para realizar, competentemente, cualquiera de ellas. Cuando hay que definir el Perfil de Competencias de Egreso, este concepto es fundamental dado que permite redefinir contenidos y no sobrecargar los planes de estudios.

Además, las Competencias de Egreso, no deben limitarse solo al marco de las Actividades reservadas al título, si acordamos que la formación académica es de naturaleza integral y no solo técnica.

Clasificación de las competencias

Para su mejor tratamiento se las clasifica en genéricas y específicas.

Competencias genéricas: están vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros.

Competencias específicas: están vinculadas a las competencias profesionales comunes a los ingenieros de una misma especialidad.

- Competencias genéricas de la Ingeniería
 - Competencias tecnológicas
 - Competencias sociales, políticas y actitudinales.

- Competencias específicas de la terminalidad

Competencias tecnológicas:

1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
3. Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Competencias sociales, políticas y actitudinales:

6. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
7. Competencia para comunicarse con efectividad.
8. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
10. Competencia para actuar con espíritu emprendedor

Desde la complejidad para una adecuada implementación curricular, se propuso un esquema que desagrega cada competencia en capacidades

Describimos a continuación las capacidades relacionadas con cada una de las competencias genéricas mencionadas en el párrafo inmediato anterior:

1-*Capacidades para:* identificar y formular problemas, realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada, implementar tecnológicamente una alternativa de solución, controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas.

2-*Capacidades para:* concebir soluciones tecnológicas, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

3-*Capacidades para:* planificar y ejecutar proyectos de ingeniería, operar y controlar proyectos de ingeniería.

4-*Capacidades para:* identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles, utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas.

5-*Capacidades para:* detectar oportunidades y necesidades insatisfechas o nuevas maneras de satisfacerlas mediante soluciones tecnológicas, utilizar creativamente las tecnologías disponibles, emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.

6-*Capacidades para:* identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas, reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos, asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.

7-*Capacidades para:* seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio, producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

8-*Capacidades para:* actuar éticamente, actuar con responsabilidad profesional y compromiso social, evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

9-*Capacidades para:* reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida, lograr autonomía en el aprendizaje.

10-*Capacidades para:* crear y desarrollar una visión, crear y mantener una red de contactos.

El orden numérico en que las presentamos no tiene su correlato en un orden de jerarquías.

Nuestras actividades para el desarrollo de “competencia para comunicarse con efectividad”

En el ámbito de esta facultad los estudiantes tienen serias dificultades en la comunicación fuera del lenguaje matemático. Desde la enseñanza de la Química, para carreras de ingenierías no químicas, hace un tiempo que nos abocamos a desarrollar, entre otras, la competencia para comunicarse con efectividad, dado que los estudiantes no conocen cómo generar argumentos válidos científicamente, con el lenguaje propio de la disciplina. Por ello lo enseñamos en el aula, utilizando el Modelo Corpuscular de la Materia y la energía (térmica, mecánica, eléctrica, etc) disponible en los sistemas y el Modelo Argumental de Toulmin. Durante el proceso van adquiriendo la capacidad para seleccionar estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores. Para nosotros, los docentes de química, la estrategia comunicacional elegida es la que incluye la de “producir textos (técnicos descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes”, lo que con seguridad nos fija claramente una de las más importantes pautas de la evaluación del proceso. (Pliego y col. 2010; Juárez y col. 2010; Rodríguez y col. 2010)

2. Reflexiones finales

Todo lo expuesto nos muestra que el futuro profesional debió ser un alumno activo en el proceso de construcción del conocimiento, involucrándose, con otros, en un proceso de construcción social. Es relevante que, además, se forme activamente, integralmente, promoviendo su autonomía, la toma de decisiones, con capacidad para argumentar, analizar e interpretar, capacidades éstas en las que se anclan las competencias antes mencionadas, de forma creativa, crítica y reflexiva dentro los parámetros del pensamiento científico. Es difícil generar, permanentemente, en las aulas, eventos y situaciones que le permitan al alumno desarrollar actividades reales y contextualizadas. Deberíamos tender a una opción metodológica que posibilite un aprendizaje consciente, contextualizado, recurriendo a entornos reales, en lo posible y, a situaciones que la propicien como simulaciones computarizadas que les replique la realidad social y cultural. Para que se logre esta acción es necesario que este cambio impacte también en nosotros, los docentes, transformándonos en lo referente al propio conocimiento de los contenidos disciplinares, adquiriendo representaciones pedagógico-didácticas que se conecten con las necesidades sociales y disposiciones de nuestros alumnos. Así hablaríamos de docentes mediadores, facilitadores, constructores y reconstructores de los saberes de los estudiantes; acercándolos, a los conocimientos ya elaborados y a los de sus propias habilidades de aprendizaje. En función de lo establecido por el CONFEDI y aceptando lo antes mencionado, nos hemos comprometido a desarrollar la capacidad de argumentar, no solo para atender lo disciplinar, sino para incrementar dicha capacidad en lo personal y profesional.

3. Bibliografía

- Abate, S.M. y Lucino, C. V. (2007) “Enfoque curricular orientado al desarrollo de competencias en carreras de ingeniería” Revista Paradigma, Vol. XXVIII, N° 1 87-104 ISSN 1011-2251.

- CONFEDI (2006) “Primer acuerdo sobre Competencias Genéricas” 3° informe Villa Carlos Paz, Córdoba.
http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria_academica/Competencias_CONFEDI.pdf
- Ibáñez Robert R. (2008) “La universidad latinoamericana, la formación de los futuros profesionales y las competencias de los docentes” Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia Revista Iberoamericana de Educación ISSN: 1681-5653 n° 48/1 Editorial: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)
- Obaya y cols. (2011) “Aspectos relevantes de la educación basada en competencias para la formación profesional” Revista Educación Química UNAM, 22, 62-68
- Juárez, S. Pliego, O.; Rodríguez, C. (2010) Breve historia de nuestro grupo de investigación en enseñanza de la química (GIEQ). Alternativas. Serie Espacio Pedagógico, 15 (58/59), 79 - 87.
- Paz Penagos, H. (2009) El aprendizaje situado como una alternativa en la formación de competencias en ingeniería Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias y Tecnología EDUCyT, Memorias, I Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología, ISBN: 978-958-99491-0-8
- Pliego O. H., Rodríguez C. S. Juárez S. M (2010) Influencia de la enseñanza simultánea del modelo corpuscular y el argumental en la calidad de las respuestas argumentativas en el aula de química. Anuario Latinoamericano de Educación Química, XXIII (XXV), 132 - 137.
- Rodríguez, C.; Pliego, O.; Juárez, S. (2010) La presentación intencional del modelo corpuscular para favorecer la explicación de la volatilidad de los líquidos al comienzo del curso de química. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería (ISSN: 1515-5838), 11 (20), 17 - 23.
- Urzúa H. y A. Garritz R. (2008) “Evaluación de competencias en el nivel universitario” Revista ide@as CONCYTEG, 3(39): 138-154.

21TCE. EMPLEANDO UN ENTORNO VIRTUAL PARA PROMOVER EL DESARROLLO DE NUEVAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA

SCOTTA V., MARCHISIO S., JUÁREZ S., FERRARA S.

**Escuela de Posgrado y Formación Continua. Departamento Educación a Distancia -
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de
Rosario**

scotta@fceia.unr.edu.ar

Resumen: En este trabajo se presentan resultados de una investigación diseñada con el objeto de valorar el alcance de una capacitación a distancia para profesores en actividad en el nivel medio en Argentina.

La capacitación abordó el problema de la incorporación de herramientas computacionales para la enseñanza de contenidos matemáticos e incluyó estrategias de indagación colectiva de los profesores sobre sus prácticas. Se propuso la experimentación de nuevos escenarios y el desarrollo de nuevos roles con el uso de tecnologías de información y comunicación (TICs) en un entorno virtual. Las condiciones para la incorporación de TICs en la escuela y de apropiación de las mismas por parte de los profesores y el potencial de los mismos para un uso creativo y didáctico de las TICs, son los ejes observados. Para ello se recurre al análisis de un foro que registra el proceso de elaboración de “proyectos de aula” y a la observación de: otros intercambios en e-mails y foros, registros de video grabación en instancia presencial y de audio grabación en reuniones con tutores.

1. Introducción

El perfeccionamiento profesional en el uso de las actuales tecnologías de información y comunicación (TICs) por parte del profesorado es uno de los factores favorecedores de la integración de las mismas al currículum escolar. Es claro que la mera inclusión de estas tecnologías en la escuela no alcanza si lo que se espera es modificar estilos de enseñanza generadores de procesos de aprendizaje constructivos en los que los nuevos recursos, como herramientas de la cultura contemporánea, se integren en estrategias promotoras del aprender a aprender.

Desde nuestra perspectiva, la capacitación docente en el uso de TICs debe superar enfoques destinados al desarrollo de habilidades meramente instrumentales y generar condiciones para que la adopción de las mismas en el espacio del aula se fundamente en procesos de indagación colectiva de los profesores, en el análisis crítico, reflexivo, contextualizado de sus prácticas en la propia institución y que resulten en replanteos y en adquisición de criterios en relación con los propios marcos conceptuales y metodológicos. Un equipo interdisciplinario diseñó el curso a distancia, desde la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR (FCEIA-UNR). Como objetivos básicos del curso se plantearon:

- Promover la reflexión crítica sobre el uso de la PC en la enseñanza
- Proporcionar espacios para la investigación y generación de estrategias didácticas favorecedora de procesos para un aprendizaje significativo
- Promover el análisis y la discusión en el curso o en la propia escuela, sobre metodologías, estructuración de contenidos, actividades de aula
- Favorecer a partir de ello la inmediata incorporación de los conocimientos construidos en el contexto de la propia práctica

-Orientar sobre otras facetas e implicancias de los contenidos que el profesor acostumbra a abordar en la escuela, trascendiendo el espacio de la disciplina;

-Generar instancias de comunicación de experiencias

-Orientar sobre el accionar docente incorporando la reflexión en la tarea de diseñar nuevas prácticas y desarrollar estrategias didácticas acordes.

La evaluación de los distintos aspectos del diseño y desarrollo de este curso contempló distintas etapas y la participación de distintos equipos de investigadores (Anido et al, 2006; Marchisio et al, 2006). La evaluación de ciertos aspectos vinculados a la implementación a distancia de una reedición del mismo en el entorno virtual es encarada en esta oportunidad por el equipo de autoras de este trabajo, con intervención del Departamento de Educación a Distancia de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR, responsable del diseño de la misma. Así, en relación con el curso interesó investigar:

- El contexto de la capacitación, configurado por los recursos materiales de las instituciones y las relaciones de poder que en las instituciones comprometen el contexto educativo.

- La apropiación de los recursos tecnológicos por parte de los docentes-alumnos, reflejada tanto en sus prácticas como en la vida particular.

- Las aptitudes y actitudes en provecho de una adecuada actualización docente para el uso creativo - pedagógico de las TICs.

2. Algunos aspectos destacados del curso

2.1 Caracterización de los profesores destinatarios

Los interesados fueron profesores en actividad desempeñándose en el nivel medio de enseñanza en provincia de Santa Fe, Argentina, área de Matemática. La mayoría eran mujeres con escasa disponibilidad de tiempo para la asistencia a cursos presenciales (cuestiones laborales o familiares). Algunos de ellos residentes en localidades alejadas de los habituales centros de formación, siendo la modalidad de educación a distancia una alternativa de cursado favorecedora para la capacitación. Las necesidades formativas particulares no se restringen a la actualización en el espacio de la propia disciplina de formación ni a las características marcadas por el “estilo de aprender adulto” (García Aretio, 1996); hay casos en los que se manifiesta falta de conocimientos básicos en el uso de Internet. Participaron en el foro de presentación del curso solo 12 profesores; el resto se comunicó por el e-mail revelando tanto desconocimiento en el uso de un foro como reticencia a exponerse ante sus colegas.

2.2 El curso en el entorno virtual

Desde la perspectiva de la formación de profesores, el diseño del curso se sustenta en la necesidad de favorecer procesos de indagación y reflexión crítica (Zeichner, 1987; Kemmis, 1987) mediante el uso de estrategias que involucran trabajo en torno a contenidos y metodologías de enseñanza. El ámbito específico de actuación docente fue concebido como un espacio de aprendizaje (Marchisio, 1997; 2003) en el que el profesor toma decisiones, diseña las estrategias de enseñanza más adecuadas, reflexiona sobre conceptos, procedimientos y actitudes con los que operará, y ejecuta las acciones que considera más convenientes. Con este sustento los materiales, sus modos de administración, la selección de los medios y la acción tutorial se organizan haciendo uso de estrategias comunicativo–didácticas acordes (Anido et al.,2003).

La duración del curso fue de seis meses y se diseñó con cuatro instancias presenciales; la evaluación integradora final se desarrolló también en instancia presencial. La

presencialidad estuvo alternadas con períodos de algo más de mes y medio de trabajo en ambiente virtual y destinado a estudio autónomo, con apoyo tutorial permanente a cargo del equipo docente autor de los materiales y profesores – tutores invitados. El plan de acción tutorial incluyó el uso del entorno virtual de tecnología “e-educativa.com”, con empleo del correo interno grupal e individual de la plataforma y espacios en foros, la posibilidad del chat para intercambios informales, el fax, el teléfono y, de resultar de interés a los destinatarios, eventuales consultas cara a cara en la propia institución.

Los contenidos y las distintas estrategias didácticas se organizan alrededor de tres ejes temáticos en forma modular: “Funciones”, “Cálculo Matemático” y “Herramientas computacionales”.

Junto a la propuesta de incorporación de recursos computacionales como herramientas para el aprendizaje, el proceso de reflexión sobre los mencionados ejes temáticos adquirió una significación adicional buscando que no se adopten "fórmulas" pedagógicas ni se apliquen "modas" que se imponen sin fundamentos, que el profesor tome contacto con el ordenador, encuentre la posibilidad de su utilización dentro de su disciplina, y entienda hasta dónde es el mismo es asistente dentro y fuera del aula (Simoniello et al, 1995).

Así, los contenidos matemáticos se abordaron con empleo de TICs en permanente vínculo con estrategias didácticas asociadas para la transferencia al nivel medio de enseñanza.

Las actividades desarrolladas en distintos momentos a lo largo del curso buscaron promover procesos de:

- *Reflexión sobre los marcos conceptuales disciplinares,*
- *Análisis de propuestas metodológicas superadoras de la mera aplicación operatoria de un recurso*
- *Indagación acerca de las propias prácticas docentes,*

Para facilitar al profesor la estructuración y el diseño efectivo de su “proyecto de acción en el aula” se destinó parte de un encuentro presencial . Este foro se denominó “Armando el proyecto final de aula”.

La acción tutorial fue casi personalizada y los tutores coordinados por un equipo coordinador institucional.

La elaboración, de los llamados “proyectos de acción en el aula” se constituyó en una de las instancias básicas de la evaluación. Al respecto, se concibe a esta como una actividad integradora que exige al profesor el análisis de la organización conceptual y la fundamentación de su práctica, conjugando diseños curriculares, estilos y procesos de aprendizaje, las políticas institucionales, la problemática de la región y de la escuela, así como las características de los alumnos. Todo ello hace pensar en esta actividad como un recurso interesante para visualizar las estrategias didácticas que los profesores proponen para sus alumnos con empleo de TICs.

3. El análisis del proceso de elaboración del “Proyecto de aula”

3.1. El sentido de su observación

El “proyecto de acción en el aula” es concebido como un espacio de interrelación entre el pensamiento del profesor y las líneas de acción docente (Marchisio et al., 1996). Su elaboración constituye la fase preactiva de la tarea de enseñar (Medina y Domínguez, 1995). Desde nuestra perspectiva, esta práctica es una actividad comprometida con el modo de pensar del profesor acerca de la educación y la disciplina, que se expresa en la “acción intencional de enseñar”. La misma se explicita a través de lo que el profesor prioriza en sus producciones escritas o verbales: documentos, material de enseñanza que

propone, actividades, participaciones personales, etc.

Entendemos que la actividad de estructuración de un “proyecto de acción en el aula” configura el espacio de definición y de explicitación de estrategias para dar solución a un problema didáctico, en un contexto conformado por factores socio - culturales, institucionales, disciplinares y pedagógicos. Todo proyecto ha de estar orientado a la resolución de un problema. Lejos de constituirse en un esquema de organización rígido, el diseño debe prever instancias de reformulación cuando sea necesario para arribar a la solución del problema (Marchisio et al, 1996).

3.2. Fundamentos metodológicos para el análisis

Siguiendo a Murias y Lorenzo (2003), para el análisis de un foro de formación pueden observarse cuatro grandes orientaciones complementarias:

- Análisis de la participación
- Análisis de los aspectos discursivos pragmáticos
- Análisis lingüístico
- Análisis del Contenido

De acuerdo con ello puede entender que un análisis de contenido incluiría necesariamente los siguientes pasos:

a) selección de la comunicación que será estudiada; b) selección de las categorías que se utilizarán; c) selección de las unidades de análisis, y d) selección del sistema de recuento o de medida

3.3. El análisis del foro

La “intervención grupal” o el conjunto de las “intervenciones grupales”, - entendido el conjunto en este caso como un discurso completo conformado a partir de intervenciones parciales -, pertenecientes a cada uno de los grupos de trabajo, se constituyó en la “unidad de análisis” en este estudio.

Además de la persona que actuó de moderadora, intervinieron los profesores destinatarios integrantes de 7 grupos de los conformados al inicio. Las participaciones de los mismos en el foro fueron personales, pero en representación de un grupo o equipo de trabajo. El número total de intervenciones fue 16. Esto determinó que se desestimara, al menos en esta etapa de la investigación, la utilización de software estadístico.

Luego de realizar una lectura de las intervenciones grupales a modo de discursos completos, se analizaron algunos aspectos salientes de la participación, lingüísticos y discursivos. A partir de ello y en relación con los ejes de interés en esta investigación, se definieron las siguientes categorías de análisis:

Explicitación de una fundamentación o existencia de un diagnóstico.

Atención a aspectos de índoles y contextos diversos que operan como condicionantes de las prácticas de aula

Problema didáctico que se busca resolver

Objetivos que se buscan alcanzar con el empleo de TICs

Contenidos disciplinares involucrados

Metodología de trabajo con empleo de TICs

Propuesta de realización de tareas con profesores de otras áreas disciplinares.

Propuestas de actividades de aprendizaje.

Administración del tiempo

Recursos materiales y participación de personas.

Las modalidades asumidas por cada categoría no fueron definidas a priori. Se seleccionaron manifestaciones puntuales, palabras, frases, oraciones, párrafos en cada una de las participaciones grupales del foro que reflejaran, ideas, pensamientos, testimonios. Los mismos fueron asociados a la categoría correspondiente. Acordados los criterios de clasificación, se conformó una tabla que sistematizó los resultados para cada grupo o equipo de trabajo. El grupo de investigadores discutió y analizó grupalmente los resultados hallados. Una síntesis de los mismos se reproduce a continuación.

4. ¿Qué emerge del análisis del proceso de elaboración de los proyectos de aula?

En relación con la participación en el foro “Armando el proyecto de aula”, la misma se constituyó como una serie de intervenciones que dieron lugar a una cadena de mensajes organizados a partir de la intervención inicial sin llegar a darse, salvo en una ocasión, conversaciones inter grupos de trabajo. Específicamente, a partir del mensaje inicial, los diferentes grupos, - a partir de un trabajo previo de elaboración a distancia o presencial, a elección o conveniencia de los mismos -, fueron interviniendo, a través de la participación individual de alguno de sus integrantes, respondiendo, por lo general, en forma incompleta e informalmente sobre los ítems sugeridos o sobre las preguntas planteadas por la coordinadora de la actividad, consultando o exponiendo inquietudes.

Los cursos / asignaturas en los que los profesores pensaron incorporar el uso del software, la institución en la que veían más viable el desarrollo del proyecto y el tiempo curricular en el marco de la asignatura en cuestión fueron los aspectos a los que los profesores dieron inmediata respuesta, sin aludir a las otras cuestiones planteadas en el mensaje inicial. A partir de ello, la moderadora volvía a intervenir para dinamizar el foro y reorientar el análisis, reformulando las preguntas iniciales y proponiendo nuevas reflexiones. Finalmente 5 de los 7 grupos concretaron avances relativos significativos, llegándose a estructuraciones parciales, relativamente coherentes, pero que no siempre presentan un diagnóstico de situación en el que se incluya el análisis de aspectos contextuales. Por lo general no presentan claramente el problema concreto a resolver y se destaca además que uno de los grupos envió una actividad totalmente diferente a la que en una primera intervención manifestaba que iba de realizar, mostrando total reformulación de su diseño.

Puede afirmarse que la actividad de estructuración del proyecto resultó ser una tarea compleja para los docentes destinatarios, a pesar de haberse discutido con ellos las dimensiones básicas de la misma, y orientado la actividad en el foro.

En cuanto a los problemas didácticos principales identificados por los profesores, los mismos aluden a déficits en el desarrollo de estrategias cognitivas de los alumnos: inconvenientes en la lectura comprensiva e interpretación de textos y consignas, falta de hábitos y de trabajo metódico y perseverante, la operatoria matemática, y falencias en la resolución de ecuaciones. La mayor parte de los profesores llegan a plantear objetivos de logro acordes a estos problemas.

En cuanto a las actividades propuestas por los profesores como estrategias de resolución del problema didáctico, se destaca que en la mayoría de los casos las mismas fueron transcripciones de las de libros de texto de uso difundido diseñados para el estudio y prácticas de alumnos del nivel medio, con lápiz y papel. En pocos casos se propuso específicamente en la actividad el aprovechamiento del potencial de la herramienta computacional como recurso para la representación y la hipotización, mientras que la necesidad de integrar el trabajo con otras áreas como Tecnología y Ciencias Naturales fue muy poco considerada.

La mayoría de los profesores se expresó en relación con una escasa disponibilidad horaria de uso del laboratorio de informática; por otra parte, mientras que algunos manifestaban

que la mayor parte de sus alumnos contaban con su propia PC, en otro caso se manifestó acerca de grandes dificultades de acceso y a la necesidad de recurrir a la colaboración de las fuerzas vivas de una localidad vecina para poder incorporar el uso de la PC.

5. Conclusiones

En la relectura de los eventos, materiales y vivencias, los registros en la plataforma, la lectura de las encuestas, el recuerdo de diálogos telefónicos y la observación de videgrabaciones, fueron utilizados para el reconocimiento de algunas categorías determinantes en el desarrollo de esta capacitación. Con ello se intenta brindar aportes en el campo de la evaluación de la modalidad a distancia (García Martínez y Ortega Carrillo; 2002).

Es claro que las características del estudio no habilitan la realización de afirmaciones concluyentes, sin embargo, lo recabado permite identificar en el grupo investigado ciertas características de la institución escolar, información sobre el grado de apropiación de TICs por parte de un conjunto de profesores que enseñan contenidos matemáticos en los niveles EGB y Polimodal y sobre el potencial de los mismos para el diseño de estrategias pedagógicas creativas.

Una mirada crítica, pero operativa, permite ver que en la misma Argentina se presentan escenarios diferentes, no hay una realidad única. Entre regiones, dentro de la misma provincia, y hasta en la misma ciudad, los escenarios se configuran de manera por demás de particular. En este curso a distancia los participantes fueron mayoritariamente docentes de escuelas de una misma región geográfica, pero cuyos establecimientos muestran una diversidad tanto en los recursos disponibles y facilitación institucional, como en disposición docente hacia la actividad profesional (Codarin, 2005). Al respecto, se destaca, en relación con la institución escolar, la existencia de grandes desigualdades que emergen como advertencias de parte de los profesores: necesidad de vencer el temor por el uso de la tecnología en directivos y profesores; es decir, también en ellos, grupos de alumnos numerosos, escasamente instrumentados de todo lo relacionado a lo conceptual matemático,

- Laboratorios informáticos sin suficiente capacidad o simplemente carencia de laboratorios
- Horarios escolares “poco didácticos” que no permiten el aprovechamiento de los recursos de la institución;
- Pocas escuelas con los recursos necesarios y muchas escuelas que carecen de lo mínimo para poder trabajar con todos los alumnos en actividades con empleo de TICs; algunas de ellas, en zonas geográficas marginales que deben responder prioritariamente a urgencias propias de un contexto socioeconómico desfavorable

El estudio permite afirmar en relación con el grupo destinatario, la existencia de :

- Profesores con dificultades en lo conceptual - disciplinar,
- Profesores movilizados por las brechas que proponen proyectos y estrategias de colaboración de las fuerzas vivas de la localidad o la concurrencia a un centro tecnológico fuera del horario escolar.
- Profesores que por primera vez emplearon e-mail e INTERNET,
- Profesores que en su gran mayoría no proponen actividades innovadoras con uso de TICs

Por último, ante el uso cada vez más frecuente, de nuevos entornos informáticos, en este trabajo nos preguntamos si ello determina la existencia de nuevas prácticas docentes. Al

respecto, si bien no se han investigado las prácticas del grupo de profesores destinatarios, el decir de los mismos recabado a través de los distintos instrumentos lleva a afirmar que existen profesores que comprenden la necesidad de una pedagogía innovadora; nuevas habilidades intelectuales y actitudinales que va a requerir el alumno al formar parte integradamente en una sociedad informatizada, motivados y activos, empecinados a pesar de algunos obstáculos, pero que aún no se han apropiado efectivamente de las tecnologías, junto a otros más reticentes, con manifestaciones de temor a la innovación.

Entendemos que este estudio aporta datos valiosos para efectuar ajustes y orientaciones personalizadas, adecuando enfoques, metodologías y contenidos para provocar en próximos cursos la reflexión del profesor sobre particularidades de su práctica que deben sustituirse.

6. Referencias bibliográficas

- Anido, M. Simoniello, A.M. Marchisio, S, 1997 “Experiencias en el marco de un proyecto para el diseño de un curso a distancia sobre cálculo diferencial e integral” en *Congreso Internacional de Informática Educativa..* Santa Fe, Argentina
- Anido, M., Simoniello, A.M., Marchisio, S. 2003 “Unidades didácticas para un curso de capacitación docente en Análisis Matemático con la modalidad de educación a distancia” en *Proceedings I Workshop en Educacion Matematica..* Asunción, Paraguay
- Codarin, L. 2005 “Experiencias docentes en Ciencias Sociales y su implicación en el mercado laboral” en *1º Congreso Internacional Online TICvida*, - [documento en línea] disponible en www.documentalistas.com [página visitada el: 19/03/09]
- García Aretio, L. 1996 Educación a Distancia Hoy.. Editorial UNED, España
- García Martínez, F. y Ortega Carrillo, J. 2006 “Una propuesta de formación "online" para directores de centros escolares: resultados de una investigación evaluativa”, en M. Lorenzo, J. A. Ortega y otros (Coord.) *Escuela y Exclusión Social: Perspectivas organizativa..* Granada: Grupo Editorial Universitario, pp. 223-274.
- Kemmis, S., 1987 Critical reflection. M.Widden and Y. Andrews (eds). Staff Development for school Improvement., New York, Falmer Press.
- Marchisio, S; Cabanellas, S; Massa, M; Sánchez, P; Llonch, E; D’amico, H; Yanitelli, M., 1996 “El docente de Ciencias Naturales como diseñador de su práctica” en *Memorias del Tercer SIEF.* APFA. Córdoba, Argentina.
- Marchisio, S., 2006 “La actuación docente de los profesores de ciencias ¿un ambiente de aprendizaje en educación a distancia?” en *Encuentro Internacional de Educación a Distancia..* Universidad de Guadalajara, México
- Marchisio, S. 2003 Tecnología, educación y nuevos “ambientes de aprendizajes” una revisión del campo y derivaciones para la capacitación docente, *Revista RUEDA N° 5 ..* EUDELAR
- Marchisio, S. Simoniello, A.M., Anido, M. 2002 *A distancia ...¿pero cómo?..* Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR, Rosario
- Marchisio, S., Codarin, L., Von Pamel, O., 2006 “Educación a distancia en ambientes virtuales y actualización docente en el desarrollo de estrategias didácticas con empleo de TICs. Aportes al diseño a partir de una experiencia”, en *¿Edudiseños o Tecnodesignios? IV Seminario Internacional y II Encuentro Nacional de Educación a Distancia*, RUEDA - Edit. Asociación de Profesores Facultad de Ingeniería de la UNR, Argentina.
- Medina, A. y Domínguez, C., 1995 *Enseñanza y Currículum para la formación de*

personas adultas.. EDIPE, Ediciones Pedagógicas, Madrid

- Murias y Lorenzo 2003 “El descubrimiento de la dimensión cualitativa de la investigación a través de un foro educativo”, en Medina y Castillo “Metodología Para la Realización de Proyectos de Investigación y Tesis Doctorales”.. Edit. Universitaria
- Simoniello, A.M., Marchisio, S., Anido, M., González, M.I. 2002 “*La herramienta computacional DERIVE en el estudio de funciones y su aplicación en la resolución de problemas del Análisis Matemático*”. FCEIA- UNR, Rosario
- Zeichner, K. 1987 Enseñanza reflexiva y experiencias de aula en la formación del profesorado.*RevistadeEducación*.Nº282,4-10.

22TCE. ENTORNOS VIRTUALES: UNA HERRAMIENTA PARA ESTUDIAR ECUACIONES NO LINEALES

CALIGARIS, M. G.; RODRIGUEZ, G.B.; LAUGERO, L.F.; VALIA, G.

**Grupo Ingeniería & Educación – Facultad Regional San Nicolás – Universidad
Tecnológica Nacional. Colón 332 (2900) San Nicolás – Argentina**

E-mail: gje@frsn.utn.edu.ar

Resumen: Entre los distintos recursos tecnológicos destinados al proceso de aprendizaje, se destacan los entornos virtuales como una opción que permite romper las barreras espacio – temporales que existen en las aulas tradicionales.

El objetivo de este trabajo es mostrar el sitio web que se ha elaborado para el desarrollo de uno de los temas que se dicta en las cátedras de Análisis Numérico en la Facultad Regional San Nicolás: resolución de ecuaciones no lineales. Este material podrá ser utilizado como complemento de las asignaturas, o integrar cursos a distancia para proponer como alternativa a los alumnos recurrentes, en la modalidad de cursado intensivo.

El cursado intensivo es una nueva alternativa de cursado de materias de grado que se brinda en la Universidad Tecnológica Nacional. En esta nueva modalidad, el proceso de enseñanza – aprendizaje está centrado en el grado de avance del estudiante. Por esta razón, las distintas actividades que promueven el aprendizaje pueden realizarse en forma no presencial.

Este sitio, además, es un ejemplo de cómo los recursos tecnológicos pueden contribuir tanto al mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje como al desarrollo de diversas competencias por parte del alumno.

1. Introducción

La organización de un proceso de enseñanza aprendizaje con el empleo de entornos virtuales es un proceso pedagógico que tiene como objetivo el desarrollo de la capacidad de aprender, a partir de la creación de las condiciones específicas que lo favorezcan, apoyado en el empleo de la tecnología.

Entre los distintos recursos tecnológicos destinados al proceso de aprendizaje, se destacan los entornos virtuales como una opción que permite romper las barreras espacio – temporales que existen en las aulas tradicionales.

Para algunos autores, un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), es un espacio donde se crean condiciones para que el alumno se apropie de nuevos conocimientos, experiencias y elementos que le generen procesos de análisis, reflexión y apropiación (Friss, 2003). Para otros, un EVA es un conjunto de facilidades informáticas y telemáticas para la comunicación y el intercambio de información en el que se desarrollan procesos de enseñanza – aprendizaje ya sea a distancia, presencial, o de una naturaleza mixta (Gisbert et al, 1997 – 1998).

Aún cuando existen diferencias entre las distintas definiciones del concepto de EVA, la mayoría de los autores coinciden en señalar un grupo de componentes principales: el espacio, los estudiantes, los docentes, los materiales didácticos y la estrategia didáctica para el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje.

Algunas de las ventajas que ofrece la utilización de un EVA son: aumentar la cantidad y calidad de los materiales y recursos de aprendizaje, propios y ajenos, y facilitar su acceso a los estudiantes; incrementar las posibilidades de comunicación didáctica entre los docentes y los alumnos y entre los propios alumnos; aumentar la flexibilidad y variedad de las actividades didácticas que forman el núcleo del currículum; contribuir a la formación de

los estudiantes en habilidades instrumentales y metacognitivas (“aprender a aprender”, planificación del propio aprendizaje, autoevaluación) y flexibilizar el tiempo de estudio con el fin de adaptarse a las necesidades y posibilidades de los estudiantes (Adell et al, 2004).

No obstante estas ventajas, la adopción de un EVA no garantiza, por sí solo, la mejora de la calidad del aprendizaje. Es necesario contar con docentes que posean las competencias en cuanto al uso de recursos tecnológicos y que puedan enseñar de manera eficaz las asignaturas, integrando en su enseñanza conceptos, ejemplos y habilidades de las mismas. Entre los distintos entornos virtuales empleados en el proceso de enseñanza y aprendizaje se destacan los sitios web.

El uso de sitios web, en la educación presencial, contribuye a enriquecer y potenciar la enseñanza ofrecida en el aula física en muchos aspectos. Por un lado, su utilización permite ampliar los límites de la clase y, por otro, la utilización de recursos didácticos representados por materiales digitales hipertextuales y/o multimedia permite enriquecer el abordaje de la temática estudiada (Salinas y Viticcioni, 2008). En cambio, en la educación no presencial, permite una mayor flexibilidad en cuanto al manejo de sus propios tiempos por parte del estudiante, debido a que brinda la posibilidad de seguir los estudios en cualquier momento y desde cualquier parte (Sangrá, 2002).

A continuación, se mostrará el sitio web que el Grupo Ingeniería & Educación (GIE) ha diseñado y elaborado como complemento para el dictado del tema resolución de ecuaciones no lineales.

2. El sitio “Ecuaciones No Lineales”

Es posible acceder al sitio web “Ecuaciones no lineales” mediante la URL <http://www.frsn.utn.edu.ar/gie/an/enl>. En la Figura 1 se muestra su página de inicio. Como se puede observar en la misma, el tipo de navegación que se utiliza es jerárquica. De esta manera, el alumno sabrá que a medida que navegue por las distintas secciones, irá obteniendo información cada vez más específica y que la información más general se hallará al principio.

Las secciones a las que puede acceder el alumno desde el menú que se halla en la página de inicio son: **Conceptos básicos**, **Ventana interactiva**, **Aplicaciones**, **Ejercicios**, **Autoevaluación**, **Bibliografía** y **Vínculos de interés**.

La sección **Conceptos básicos**, como se puede observar en la Figura 2, está formada por diferentes subsecciones en las que se pueden encontrar los distintos métodos estudiados en la asignatura: bisección, Newton, secante, regula-falsi y punto fijo. Para quienes se inician en el tema, esta sección tiene como objetivo brindar los conceptos básicos necesarios para comprender el tema y resolver los ejercicios propuestos en el sitio. A quienes ya lo han estudiado, les sirve como repaso para poder enfrentar las actividades que les permiten afianzar y poner en juego los conceptos adquiridos.

GIE
Grupo Ingeniería & Educación

Ecuaciones no lineales

Introducción

Un objeto que cae verticalmente en el aire está sujeto a una resistencia viscosa y a la fuerza de gravedad. Si se deja caer un objeto de masa m desde una altura y_0 , la altura del objeto después de t segundos está dada por:

$$y(t) = y_0 + \frac{mg}{k}t - \frac{m^2g}{k^2}(1 - e^{-\frac{k}{m}t})$$

donde $g = -9,8 \text{ m/s}^2$ es la aceleración de la gravedad. Calcular el tiempo que tarda una masa de 0,5 kg en caer al suelo desde una altura de 100 m suponiendo que la resistencia del aire es $k = 0,001 \text{ k/s}$.

Para calcular el tiempo que tarda esa masa en llegar al suelo se debe resolver la ecuación que se muestra a continuación:

$$0 = 100 - 4900t + 2450000(1 - e^{-0,002 \cdot t})$$

La ecuación planteada es una ecuación **trascendente**. Este tipo de ecuaciones no pueden ser resueltas en forma exacta ya que no existe un método analítico de resolución.

Un método simple para obtener una aproximación a la raíz de la ecuación consiste en graficar la función asociada a dicha ecuación y observar dónde cruza el eje de las abscisas.

Como se puede ver, la gráfica de la función corta el eje de las abscisas aproximadamente en $t = 4,5$. Por lo tanto, ese objeto tardará aproximadamente 4,5 s en caer al suelo. La validez de la aproximación visual se puede verificar sustituyendo su valor en la ecuación.

Estas técnicas gráficas tienen un valor práctico limitado, ya que no son muy precisas. Por esta razón, es necesario acudir a **métodos numéricos** que permiten obtener soluciones aproximadas de mayor precisión.

Los métodos más conocidos y aplicados en el análisis numérico para resolver ecuaciones no lineales son: **Bisección, Newton, Secante y Regula - Falsi**.

El objetivo de este sitio web es explicar cada uno de los métodos anteriormente mencionados para poder elegir el mejor teniendo en cuenta las características del problema que se quiere resolver. Para ello, se dispone de recursos interactivos, videos y ejercicios propuestos. También es posible realizar autoevaluaciones o seguir investigando sobre cada uno de los métodos en la web.

Figura 1. Página de inicio del sitio Ecuaciones no lineales

GIE
Grupo Ingeniería & Educación

Ecuaciones no lineales

Métodos

El método de bisección

Si f es una función continua sobre el intervalo $[a;b]$ y si $f(a) \cdot f(b) < 0$, entonces f debe tener un cero en $(a;b)$. Dado que $f(a) \cdot f(b) < 0$, la función cambia de signo en el intervalo $[a;b]$ y, por lo tanto, tiene por lo menos un cero en el intervalo. Ésta es una consecuencia del teorema del valor intermedio para funciones continuas.

El método de bisección explota esta idea ya que los extremos del intervalo se van a ir acercando sistemáticamente hasta obtener un intervalo de longitud suficientemente pequeña en el que se localiza un cero. El proceso de decisión para subdividir el intervalo consiste en tomar el punto medio del intervalo $c = (a+b)/2$ y luego analizar las tres posibilidades que pueden darse:

- Si $f(a)$ y $f(c)$ tienen signos opuestos, entonces hay un cero en $[a;c]$.
- Si $f(c)$ y $f(b)$ tienen signos opuestos, entonces hay un cero en $[c;b]$.
- Si $f(c)=0$, entonces c es un cero.

Si ocurre la primera opción, o bien la segunda, entonces se ha encontrado un intervalo de mitad de ancho que el original que contiene una raíz. Para continuar el proceso, se renombra el nuevo intervalo más pequeño como $[a;b]$ y se repite el proceso hasta que el intervalo sea tan pequeño como se desee. Puesto que el proceso de bisección genera una sucesión de intervalos encajados, con sus correspondientes puntos medios, se usará la siguiente notación para tener registro de los detalles del proceso:

- $[a_1;b_1]$ es el intervalo de partida y $c_1=(a_1+b_1)/2$ es su punto medio.
- $[a_2;b_2]$ es el segundo intervalo y $c_2=(a_2+b_2)/2$ es su punto medio; el intervalo $[a_2;b_2]$ es la mitad de ancho que $[a_1;b_1]$.
- Después de llegar al intervalo $[a_n;b_n]$, en el que también se localiza un cero y cuyo punto medio está dado por $c_n=(a_n+b_n)/2$, se construye el intervalo $[a_{n+1};b_{n+1}]$, en el que también se localiza un cero, y que mide la mitad que $[a_n;b_n]$.

Figura 2. Método de bisección en la sección Conceptos básicos

Cabe destacar que, para todos los métodos numéricos presentados en el sitio se han preparado videos demostrativos para que el alumno, por medio de la visualización, pueda

comprender mejor la esencia de cada uno de ellos. En la Figura 3, se muestran algunos cuadros del video correspondiente al método de bisección.

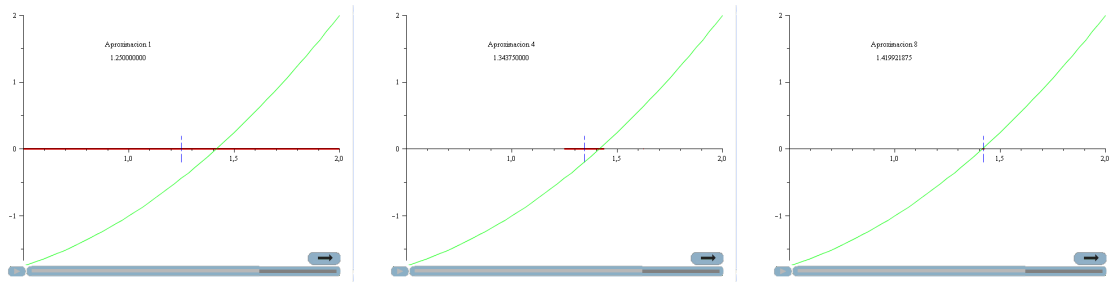


Figura 3. Cuadros del video correspondiente al método de bisección

En la sección **Ventana interactiva**, es posible acceder a una aplicación realizada en Scilab, un software de fácil obtención debido a que se encuentra disponible en forma gratuita en Internet. El mismo se puede descargar desde el sitio www.scilab.org. En la Figura 4, se muestra esta aplicación (Caligaris et al, 2010). La capacitación que se requiere para utilizarla es mínima debido a que fue diseñada de manera que presente una interfaz muy sencilla de interpretar y manipular.

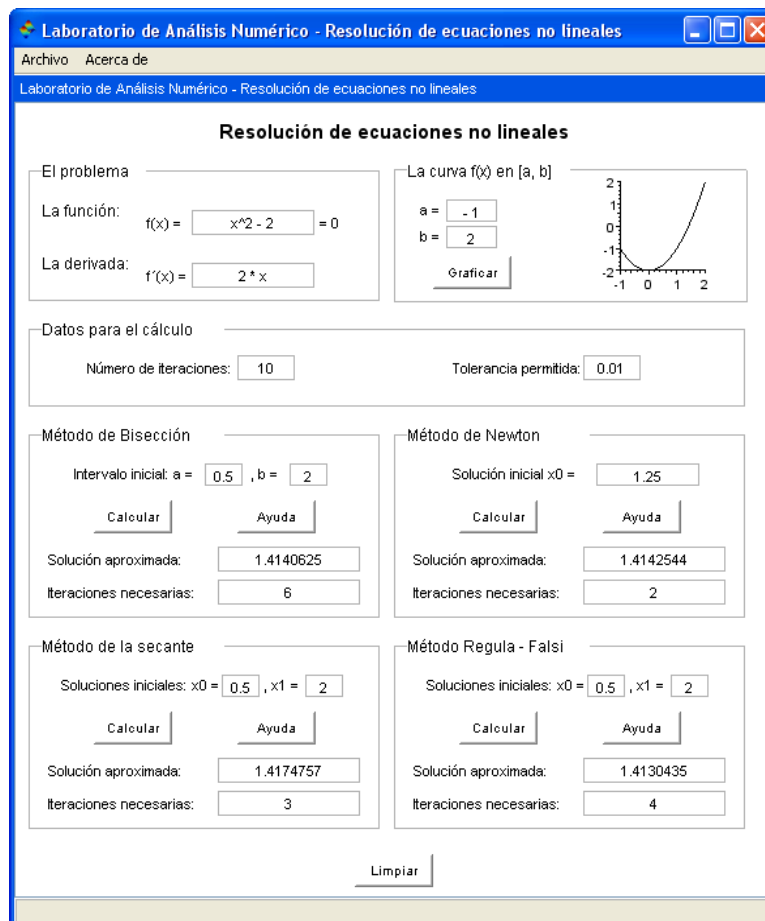


Figura 4. Aplicación personalizada diseñada en Scilab

Para la utilización de la ventana interactiva, se deben ingresar, en primer lugar, la expresión que involucra la ecuación, la derivada de la función correspondiente, la tolerancia deseada y la cantidad máxima de iteraciones. Todos los métodos requieren de

uno o más datos iniciales para su ejecución. Estos se pueden estimar observando un gráfico de la función asociada a la ecuación, que se puede obtener con el botón **Graficar**, luego de elegir un intervalo adecuado de manera que contenga una raíz, si existe.

Para obtener los resultados en la ventana principal, basta con ingresar los datos necesarios para cada método, y pulsando en el botón **Calcular** correspondiente, se obtiene una aproximación y la cantidad de iteraciones utilizadas. Si con la cantidad de iteraciones máxima o la tolerancia permitida no se puede alcanzar la aproximación deseada, aparece un mensaje de alerta informándole al usuario que debe aumentar la cantidad de iteraciones o disminuir la tolerancia permitida.

Además, en esta sección, se plantean diversos ejercicios para ser resueltos con la aplicación, algunos de los cuales se presentan en la Figura 5. De esta manera, los alumnos podrán profundizar el análisis de algunos conceptos que se hallan involucrados en la resolución numérica de ecuaciones no lineales.

The screenshot shows a web application interface for solving non-linear equations. On the left is a vertical navigation menu with buttons for 'Introducción', 'Conceptos básicos', 'Ventana interactiva', 'Aplicaciones', 'Ejercicios', 'Autoevaluación', 'Bibliografía', and 'Vinculos de interés'. The main area is titled 'Ecuaciones no lineales' and contains two exercises. 'Ejercicio 2' involves solving $x^{10} - 1 = 0$ using the bisection and Newton methods, with an initial interval $[0;3]$ and $x_0 = 0,1$. It asks about precision and convergence. 'Ejercicio 3' involves solving $\arctg(x) = 0$ using Newton's method, with initial points $x_0 = 1,39$ and $x_0 = 1,4$, and asks about factors influencing convergence.

Figura 5. Ejercicios propuestos para utilizar la aplicación personalizada

En la sección **Aplicaciones**, es posible encontrar diferentes problemas de ingeniería modelizados por ecuaciones no lineales, los cuales requieren para su resolución de métodos numéricos.

En la sección **Ejercicios**, el alumno podrá acceder a diversos ejercicios, algunos resueltos y otros propuestos, con la finalidad de poder afianzar y utilizar los conocimientos aprendidos. La secuenciación de los ejercicios propuestos está realizada en forma progresiva, es decir, su complejidad aumenta a medida que se avance en la resolución de los mismos.

En la sección **Autoevaluación**, con la finalidad de que los estudiantes tengan un mayor autoconocimiento y comprensión del proceso de aprendizaje realizado, se proponen preguntas que involucran a los distintos conceptos que se estudian en la resolución numérica de ecuaciones no lineales. Esta autoevaluación fue realizada con eXeLearning, un programa de edición de sitios web educativos de código abierto. El mismo puede obtenerse desde exelearning.org/wiki.

En la Figura 6 se muestran, a modo de ejemplo, algunas preguntas de la autoevaluación que se propone.

The image shows a screenshot of a web application titled "Ecuaciones no lineales". On the left, there is a navigation menu with buttons for "Introducción", "Conceptos básicos", "Ventana interactiva", "Aplicaciones", "Ejercicios", "Autoevaluación", "Bibliografía", and "Vínculos de interés". Below the menu, it says "Facultad Regional San Nicolás". The main content area is titled "Autoevaluación" and "Seleccionar la opción correcta". It contains two questions: 1) "Se analiza un intervalo en el que una función no lineal, continua, tiene una única raíz. ¿Cuál de los siguientes métodos para aproximar su valor converge siempre?" with options: "Método de Newton", "Método de la secante", "Método de punto fijo", and "Método de bisección". 2) "De dónde se deriva la fórmula del método de Newton para resolver $f(x) = 0$?" with options: "De un polinomio cualquiera", "De cualquier polinomio de Taylor asociado a la función f", "Del polinomio de Taylor de primer grado asociado a la función f, desarrollado alrededor de una solución aproximada", and "Del polinomio de Taylor de segundo grado asociado a la función f, desarrollado alrededor de una solución aproximada".

Figura 6. Ejercicios propuestos para utilizar la aplicación personalizada

En la sección **Vínculos de interés**, se detallan algunas direcciones de páginas web que son interesantes para profundizar el análisis y estudio de los métodos que permiten resolver ecuaciones no lineales.

Por último, en la sección **Bibliografía**, el alumno encontrará los datos de los libros que se utilizaron para obtener la información brindada en el sitio.

3. Conclusiones

Los procesos de comunicación y de adquisición del saber se ven modificados ante las nuevas tecnologías de la información y comunicación, ya que éstas ofrecen nuevas posibilidades de acceso a la formación. Por ello, las instituciones universitarias, haciendo uso de las nuevas tecnologías, deben estar en condiciones de modificar los contenidos disciplinares reorganizando los programas, desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje más flexibles y diversificados e identificar nuevas direcciones de desarrollo para formar futuros profesionales que sepan usar críticamente tales tecnologías.

Los creadores del sitio "Ecuaciones no lineales" consideran que el entorno virtual de aprendizaje mostrado en el presente trabajo es un claro ejemplo de ello ya que no sólo permite abrir nuevos espacios en donde se integran y potencian entre sí las actividades planteadas en el contexto del aula física y del entorno virtual, sino que posibilita una mayor flexibilidad debido a que se adapta a las necesidades, estilos de aprendizaje, ritmos y expectativas de los estudiantes, favorece el desarrollo de competencias cognitivo – lingüísticas por parte del alumno y permite que el estudiante a través de su interacción con el sitio convierta la interesante aunque mera información disponible en verdadero conocimiento.

4. Referencias

Adell, J., Castellet, J. M. y Pascual, J. (2004). Selección de un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje de código fuente abierto para la Universitat Jaume I. Centro de Educación y Nuevas Tecnologías de la Universitat Jaume I.

Caligaris, M.; Rodríguez, G. y Laugero, L. (2010). Laboratorio de Análisis Numérico. En Cukierman, U. y Virgili, J. (Eds). La tecnología educativa al servicio de la educación tecnológica. Experiencias e investigaciones en la UTN. edUTecNe, pp. 583 – 606.

Friss, I. (2003). Modelo para la creación de entornos de aprendizaje basados en técnicas de gestión del conocimiento. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Informática.

Gisbert, M., Segura, J., Rallo, R. y Bellver, A. (1997 – 1998). Entornos virtuales de enseñanza – aprendizaje. El proyecto get. Cuadernos de Documentación Multimedia. Nº 6 – 7. Madrid.

Salinas, M. y Viticcioni, S. (2008). Innovar con blogs en la enseñanza universitaria presencial. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Nº 27.

Sangrá, A. (2002). Educación a distancia, educación presencial y usos de la tecnología: una tríada para el progreso educativo. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Nº 15.

23TCE. DESCRIPCIÓN DE NUESTRO PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL SIGNIFICADO DE LA EXPRESIÓN “EXPLICACIÓN EN QUÍMICA”

Rodríguez C.S., Pliego O. H., Juárez S. M.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Avda. Pellegrini 250. 2000 Rosario. Argentina. crisrina@fceia.unr.edu.ar

Resumen: En este trabajo se relatarán de manera sucinta las acciones que hemos realizado los docentes del área Química de la FCEIA de la UNR, con la intención de desarrollar competencias comunicativas en la comunidad de futuros ingenieros no químicos. Mostraremos como dicho accionar se fue desplazando hacia nuevos horizontes de problematización, cuyos interrogantes permitieron reflexionar sobre la calidad del discurso. Así mismo, hemos tomado conciencia que somos los profesores los que debemos promover el desarrollo de las capacidades para lograr una mejor calidad de los aprendizajes. Después de un largo recorrido encontramos la manera de enseñar la disciplina conjuntamente con la enseñanza de las capacidades “explicar y argumentar en el contexto de la química”, para que se diferencie de la conceptualización en otros campos disciplinares.

1. Introducción

La enseñanza de las Ciencias asume en muchos casos, la forma de explicación oral por parte del profesor. En los trabajos que analizan esta temática, se reconoce la existencia de diferentes tipos de explicaciones, aunque no aparece con claridad cómo el docente “explica la explicación”. Es decir, cómo transforma la explicación científica en una explicación que acerque a los alumnos al conocimiento. Es entonces que nos preguntamos: ¿qué ciencia queremos que aprendan nuestros estudiantes: acabada con certezas o hipotética provisoria?, ¿es aquella que procura mostrar los “por qué” o la que intenta describir el “cómo” se producen ciertos fenómenos? y remitiéndonos a una cuestión didáctica ¿cómo se la enseña? Asumiendo que la ciencia es la interpretación de los hechos y no la mera descripción de los mismos, aprender a responder los **por qué** es, de acuerdo a la completitud de la imagen que se obtiene del mundo físico, una experiencia absolutamente necesaria.

Los docentes de las disciplinas que se enseñan antes y simultáneamente con Química, le otorgan significados diferentes a la palabra “explicar” y debe ser así pues, según Toulmin (1977) “ningún ideal único de explicación o justificación racional es universalmente aplicable a todas las ciencias en todas las épocas”. Sin embargo no hay seguridad si dichos docentes hacen notar que “la sustancia intelectual de una ciencia natural no reside en su propia verdad empírica directa ni en la verdad de sus consecuencias lógicas. Reside en su “poder explicativo” y que “ningún sistema axiomático puede asegurar el ámbito o alcance empíricos de aplicación, como tampoco una teoría abstracta puede por sí sola explicar o representar fenómenos naturales” (Toulmin, 1977). Debido a que los físicos operan con los métodos, el hipotético deductivo y el axiomático, los estudiantes llegan al primer y único curso de Química después de realizar dos cursos de Física Clásica, los cuales, predisponen al alumnado a explicar apelando a razonamientos estrictamente deductivos sin necesitar superar el nivel macroscópico. Química es una ciencia con un alto contenido simbólico y los químicos utilizan como soporte, al sistema axiomático de la matemática otorgándole al mismo la significación. La formulación interesa para comprobar hechos o deducir comportamientos, pero de ninguna manera se aceptan como explicaciones científicas de los

hechos. Es en este punto donde la Química se hace diferente epistemológicamente de la Física Clásica. Estas explicaciones científicas en Química se presentan en términos de entidades de un mundo inaccesible para el estudiante que se transforma en un extraño mundo desconocido.

Es entonces primordialmente necesaria la enseñanza de qué cosa significa explicar en esta disciplina y diferenciarla de aquellas que se utilizan en otros contextos pues, concebimos, que “una explicación sólo llegar a surgir en un contexto determinado y los méritos de ésta no pueden juzgarse sino en relación con ese contexto” (Bas Van Fraassen en Moreira, 2000), recién luego encarar la enseñanza de las explicaciones. Para lograrlo no vale solo el enunciado de las teorías, sino que, las explicaciones deben presentar una estructura tipo argumento y por lo tanto será necesario explicitar y explicar un modelo argumental. Asumimos que el MAT (Modelo Argumental de Toulmin) es el más adecuado para tal construcción. Respecto a la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias, bajo la perspectiva toulminiana acordamos con Henao y Stipcich (2008) que “debe estar dirigida, no tanto a la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus profesores. En este sentido, cobra especial relevancia la enseñanza explícita de procesos de razonamiento y argumentación”. Este tipo de enseñanza no se agota en la argumentación de contenidos disciplinares pues, como habilidad comunicativa, es fundamental para el desarrollo de un estudiantado crítico y capaz de emitir una opinión fundamentada u optar entre los diferentes argumentos que se le presenten, de manera que pueda tomar con responsabilidad decisiones en su vida profesional y ciudadana. Si bien la mayoría de los problemas tratados en la formación básica poseen solución consensuada y ampliamente compartida por los miembros de la comunidad científica, existe buena parte de los problemas del entorno que no forman parte del núcleo duro de la ciencia y requieren de opiniones fundamentadas científicamente. Por ello contraemos una deuda cual es encontrar los espacios para presentar situaciones controversiales donde los estudiantes demuestren las capacidades desarrolladas.

2. Motivaciones, Actuaciones e Investigaciones

El siguiente texto refiere de manera resumida a las acciones docentes desarrolladas por el área Química de la FCEIA de la UNR, en pos de una didáctica idónea para esta comunidad de futuros egresados que no serán químicos. Presentar este trabajo es de alguna manera la forma que tenemos para comunicarnos con la comunidad de profesores que muchas veces no encuentran las soluciones, aunque parciales, a los problemas prácticos que les angustian. Pretendemos que los lectores de este artículo conozcan como se fue desplazando nuestro accionar, abriéndonos a un nuevo horizonte de problematización, nuevas preguntas, al darnos cuenta que, a diferencia de la actividad de los científicos, la de los estudiantes ha de ser promovida por los profesores. Estas nuevas preguntas surgen porque nuestra didáctica se construye y se enriquece a través de un proceso de reflexión continua, y de diálogo con la comunidad educativa toda. Enseñamos Química al mismo tiempo que investigamos y de dicha investigación conocemos qué y cómo aprenden nuestros estudiantes y cómo debemos modificar nuestros modelos de enseñanza.

A comienzos del año 2000 en las clases teóricas masivas de Química prevalecía el monólogo explicativo del profesor, que se dedicaba a explicar sólo el contenido temático. Enseñaba “qué” debía ser aprendido, y el “cómo” debía ser aprendido, estaba ausente. El contenido transpuesto se constituía en un saber que se expresaba en afirmaciones, generalmente categóricas, conceptualmente riguroso y preciso, organizado jerárquicamente de lo simple a lo complejo, y las conclusiones eran justificadas rigurosamente con las teorías de la Química. La comunicación era absolutamente transmisiva y normativa, desde el

docente hacia los alumnos. El docente suponía que los estudiantes que escuchaban el discurso habían adquirido suficientes habilidades para poder responder con éxito a los interrogantes: ¿Por qué ocurre un fenómeno? ¿Por qué se presenta cierta propiedad? Sin embargo la realidad mostraba una enorme debilidad de los estudiantes para expresar dichas respuestas, las que adolecían de la presencia y organización lógica de los objetos de conocimiento de los tres niveles de la Química. Ejemplos:

1.- ¿Cuáles son las razones estructurales por las que el butano es más fácil de licuar que el propano? Rta: “el butano se licua mejor que el propano por tener un carbono más que el propano. Por ser menos volátil, por tener un punto de fusión menor”.

2.- Explique cómo procedería para diferenciar un metal de un no metal de un compuesto iónico usando la propiedad de conducción eléctrica en distintas condiciones experimentales.

Rta 1) “los metales conducen por la teoría de bandas. Los compuestos iónicos se comportan como semiconductores. Es decir a T ambiente no conducen pero si calentamos dicho compuesto comienza a conducir”.

Rta 2) “metal: un pedazo de chapa (por su perfecta conductividad térmica y eléctrica). No metal: barra de azufre (no es conductor). Compuesto iónico dióxido de silicio (arena) tampoco es conductor”.

3.- Explique cómo afecta a la velocidad de disolución de una plaqueta de cobre cuando se agrega agua a la solución salina de tricloruro de hierro. Rta: “al agregar agua disminuye la concentración del catión hierro y como la velocidad es: concentración / tiempo, la velocidad disminuye”.

4.- Explique cuál de los siguientes hidrocarburos es el más volátil: ¿octano o pentadecano? Rta: “el menos volátil es el pentadecano ya que cuando uno usa el gasoil ve que no se volatiliza como la nafta, porque es más pesado”.

5.- Explique desde el punto de vista estructural si el pentano será o no más volátil que el octano. Rta: “los hidrocarburos del pentano al decano son líquidos volátiles a temperatura ambiente y constituyen los combustibles líquidos derivados del petróleo....”.

6.- Cuál es la razón por la cual el Polietileno de Ultra Alta Masa Molecular es un sólido que presenta menos desgaste al rozamiento que el polietileno común?

Rta 1) “la molécula es gigantesca y muy dura, cadenas (fibras) más fuertes”. Rta 2) “el grado de reticulación del PUAMM es mucho mayor que el del polietileno”.

7.- Explique las razones por las cuales el diamante tiene mayor punto de fusión que el Si.

Rta 1): “el radio atómico del carbono es menor que el del silicio y eso hace que el enlace covalente sea más fuerte; por lo tanto el diamante es más duro” Rta 2): “cuesta más fundir diamante que silicio porque las fuerzas internas entre partículas del diamante son mayores. Es decir, el radio atómico del carbono es menor que el del silicio, por lo que existe mayor fuerza entre átomos”

8.- Explique cuál de los metales es el más blando: el níquel o el potasio. Rta: “el K es más blando por su calor de fusión que es menor que el del níquel. Cuanto menor es el calor que necesita para fundir una sustancia más blanda es la sustancia”.

Leyendo estas respuestas, creemos que equivocamos la pregunta pues, en vez de preguntarnos ¿por qué estos estudiantes no satisfacían ampliamente nuestras expectativas?, deberíamos preguntarnos ¿es suficiente este discurso docente para que los estudiantes construyan explicaciones adecuadas y completas en el marco de la Química? Evidentemente, creíamos que sí. Nosotros aprendimos con este tipo de discurso, y no creíamos tener autoridad para criticarlo. De esta manera nuestra enseñanza fue la reproducción de aquella que habíamos recibido.

A partir de más de trescientas respuestas similares, comenzamos nuestras investigaciones, basadas en un metanálisis de las mismas (Rodríguez y Pliego, 2001). Las respuestas

inadecuadas estaban cargadas, además de los errores, de supuestos del mundo macroscópico (los datos o conclusiones aparecen como explicaciones); de las experiencias cotidianas; de expresiones algebraicas, analíticas o gráficas; y presentaban gran economía expresiva escrita. Más aún, en el caso de aquellos estudiantes que manifestaban conocer las teorías y los supuestos teóricos, no las utilizaban adecuadamente. En ese momento consideramos una hipótesis, que nos parecía ingenua, pero que podría clarificar ciertas cuestiones y orientar futuras indagaciones: “el significado que los estudiantes le otorgan a las expresiones “por qué”, “explicar”, “explique las razones”, “demuestre”, “fundamente”, “justifique” es diferente al significado que le otorgamos los docentes de Química. Es decir alumnos y docentes compartíamos iguales referentes pero diferentes significados. Reflexionamos al respecto y acordamos que nuestro discurso posiblemente era incompleto, ya que, no era posible para esos estudiantes, extraer del discurso académico las relaciones de significados y construir una correcta y adecuada explicación.

Por el año 2004 comenzamos a trabajar en nuevas estrategias discursivas con el único propósito de enseñar a hablar y a escribir en las clases de Química. Bajo la premisa que la explicitación de las teorías científicas químicas posibilita a los estudiantes interpretar lo simbólico y explicar lo macroscópico a través de los entes del nivel submicroscópico, descubrimos que la explicitación de la expresión “explicación científica en Química” era necesaria para contextualizar las respuestas. Entonces incorporamos a nuestro discurso actividades dialogadas con el fin de construir en el aula el significado de “explicar científicamente en Química”. Esta incorporación al monólogo explicativo utilizado por el docente vendría a saldar una vieja deuda: el discutible recurso de exigir una justificación o explicación química a hechos, fenómenos, propiedades, sin haber aprendido de qué se tratan estas habilidades cognitivas y sin haber tenido en cuenta que los términos que las designan adquieren significados bien distintos en otros contextos. Por lo tanto las preguntas utilizadas en las evaluaciones posteriores poseyeron la expresión “Explique científicamente” Ejemplos:

1.- Explique científicamente por qué el metal cromo es más duro que el metal escandio

Rta: “El metal cromo es más duro que el metal escandio porque como se ve en la configuración electrónica de ambos, el cromo tiene más electrones de valencia....., y como dice la teoría....., a mayor n° de electrones de valencia... , es más duro”.

2.- Explique científicamente cuál de las siguientes sustancias puede ser usada como revestimiento de una herramienta de corte: SiC o el MgO. Rta: “el SiC porque es una sustancia red covalente y es dura, porque rompe a otras y ella no se rompe, y el MgO es un óxido básico”.

3.- Explique científicamente la siguiente afirmación: la velocidad de corrosión del hierro en un medio ácido, oxigenado y húmedo aumenta a medida que aumenta la presión del dióxígeno.

Rta 1) “Si, por la ley de Henry, a mayor presión mayor concentración del gas en el agua, por lo tanto un aumento de la concentración del O₂ aumenta la velocidad”.

Rta 2) “como la solubilidad aumenta con la presión, a mayor presión mayor masa disuelta y más partículas, mayor velocidad”.

4.- Escriba la explicación científica del siguiente enunciado: el metal Zn tiene un punto de fusión menor que el metal Cr.

Rta 1) “ el metal Zn tiene un punto de fusión menor que el Cr debido a la teoría de bandas de los sólidos que nos dice que Cr es un metal más estable y por lo tanto para fundirlo se necesita mucha más energía”.

Rta 2) El número de electrones de valencia es mayor en el cromo, en el cristal del metal Cr el enlace metálico es más intenso. El punto de fusión del Cr(1875 °C) es mayor al del Zn (419,5 °C).

Era notorio que lo reforzado resultaba insuficiente, pues, en un porcentaje para nosotros muy significativo, la correcta explicación seguía ausente. Como vemos aún persiste en estos estudiantes, la idea: que las expresiones algebraicas y/o analíticas, o las experiencias personales, son razones suficientes para dar explicación pero, lo más importante, es que son relatos poco consistentes, pues los datos, las conclusiones y las teorías carecen de los nexos lógicos para considerar correcta dicha explicación. Lo que ocurría es que, si bien nosotros sabíamos cuál era la deficiencia, ignorábamos cómo enseñar “eso” que no aparecía en los textos. ¿Cómo enseñar a justificar que los datos son la base necesaria para las conclusiones? y ¿cómo enseñar que las explicaciones científicas deben ser el respaldo de dicha justificación?

Al tomar conciencia de lo que pasaba nos abocamos a ampliar el significado de la palabra “explicar” y averiguar de qué forma podíamos enseñar la existencia y necesidad de esos nexos para construir explicaciones correctamente válidas. Aparece en este momento la palabra argumentación, como una palabra englobante de todas las partes que aparecen inconexas en las respuestas. En esos momentos pensamos a modo de hipótesis que las respuestas carentes de los nexos lógicos y de conectores adecuados de las partes componentes de una explicación completa, podían ser evidencias que el patrón argumental subyacente en el discurso de los docentes, posiblemente, no se presentaba lo suficientemente explicitado en el salón de clase ya que el mismo discurso no posibilitaba al oyente organizar sus ideas y planificar la escritura de las explicaciones, de manera lógica, coherente, completa, científica, rigurosa y convincente.

Así fue que incluimos como objetivo de la asignatura “que el estudiante desarrolle la habilidad cognitiva de argumentar sobre el fenómeno químico y las propiedades de materiales y sustancias” con la aspiración que esto se transforme en objetivo institucional, es decir una capacidad a desarrollar en todo el trayecto de formación, necesaria para el aprendizaje de las ciencias. Esto nos llevó a producir cambios muy profundos en la expresión de los contenidos a desarrollar y en la estructura de la clase, una mayor interacción discursiva en aula, elaboración de materiales de estudio afín con la propuesta y reformulación de las preguntas de la evaluación que fueron construidas incluyendo la expresión “Argumente científicamente” (Pliego et.al., 2006; Rodríguez y Pliego, 2006; Pliego y Rodríguez, 2007). A continuación se enuncian algunas de las preguntas, a modo de ejemplo:

- 1.- Argumente científicamente cómo influye la disminución de la temperatura sobre la velocidad de la reacción que se produce cuando se disuelve el cobre de una plaqueta (para uso electrónico) en solución de tricloruro de hierro.
- 2.- Dadas las siguientes sustancias: dióxido de silicio, y monóxido de calcio, argumente científicamente, cuál es la que podrá ser utilizada como electrolito fundido.
- 3 a) Proponga una sustancia que a temperatura ambiente reúna estas propiedades: sólida, no volátil, dura, no quebradiza, y mala conductora de la electricidad, b) Argumente científicamente una de las propiedades que posee esa sustancia.
- 4- Argumente científicamente cuál de las siguientes sustancias podrá ser usada para revestir una herramienta de corte cuyas piezas componentes deben soportar altas tensiones mecánicas sin romperse: dióxido de silicio, dióxido de azufre, monóxido de magnesio. Enuncie las causas de por qué descarta las otras.
- 5- Indique si está o no de acuerdo con las siguientes afirmaciones y argumente científicamente sus respuestas: a) “el monóxido de calcio es apto para revestir herramientas de corte”, b) “Es probable que el cobalto sea un metal más duro que el cinc”, c) “Todos los hidrocarburos a temperatura ambiente son líquidos”

Las respuestas obtenidas a estas preguntas demostraron que los estudiantes son capaces de construir explicaciones adecuadas y completas como pretendemos en Química, porque

reconocen la expresión argumentación científica y saben interpretarla como englobante de: datos, conclusión, justificación, fundamentación, refutadores, calificadores modales, y de incorporar además de las partes de un argumento, el orden lógico de la organización del texto (Rodríguez et.al., 2009; Pliego et.al., 2010).

3. Reflexiones Finales

Actualmente, año 2011, y como consecuencia de la investigación de nuestra propia práctica, consideramos que la aplicación del MAT ha permitido: propiciar en los docentes actitudes crítico-reflexivas al organizar el discurso y armar el contenido, tal que resulte coherente, pertinente y sencillo; mejorar nuestro proceso de evaluación de la asignatura, pues podemos hacer una valoración y una categorización mucho más precisa de los textos construidos por los estudiantes, y reconocer la importancia que posee el desarrollo de la argumentación como competencia en la formación de ciudadanos críticos y profesionales responsables de lo que reciben y de lo que producen.

Esta propuesta de enseñar a expresar (oral / escrita) las explicaciones en forma de argumento, provoca en el estudiante una notable mejora en sus actitudes hacia el aprendizaje de la asignatura pues, las habilidades metacognitivas que propicia este tipo de aplicación, le permite no sólo conocer qué aprende sino también cómo lo aprende. Así mismo, provoca un cambio actitudinal hacia la imagen de la Química y la toma de decisiones, crítica y reflexivamente, pues se posiciona y analiza los datos desde una determinada teoría elegida entre dos o más comprendiendo el carácter incompleto y provisorio que sus explicaciones y predicciones teóricas presentarán.

Creemos que los cambios producidos fueron gracias a la apertura a un nuevo horizonte de preguntas. En vez de preguntar ¿por qué no se obtienen los resultados esperados? nos preguntamos ¿con qué criterios de valoración suponemos que los medios y los conocimientos científicos son los más adecuados? O bien, se podría preguntar como Candiotti (1999): “el que enseña, ¿debería conducir a otro al conocimiento de lo que ignora siguiendo un proceso similar al que uno empleaba para descubrir por sí mismo lo que ignoraba? ¿como cumplir con la exigencia de la transmisión de un legado, sin que esto se traduzca en prácticas repetitivas?”. Esto supone hacer un análisis crítico de cómo y con qué propósitos hemos adquirido los conocimientos para pensar si, hoy, es legítimo planificar una práctica para crear una realidad semejante a aquella otra práctica en la que se validó el conocimiento o si, en cambio, aspirar a que nuestras acciones lleven a construir un conocimiento transformador de la realidad.

4. Bibliografía

- Candiotti M.E (1999) Saber y producción de subjetividades La didáctica un campo en sospecha 2 (3).
- Henao B.L y Stipcich M.S (2008) Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.7, (1). 47-62.
- Moreira M,A, (2000) “Aprendizaje Significativo: teoría y práctica”. Visor.
- Rodríguez C. S., Pliego O. H. (2001).Las respuestas de los alumnos en las evaluaciones de Química como espacio de reflexión de nuestra propia práctica. Alternativas. (Revista Nivel I, Caicyt, CONICET, Centro Nacional Argentino del ISSN). VI (23). 241-261.
- Pliego O.H., Rodríguez S.M., Juárez S.M. (2006) Modelo para la construcción de textos argumentativos referidos a las propiedades de los metales. Anuario Latinoamericano de Educación Química, XIX (21), 197 - 201.

Rodríguez C.S., Pliego O.H.. (2006) La argumentación científica en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química. *Alternativas- serie: Espacio Pedagógico*, XI (44) 33 – 54.

Pliego O.H, Rodríguez C.S. (2007) La argumentación de propiedades y de sustancias y materiales y de características de reacciones químicas. *Aplicación de modelos válidos para su enseñanza*” Editorial Magenta Impresos.

Rodríguez C.S., Pliego O.H., Juárez S.M. (2009) Modelo superador de las dificultades de los estudiantes de las ingenierías no químicas para producir argumentaciones científicas. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XXII (XXIV), 114 – 118.

Pliego O. H., Rodríguez C. S. Juárez S. M. (2010) Influencia de la enseñanza simultánea del modelo corpuscular y el argumental en la calidad de las respuestas argumentativas en el aula de química. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XXIII (XXV), 132 - 137.

Toulmin Stephen (1977) *La comprensión humana*. Tomo 1 *Uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Capítulo 2. Alianza Editorial.

24TCE. INFORME PRELIMINAR DEL PROYECTO “ANÁLISIS DE LAS EXPLICACIONES PRESENTES EN LOS TEXTOS DE CIENCIAS. VALORACIÓN DE LA POTENCIAL INFLUENCIA DE LAS EXPLICACIONES SOBRE EL DESARROLLO DE LA CAPACIDAD ARGUMENTATIVA DEL LECTOR”.

RODRÍGUEZ C.S., PLIEGO O. H., JUÁREZ S. M.

**Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario
Avda. Pellegrini 250. (2000) Rosario. Argentina. E. mail: cristina@fceia.unr.edu.ar**

Resumen: El presente documento describe de manera resumida el proyecto de investigación Código 1 ING347 que desarrollan, en el lapso 2011-2014, el grupo de docentes investigadores de la cátedra de Química de la FCEIA de la UNR. El objetivo es valorar la capacidad argumentativa potencial de las explicaciones sobre las propiedades de sustancias y materiales presentes en los libros de ciencias experimentales. Dada la importancia de los libros de textos y su influencia en el aprendizaje, la presencia de un argumento explícito es altamente beneficiosa para el desarrollo de la capacidad argumentativa del lector. Este artículo consta de tres partes: A) Resumen del proyecto de investigación y B) Resultados obtenidos en la etapa preliminar del mismo y C) Bibliografía

Palabras clave: explicaciones científicas, libros de textos, capacidad argumentativa del lector.

1. Resumen del Proyecto de investigación

Contexto de la investigación

En todos los niveles de enseñanza de la química y muy especialmente en el universitario, la explicación científica que expone el profesor de Química representa generalmente el eje central de las actividades desarrolladas en las aulas. En tales explicaciones los profesores constituyen un discurso con el fin de que los estudiantes logren interpretar el mundo y construir significados específicos a través de sus explicaciones. Sin embargo y como describe (Lemke 1997) “a los alumnos no se les enseña cómo hablar científicamente: cómo elaborar frases, párrafos científicos funcionales, cómo combinar hablar, argumentar, analizar o escribir en lenguaje científico. Parece que se da por hecho que simplemente *van a caer en la cuenta* de cómo hacerlo y de los patrones temáticos de la materia. Pero no les enseñamos directamente cómo”. Por lo tanto el estudiante presentará cierta debilidad para producir textos fundamentados y pertinentes “que respondan a las restricciones propias de los géneros académicos demandantes, principalmente, del dominio de habilidades expositivas-explicativas y argumentativas” (Arnoux, 1996). En el campo de la Química, (Henaó et al. 2011) consideran que “la construcción de explicaciones implica tener en cuenta las permanentes tensiones y relaciones entre los ámbitos: macroscópico y submicroscópico; de lo concreto y lo abstracto; así como entre las entidades-o los procesos- y sus representaciones”. Nosotros sostenemos que dichas consideraciones y la comprensión de tales tensiones, hacen meritorio el desarrollo de habilidades como justificar y argumentar para la construcción del conocimiento químico y la educación en ciencias, a través de la comunicación discursiva, la escritura de textos argumentales y la lectura crítica de libros de texto.

Asumiendo que la ciencia es la interpretación de los hechos y no la mera descripción de los mismos, el aprendizaje de la capacidad argumentar es, de acuerdo a la completitud de la imagen que se obtiene del mundo físico, una experiencia absolutamente necesaria. También la considera así el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (República Argentina) el cual sugiere desarrollar la competencia para comunicarse con efectividad, que incluye, la capacidad de producir textos argumentativos y explicativos (CONFEDI, 2006). Para ello es que consideramos se debe aprender simultáneamente, a hablar, leer y escribir ciencia de manera significativa y aprender a hablar sobre cómo se habla. Al ser la capacidad de argumentar en ciencias una noción más general y englobante de las nociones justificar, razonar, explicar y fundamentar, es razonable y necesaria desarrollarla en todo el trayecto de la formación. Para el aprendizaje comprensivo de la Química su enseñanza permite describir las características argumentativas de los textos que usualmente se utilizan, saber escoger, a partir de la lectura, el mejor modelo o explicación entre distintas opciones, así como justificar los criterios que conducen a esa elección y elaborar textos argumentales de validez científica.

Por los motivos expuestos, desde hace varios años, trabajamos en un proyecto didáctico en donde se enseña explícita y simultáneamente con el patrón temático de la Química (conceptos, teorías y la relación de lo macroscópico, lo simbólico y lo nanoscópico basados en el (MCE) Modelo Corpuscular y Energético) el patrón estructural de la argumentación en el contexto de las carreras de ingeniería no química según el Modelo Argumental de Toulmin (MAT). A partir de dichos modelos y de acuerdo con Sardá (2000), consideramos una argumentación válida como aquella “que contiene *datos justificados* de forma relevante en función de *razones fundamentadas* en el conocimiento científico aceptado de la que surge una *conclusión* cuya fuerza estará influenciada por *refutadores* y / o *calificadores modales*”. En cuanto a las razones fundamentadas, éstas corresponden a las explicaciones científicas, cuya enseñanza y aprendizaje resulta desafiante en las clases de Química (Pliego et. al., 2005 y 2010; Rodríguez et. al., 2009; Pliego y Rodríguez, 2008).

Así mismo, pensamos que la construcción de los significados compartidos, el aprendizaje de cómo se justifican hipótesis explicativas, y la exteriorización de los argumentos a favor o en contra de ciertas afirmaciones, se constituirán en insumos valiosos para el estudio autónomo de los estudiantes con el recurso escrito de los libros de ciencias, que es donde ellos encuentran la seguridad del afianzamiento de sus aprendizajes. Sin embargo hoy la realidad nos muestra que aprender ciencias a través de la lectura de los libros sigue siendo dificultoso. (Márquez 2005) afirma “leer textos de ciencias es una actividad compleja”. “Los libros comunican un conocimiento con lenguaje especializado, preciso, riguroso, formal, impersonal que actúa más de barrera que de puente para facilitar el aprendizaje”.

Para la comprensión y el análisis crítico de grandes contenidos que se exigen en el nivel universitario especialmente en Química, los estudiantes requieren de los textos escritos para completar la información impartida y para comprender las explicaciones de los docentes más aún cuando algunas de clases no son obligatorias. Para (Arnoux 1996) “el actual desarrollo tecnológico estimula estrategias lectoras diversificadas, útil para encarar distintas actividades sociales pero dificulta la lectura reflexiva de textos que es fundamental para el entrenamiento en un trabajo intelectual sostenido”.

Tales consideraciones nos conducen hoy a desarrollar una investigación centrada en el análisis de las explicaciones de los textos de ciencias experimentales con la finalidad de describir cómo están elaboradas y en qué medida contribuyen al desarrollo de la capacidad argumentativa de los lectores.

Estado actual de los conocimientos

.- La argumentación en el proceso de enseñanza y aprendizaje

La enseñanza de la argumentación, se ha constituido en preocupación desde mediados del siglo XX. Sin embargo en los últimos decenios ha tomado una incidencia particular entre los publicitarios y los políticos y en épocas más recientes los educadores de lengua (Camps y Dolz, 1995; Dolz 1995) e investigadores de diferentes disciplinas científicas (Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Campmaner y De Longhi, 2004) sugieren ayudar al alumnado a mejorar sus producciones orales o escritas desde todas las áreas curriculares, a fin de tender a la evolución de las representaciones de los alumnos hacia un aprendizaje significativo y por ende su aplicación en las decisiones tomadas de su vida diaria. Como lo remarcan (Custodio y Sanmartí 2005): “el aprendizaje es un proceso social de construcción del conocimiento, en el que las actividades discursivas son esenciales como así también el razonamiento argumentativo para la enseñanza de las ciencias”. (Concari 2001), (Correa 2001) y (Merino 2006) opinan que la importancia en la enseñanza radica en que promueve la comprensión de los modelos conceptuales científicos, su aprendizaje y su aplicación para resolver problemas nuevos; necesaria en procesos de modelización, comparación, evaluación y valoración de las teorías científicas y elaboración de juicios a partir de diferentes teorías explicativas alternativas. En este marco (Revel Chion et al. 2005) la consideran muy valiosa como “capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes; como actividad social, intelectual y verbal que sirve para justificar o refutar una opinión, y que consiste en hacer declaraciones teniendo en cuenta al receptor y la finalidad con la cual se emiten”. Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con lo que consideramos una argumentación válida es que sostenemos que debe ser explicitada para que se diferencie de la conceptualización en otro campo disciplinar. Varios autores, justifican la importancia de ser explicitada en los distintos contextos donde será exigida. Al respecto (Henaó y Stipcich 2008) consideran “fundamental la enseñanza explícita de procesos de razonamiento y argumentación que permitan a los estudiantes el ejercicio de procesos y actitudes democráticas, en espacios para la crítica y las discusiones. Se trata de enseñar y aprender a fundamentar decisiones y apoyar justificaciones y refutaciones”, como también (Revel Chion et al. 2005) cuando dicen “creemos que el trabajo explícito sobre la argumentación, desde un nivel metateórico, ayuda a nuestros estudiantes a reconocer la importancia de este procedimiento científico en la elección entre teorías y, por tanto, en la misma producción de la ciencia”.

.- La propuesta de Toulmin en el análisis de los textos y los discursos

El Modelo Argumental de Toulmin es utilizado no sólo para el análisis de la interacción dialógica en las clases de ciencias sino también para el análisis de textos escritos, elaborados por los estudiantes o los propios libros. Así García de Cajén et al. (2005) investigan el perfil argumentativo de los libros de texto que usan los alumnos utilizando en la valoración además un esquema argumentativo referencial, basado en las leyes de electricidad y elaborado por los propios investigadores. Por otro lado Gavaldà y Santisteban trabajaron con un cuestionario guía, respecto a un tema relacionado con el ámbito específico, cuya función fue generar en los sujetos encuestados un discurso argumentativo. Al analizar los textos según el modelo toulminiano ellos advierten las mismas deficiencias que advertimos en otras áreas del conocimiento: la presencia de duda ante la afirmación, la falta de capacidades para emitir juicios, la dificultad para establecer un amplio abanico de razones, así como la dificultad para establecer la refutación. Para el tema Educación Ambiental, (Sardà 2005), utilizando el modelo toulminiano, comunica que “haber descrito, justificado y consensuado con los estudiantes cada una de las partes de la estructura argumentativa y su finalidad en distintos artículos de prensa ha resultado muy útil para ayudarles a planificar y regular el propio proceso”. Para el análisis de libros (Jiménez Aleixandre et al. 2005) analizan los textos de libros de secundaria donde advierte

que si bien los libros de textos hacen referencia a cuestiones como justificar y explicar no implica que presenten una estructura argumentativa, ya que en muchos casos los distintos componentes de un argumento se encuentran dispersos a lo largo de una unidad, no formando parte de un razonamiento coherente. (Henaó et al. 2011) realizaron investigaciones para señalar el valor potencial del MAT como estrategia metacognitiva y estrategia pedagógica proponiendo la construcción de argumentos en torno al concepto de sustancia, basados en MAT y análisis de las fortalezas y debilidades que dicho modelo posee en la construcción de los argumentos.

- Importancia de las pruebas en la argumentación

Más recientemente varios autores Kuhn (1992), Jiménez Aleixandre (2010), amplian y redefinen el campo conceptual del proceso de la argumentación, mostrando la importancia de las pruebas experimentales como validantes de los enunciados que se deducen de las argumentaciones, indicando que la “argumentación es un proceso de evaluación de enunciados de conocimiento en base a las pruebas disponibles” Jiménez Aleixandre (2010)

Objetivos del proyecto de investigación

Valorar la capacidad argumentativa potencial de las explicaciones sobre las propiedades de sustancias y materiales presentes en los libros de ciencias experimentales a través de los siguientes objetivos particulares: a) Reconocimiento de los componentes del Modelo Argumental de Toulmin (MAT) y de las funciones que cumplen, en las explicaciones sobre las propiedades de sustancias y materiales presentes en los libros de texto, b) Elaboración de categorías de análisis para el análisis argumental explícito o subyacente en el texto analizado a partir de los textos de referencia expresados en términos del MCE y MAT referidos a la explicación de la propiedad elegida.

Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto de investigación

Se pretende saber si el discurso en los libros de texto y el razonamiento se asemeja desde el punto de vista de la argumentación, con el discurso argumentativo de la Química.

Se plantearán, entre otras, las siguientes preguntas generales: 1) ¿Existen fragmentos del texto que puedan considerarse argumentos? ¿Son implícitos o explícitos?, 2) ¿Qué componentes del MAT aparecen en ellos?, 3) ¿Está fundamentada la justificación entre los datos y la conclusión en cada argumento?, ¿Sobre qué supuestos?, ¿De qué tipo son las justificaciones?, 4) ¿Están explicitadas y fundamentadas las circunstancias en que las justificaciones no son ciertas?, 5) El carácter de la conclusión ¿está de acuerdo a la presencia de los refutadores? En consecuencia se realizarán las siguientes acciones: 1) Selección de libros de textos de diferentes ciencias experimentales de nivel universitario, que expliquen la propiedad elegida y sean los más utilizados por los estudiantes. 2) Construcción de textos argumentativos de referencia. 3) Elaboración de categorías de análisis para la clasificación posterior de los textos a investigar. 4) Clasificación de los textos analizados atendiendo a la presencia o no de los componentes de ambos modelos. 5) Valoración de la potencial influencia de los textos para desarrollar la capacidad argumentativa de los lectores. 6) Estudio de las potencialidades y los límites (de acuerdo al contexto educativo y la transposición didáctica que se utilice) que poseen las explicaciones encontradas en los textos para el desarrollo de la capacidad argumentativa de los lectores.

Impacto del proyecto de investigación

La secuencia argumentativa en los libros de textos es apropiada en aquellos temas donde se espera que el lector responda no sólo desde la perspectiva teórica de la apropiación de un conocimiento, sino también como sujeto en formación de opinión fundamentada. Así es que posibilita la formación de: un estudiantado crítico, capaz de emitir una opinión fundamentada u optar entre los diferentes argumentos que se le presenten; un futuro profesional idóneo que intervenga con opiniones y juicios fundamentados a fin de preservar o de modificar lo que a su juicio contribuya a mejorar la vida de sus

conciudadanos. Luego de la investigación tendremos elementos para poder justificar la utilización de determinados textos en las clases, para poder informar sobre la función específica que pueden tener en las clases de ciencias y para dar pistas sobre como los docentes pueden ayudar en el proceso de lectura de los estudiantes o, incluso, sobre la conveniencia y la forma de transformar el texto para hacerlo más adaptado a la audiencia específica a la cual va dirigido.

2. Resultados obtenidos en la etapa preliminar

Introducción: Junto a una adecuada construcción del texto argumental y a su poder persuasivo, las pruebas experimentales en Química se erigen como protagonistas de las argumentaciones, especialmente al tener en cuenta que ellas permiten diferenciar los argumentos basados en opiniones de aquellos otros sustentados en la autoridad. Reconociendo la importancia de las pruebas en la argumentación; su uso para establecer los méritos de teorías diferentes respecto de un mismo fenómeno; y, atendiendo al hecho de que el conocimiento del tipo de sustancia o material permite predecir sus propiedades físicas, mecánicas y eléctricas, todos temas de gran importancia para las ingenierías no químicas, en esta etapa preliminar se investigó la presencia o no de justificaciones de los enunciados científicos en base a pruebas experimentales, en los libros de textos de Química General. La temática analizada fue “Clasificación de sustancias: iónicas, redes covalentes, metales, moleculares, y sus propiedades”

Metodología a) Se construyó el siguiente cuadro de “propiedades generales” de los diferentes tipos de sustancias:

	iónica	metálica	red atómica	molecular
Agregación a temperatura ambiente	Sólido	Sólido (Hg: líquido)	Sólido	Gas, líquido, sólido
Punto normal de fusión	500°C a 2500°C	80°C a 4000°C	1000°C a 4000°C	-270°C a 100°C
Volatilidad a temperatura ambiente	Nula	Nula	Nula	Alta
Dureza	Alta	Alta	Alta	Baja, nula
Maleabilidad	Nula	Alta	Nula	Nula
Conductancia eléctrica	Sólido: aislador, fundido y solución: conductor	Sólido, fundido: conductor	Sólido y fundido: aislador	Gás, Fundido, sólido: aislador

b) Se detectó una propiedad específica para cada categoría de sustancia tal que su determinación experimental (prueba) permite establecer a qué categoría pertenece una dada sustancia, c) se escogió un de libro de Química General; éste fue elegido por ser de habla hispana y, actualmente, uno de los más usados en la mayoría de los países, d) se procedió a la lectura de los capítulos correspondientes observando específicamente la presencia o no de pruebas experimentales para determinar la categoría a la que pertenece un dada sustancia, el lugar del texto en que se presentan las pruebas (en el cuerpo principal del texto, en las ejercitaciones, etc.), y estableciendo si las mencionadas pruebas que se presentan son concluyentes o presentan algún tipo de cualificador modal como los denomina S. Toulmin.

Resultados: a) no se hace referencia alguna a la temática de la argumentación científica ni a la forma de construcción de la misma, b) las “propiedades generales” se presentan separadamente, para cada tipo de sustancia, a posteriori de la descripción de las estructuras y de las fuerzas entre las partículas constitutivas, c) se registra cierta ausencia del nivel nanoscópico en las respuestas a las actividades propuestas; d) no existen actividades en las que se proponga al lector la presentación de pruebas concretas, basadas en las “propiedades generales”, que le permitan establecer, el tipo al que pertenece una determinada sustancia.

Conclusiones: Los resultados del análisis realizado no permiten asegurar que la lectura del texto utilizado constituya un significativo aporte a la capacidad argumentativa del lector.

3. Bibliografía

- .- Arnoux Elvira (1996) El aprendizaje de la escritura en el ciclo superior. Ed. Juglaria.
- .- Campaner G y De Longhi A. L. (2004) Enseñar a argumentar. Un aporte a la didáctica de las ciencias. Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología. www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/.
- .- Camps A. Dolz J. (1995) Introducción. Enseñar a argumentar un desafío par la escuela actual. Comunicación, Lenguaje y Educación, 25, 5-8
- .- Concari S.B.(2001) Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7, 1, 85-94,
- .- CONFEDI (2006). Primer acuerdo sobre competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina.
- .- Correa, N., Rodrigo, M.J., Ceballos E.(2001) Dossier: Contextos Multiperspectivas en el Aprendizaje Escolar. *Cooperación Educativa* 67
- .- Custodio, E. y Sanmartí Puig, N. (2005) “Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones” *Enseñanza de las Ciencias*, 2005. Extra. VII Congreso.
- .- Dolz J: 1995 Escribir textos argumentativos para mejorar su comprensión. *Comunicación Lenguaje y Educación* 1995, 25, 65-77
- .- García de Caján S y Domínguez Castiñeiras J.M. (2005) Estrategias de argumentación de los textos sobre la transformación de energía eléctrica, a partir de las leyes de electricidad *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VII Congreso.
- .- Gavalda Torrents, A. y Santisteban Fernández, A. La formación de la ciudadanía. Capacidades para la argumentación. <http://www.researchgate.net/publication/28106700>
- .- Henao Sierra B.L., y Stipcich M. S.(2008). “Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias* 7, 1 47-62
- .- Henao Sierra Berta L., Stipcich M.S., Moreira M. A (2011). La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 5, (1) 232-248.
- .- Jiménez Aleixandre, M. P. y Díaz de Bustamante, J. (2003) Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 2003, 21 (3), 359–370
- .- Jiménez Aleixandre M. P, Álvarez Pérez V., Lago Lestón J.M. (2005) La argumentación en los libros de texto de ciencias. *TARBIYA* .Sumario N° 36. 35-58
- .- Jiménez Aleixandre M. P. (2010) Competencias en argumentación y uso de pruebas Grao. España.
- .- Kuhn D. (1992) Thinking as argument. *Harvar Education Review*, 62, 155-178
- .- Lemke J.(1997), Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores . Paidós

- .- Márquez Bargalló C (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. Revista de educación del estado de Jalisco 27-38
- .- Merino Rubilar C, Izquierdo Aymerich M, Arellano Jonson M. (2006) Plantilla dinámica para asistir en la construcción de un texto para argumentar ideas científicas- formatex.org
- .- Pliego O. H., Rodríguez C. S., Juárez, S. M (2005)"Las explicaciones que dan los estudiantes de ingeniería mecánica sobre las propiedades de los metales antes del cursado de Química". Revista Argentina de la Enseñanza de la Ingeniería. 6, (10), 49-61.
- .- Pliego O.H., Rodríguez C.S. (2008) Modelo corpuscular para la enseñanza de la volatilidad, viscosidad y dureza de las sustancias y materiales en las carreras de ingenierías. ALDEQ. Año XXI N° XXIII. 27-30
- .- Pliego O. H., Rodríguez C. S., Juárez S. M (2010). Influencia de la enseñanza simultánea del modelo corpuscular y el argumental en la calidad de las respuestas argumentativas en el aula de química. ALDEQ, XXIII (XXV), 132 - 137.
- .- Revel Chión A., Couló A; Erduran S.; Furman, M., Iglesia P., Aduriz Bravo A.(2005) Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. Enseñanza de las Ciencias. Extra. VII Congreso.
- .- Rodríguez C.S., Pliego O. H., Juárez S.M. 2009 Un modelo superador de las dificultades de los estudiantes de ingenierías no químicas para producir argumentaciones científicas. Anuario Latinoamericano de Educación Química.(2009). XXII (XXIV), 114-118.
- .- Sardà, A y Sanmartí N.(2000) Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias Enseñanza de las Ciencias, 18 (3), 405-422
- .- Sardà, A. (2005) Enseñando a argumentar en torno a la educación ambiental.. Revista de Educación del estado de Jalisco. 17-26
- .- Toulmin S.E. (1958). The uses of argument. New York. Cambridge University Press.

**25TCE. “PRESENTACIÓN DE UN CASO REAL VINCULANDO CONTENIDOS
TEÓRICOS DE LA ASIGNATURA Y SU APLICACIÓN A LA PRÁCTICA
PROFESIONAL”**

Schneider, Alfredo; Retamar, Juan Carlos; Orué, Silvio; Flores, Hugo

**Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2654 – CP. 3000 – Santa Fe – Argentina
T.E. (0342) 4571160 / Fax: (0342) 4571162
E-mail: aschneid@figus.unl.edu.ar**

Resumen: El presente trabajo se desarrolla en la cátedra “Transferencia de Energía y Operaciones” de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, basado en el proyecto “Reparación del Condensador de la Unidad Evaporador Película Agitada”.

El proyecto transforma la experiencia recogida durante la realización del conjunto de tareas llevadas a cabo en las diferentes etapas de la reparación del equipo en un hecho didáctico, utilizable como herramienta de apoyo en la formación de los alumnos de grado; aportando a la conexión entre los conocimientos teóricos y su aplicación práctica a la solución de situaciones reales en el futuro desempeño profesional del egresado, lo cual ha sido detectado como carencia en nuestros estudiantes.

Se genera así un material didáctico digitalizado para ser utilizado como herramienta complementaria de las actividades curriculares de la asignatura; donde se explicitan los objetivos establecidos; durante el desarrollo se exponen los conocimientos teóricos utilizados y las pautas con las que se elaboró el material, complementándolo a la vez con una encuesta realizada a los alumnos, con la finalidad de disponer de sugerencias que permitan disponer de elementos para evaluar la pertinencia de la actividad desarrollada.

1. Introducción:

El presente trabajo se desarrolla en la cátedra “Transferencia de Energía y Operaciones” de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, basado en el proyecto “Reparación del Condensador de la Unidad Evaporador Película Agitada”, registrado con el número de expediente 248.787.

En el citado proyecto, antecedente de este trabajo, se desarrollaron las siguientes tareas: Determinación de la causa que origina una falla (“pinchadura por corrosión”) en uno de los equipos de transferencia de calor (condensador), que forma parte de la unidad de evaporación (UE), ubicada en la Planta Piloto de la Facultad y utilizada con fines académicos y de servicios a terceros.

El fenómeno de corrosión de la carcasa del condensador presenta un punto localizado, visible desde el exterior de la misma. Se analiza el problema y se concluye que es necesario, en un primer paso, desarmar el equipo para realizar la inspección y verificación de la magnitud del proceso en el interior de la carcasa (espesor de la pared en la zona afectada, estado general de la superficie y soldaduras, con la presunción de que la falla pudiera comprometer un porcentaje importante de la misma.

Se desmonta el condensador y se procede a desarmar el mismo; una vez retirada la carcasa se verifica la presunción formulada que el proceso de corrosión produjo un daño importante en la zona de aparición de la “pinchadura”. La zona de la falla está situada cerca de la acometida de ingreso del agua de enfriamiento, y de la soldadura del cuerpo de la carcasa y, a su vez, coincidente con la altura del “pie de agua” (defecto de construcción del equipo) que no posee desagote. El estado general de la superficie interior de la pieza es tal que resulta aconsejable su reemplazo.

Ante esta conclusión surgen dos alternativas: una es la tercerización del trabajo de reconstrucción y la otra realizar la tarea por gestión propia del personal de la cátedra, en conjunto con los talleres de la Escuela Industrial Superior, institución dependiente de la Facultad de Ingeniería Química y formadora de técnicos mecánicos y químicos, entre otras disciplinas.

Evaluada ambas posibilidades se decide realizar la totalidad de las tareas para la reconstrucción de la carcasa con gestión y recursos propios, considerando varios aspectos que se enumeran a continuación: participación del personal de la cátedra en tareas de cálculo y diseño, formación de recursos humanos de las instituciones participantes, integración del personal técnico de los talleres de la Escuela Industrial Superior en las actividades específicas, transferencia de la experiencia a alumnos de la Escuela y de la materia de grado de la Facultad de Ingeniería Química, costos totales de la reparación muy inferiores a los que se cotizaron en el mercado.

Además se tuvieron en cuenta importantes antecedentes de tareas conjuntas entre personal de la asignatura de grado de la Facultad de Ingeniería Química y los maestros de los talleres de mecánica de la Escuela Industrial Superior, con la misma metodología de trabajo para el cálculo, diseño y construcción de diferentes equipamientos: unidad concentradora de película descendente, equipo intercambiador de calor de carcasa y tubos, y módulos de transporte y control de fluidos.

Todas las etapas, tanto las que estuvieron a cargo del personal de la asignatura (cálculo, diseño, conducción técnica de las tareas, pruebas de estanqueidad y puesta en marcha del equipo reparado); así como las que desarrollaron los técnicos del Taller de Operaciones Metalmeccánicas y del Taller de Tecnología Mecánica de la Escuela Industrial Superior (corte, rolado, rectificado, torneado, soldadura), se cumplieron satisfactoriamente.

El problema, su abordaje, los trabajos realizados y los resultados se presentaron ante alumnos de ambas instituciones, este hecho generó gran expectativa y entusiasmo entre los estudiantes participantes, dada la posibilidad que se les brindó de participar en las diferentes etapas y los detalles que se sucedieron en este proceso y relacionar los conceptos y conocimientos adquiridos durante su formación y capacitación con la aplicación práctica de los mismos para abordar y resolver problemas prácticos.

Surge así la oportunidad de transformar la experiencia en un hecho didáctico para ser utilizable como herramienta de apoyo en la formación de los alumnos cursantes de la asignatura de grado; así como también elemento que aporta a la conexión entre los conocimientos teóricos que los estudiantes adquieren en su formación académica y su aplicación práctica a la solución de situaciones que se presentan de manera habitual en el desempeño profesional, lo cual ha sido detectado como demanda de nuestros alumnos.

Para esto se elabora un material didáctico para ser utilizado como herramienta complementaria de las actividades curriculares de la asignatura, durante el dictado de la misma. Este se complementa con una encuesta, de carácter anónimo, realizada a cada uno de los alumnos cursantes de la asignatura, con la finalidad de disponer de comentarios, sugerencias y propuestas para mejorar el material y evaluar la pertinencia del mismo.

2. Objetivo General:

Generar un recurso de carácter didáctico que permita visualizar y relacionar, a través de la presentación de un caso práctico, las diferentes etapas seguidas para la construcción e un equipo industrial: Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Planos, Construcción y Montaje, Pruebas y Puesta en Marcha.

Objetivos Particulares:

a) Permitir que el alumno:

a.1.) Vincule los conceptos teóricos impartidos en el dictado de la asignatura con el con la interpretación de planos y croquis utilizados para plasmar la ingeniería de detalle, las técnicas y dificultades en la construcción, montaje y puesta en marcha del equipo de transferencia de calor.

a.2.) Visualice una metodología lógica del proceso: abordaje del problema, evaluación del mismo, reparación y puesta en marcha del equipo.

b) Formar y capacitar los recursos humanos de la asignatura a través de la intervención en las distintas etapas del desarrollo.

3. Metodología:

Se desarrolló un medio didáctico (presentación digital), describiendo la secuencia de reparación del equipo como estudio de un caso práctico, a modo de hilo conductor para el logro de los objetivos planteados; desarrollo documentado con fotografías, planos, croquis, esquemas, etc.; que presenta el abordaje del problema técnico aplicando los conceptos teóricos y los criterios para la resolución del mismo, y permite así transmitir toda la experiencia llevada a cabo.

- Criterios utilizados para el desarrollo del material didáctico

El material se estructuró en base a las siguientes pautas:

a- Selección del instrumento didáctico: debe permitir el acceso de los alumnos cursantes de la asignatura de grado al material técnico de aplicación en la tarea profesional, tal como: planos, croquis, especificaciones técnicas, vistas de un equipo real a través de fotografías de partes exteriores e interiores y accesorios, piezas y muestras físicas de materiales y elementos utilizados para la construcción de equipos. Debe facilitar una fuerte interacción docente-alumno y con el material de apoyo.

b- Vinculación: correspondencia entre los componentes del equipo a través de planos, croquis esquemáticos y fotografías, con su correlato en las ecuaciones de cálculo y diseño. Identificar las áreas de flujo en ambos canales de circulación de los fluidos (carcasa y haz

de tubos), haciendo hincapié en las especificaciones a cumplir para respetar las hipótesis de cálculo y asegurar el correcto funcionamiento del equipo (ejemplo: tolerancias permitidas para evitar canalizaciones), todas ellas tenidas en cuenta en la ingeniería de detalle.

c- Efecto del “ensuciamiento”: visualizar el efecto y identificar el origen del problema y la necesidad de su consideración en los cálculos de diseño. Requerimientos de las condiciones que debe cumplir el agua de enfriamiento (servicio); y además justificar la adopción de los canales de circulación para cada uno de los fluidos en el condensador. Se documenta con esquemas y fotografías.

d- Corrosión: se plantean los conceptos teóricos y analiza la causa del fenómeno de la corrosión en las partes metálicas de equipos de transferencia de calor. Se detallan las causas posibles de la aparición del fenómeno en el equipo dañado (condensador), se documenta con fotografías y croquis esquemáticos.

e- Construcción y montaje: selección del material de partida, y los trabajos mecánicos de taller a realizar para llegar a la pieza construida (carcasa): rolado de la chapa, rectificado, presentación y punteado de acometidas y soportes, soldaduras, montaje en obra, pruebas de estanqueidad y puesta en marcha del equipo reparado. Mostrando el rol del profesional en estas etapas y como se complementa el trabajo del mismo con el personal técnico que ejecuta las tareas de taller.

f- El material fue concebido para una fuerte participación del docente, como facilitador de la interacción del alumno con el mismo.

- Tareas realizadas

- Recursos Humanos (Docentes y pasantes)⁹

El trabajo fue desarrollado por los Jefes de Trabajos Prácticos responsables del dictado de los talleres (clases de Problemas y Trabajos Prácticos en Planta Piloto de la facultad de Ingeniería Química) con la supervisión del profesor responsable de la asignatura. Intervinieron también 3 (tres) alumnos de grado que desarrollan pasantías en la cátedra según la reglamentación vigente en la Universidad Nacional del Litoral.

Las tareas realizadas por los docentes y alumnos fueron: la supervisión general de las actividades de desmontaje, limpieza, construcción de los nuevos elementos, prueba hidráulica y puesta en servicio de la unidad, confección de planos y croquis con las correspondientes especificaciones.

Maestros y personal técnicos del taller de la escuela industrial superior: participaron en la construcción y montaje del nuevo equipamiento.

Alumnos cursantes en el primer cuatrimestre 2011 de las asignaturas Transferencia de Energía y Operaciones de la Facultad de Ingeniería Química (Número de alumnos: 49) y de la Especialidad Mecánica Eléctrica de la Escuela Industrial Superior (Número de alumnos: 50): realizaron visitas a los talleres de la Escuela y Planta Piloto de la Facultad durante el desarrollo de la actividades y asistieron a charlas-debate durante el proceso de reparación.

4. Resultados:

El material didáctico se desarrolló con formato de presentación digital (Power Point) en el cual se muestran los siguientes aspectos:

- Presentación del problema (“pinchadura” de la carcasa de un condensador).
- Planteo de las posibles causas, relacionándolas con los conceptos de la teoría de la corrosión.
- Adopción de soluciones con su justificación teórica correspondiente, relacionadas con los contenidos desarrollados en las clases de teoría de la asignatura.
- Confección de planos y croquis para la construcción de la nueva carcasa.
- Actuación del profesional en este tipo de situaciones, en aspectos técnicos y trabajo en equipo con otras áreas.
- Vinculación entre contenidos teóricos, planos y construcción de equipos; a través de imágenes: fotos y planos constructivos.
- Presentación del equipo desarmado, el proceso de limpieza, etapas de construcción y montaje, y puesta en marcha, a través de fotografías.
- Finalización de la presentación con fotografías de elementos utilizados en la construcción y mantenimiento de equipos intercambiadores de calor, por ejemplo herramientas de mandrilado, rasurado y limpieza; y de equipos industriales.

5. Evaluación:

Medición del impacto a través de la implementación de una encuesta anónima para recabar opiniones y propuestas de los alumnos participantes de la jornada.

Encuesta: Modelo utilizado

- I. ¿Qué opina de la actividad desarrollada?
 - Desde el punto de vista didáctico-pedagógico
 - Desde el aporte a su formación profesional.

- II. Relación del contenido teórico desarrollado con su aplicación a la solución de un problema real (ejemplo: el que se presenta).

- III. Los contenidos teóricos desarrollados son (seleccione una opción):
 - Excesivos
 - Suficientes
 - Escasos

- IV. El tiempo asignado a cada tema es apropiado? (seleccione una opción) : SI NO
¿Lo modificaría? (seleccione una opción) : SI NO
¿Cómo?

- V. ¿Qué aporte o sugerencia puede hacer?

Del análisis de las respuestas de los alumnos a la encuesta realizada se obtienen las siguientes conclusiones:

- En la casi totalidad de las respuestas se manifiesta un importante grado de satisfacción con el material y la actividad desarrollada, lo cual permite corroborar una demanda importante a lo largo de la formación de los estudiantes en toda la carrera por este tipo de actividades y otras similares que les permita el contacto directo con casos prácticos y de aplicación directa con la actividad profesional.
- En relación a los aspectos didácticos del material (objetivos, presentación y tiempo) se observó que un 90% de las respuestas corresponde a la categoría “muy bueno”.
- Se observa la necesidad de un mayor contacto con situaciones prácticas relacionadas con el ejercicio de la profesión (90% de las respuestas).
- Respecto a las propuestas realizadas por los alumnos, las mismas refieren a la realización de actividades que permitan mayor contacto con situaciones relacionadas con la práctica profesional, tales como:
 - similares a la desarrollada,
 - mayor contacto con la Planta Piloto,
 - visitas a fábricas.

6. Bibliografía

The Patterson-Kelley Co., Inc. “*Heat Exchangers*” – Manual N° 700-A – Process Heat Exchangers Division – East Stroudsboung, P.A. – 1990

Luwa “*Installation and Operation Manual*” Luwa Thin-Film Evaporator – Typ NL4-82/500/14

Cátedra Transferencia de Energía y Operaciones F.I.Q. – *Planos y Croquies Equipo Intercambiador de Calor de Casco y Tubos* –

Perry, Robert; Chilton, Cecil “*Manual del Ingeniero Químico*” 5ta. Ed. – Mc. Graw Hill Latinoamericana S.A., 1982

CERN, Donald “*Procesos de Transferencia de Calor*” Compañís Editorial Continental S.A., México, 1965

Nemapa S.A. “*Herramientas para montaje y mantenimiento de equipos tubulares de transferencia térmica*” - Villa Lynch, Buenos Aires (Argentina) - <http://www.nemapa.com.ar/folletos/General-sin-placa.pdf>

26TCE. LA CREATIVIDAD EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO

GÓMEZ,G.; GALLO, J.; CAPPARELLI,C.;DEL HOYO,J.; HORMAIZTEGUI,M.E.V.

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata.
Av. Juan B. Justo 4302 -(7600) Mar del Plata, Buenos Aires – Argentina
E-mail: creatividadparaingenieros@gmail.com

Resumen: El pensamiento creativo no es excluyente al pensamiento lógico sino complementario, logrando resultados sorprendentes cuando ambos convergen para la búsqueda de una solución original. Por ello la generación de un espacio durante la formación del ingeniero para la toma de conciencia del rol de la creatividad, como así también para estimular y aplicar esta competencia, permite mejorar la calidad del egresado en cuanto a su capacidad para resolver problemas.

1. Introducción

Todos aquellos que reciben una formación universitaria aprenden el cuerpo de conocimiento que conforma la matriz disciplinar de la especialidad (teoría, métodos, conceptos, otros). El aprendizaje del cuerpo de conocimiento de la especialidad y su reproducción para la resolución de las situaciones problemáticas que se presentan durante la formación, se basa exclusivamente en procesos lógicos y analíticos, que conducen indefectiblemente a la solución de problemas cuyas soluciones ya son conocidas, estimulando de este modo el pensamiento lógico. Estos procesos, según reconocen las neurociencias, se generan en el hemisferio izquierdo, que es la parte del cerebro que nos permite aprender los números, el lenguaje, realizar cálculos, etc.

Si bien el grado de desarrollo del pensamiento lógico que adquiere el estudiante de ingeniería durante su formación es altamente positivo, podemos afirmar que en la actualidad no es suficiente para su labor profesional. Vivimos en un mundo de continuos cambios que afectan todas las áreas del quehacer humano, generando situaciones problemáticas que en muchos casos demandan respuestas rápidas y originales. Para ello se requiere un perfil de egresado que además del conocimiento específico, posea una estructura flexible de pensamiento que le permita adaptarse rápidamente a los nuevos contextos y buscar soluciones alternativas siguiendo múltiples caminos. Estas características se reconocen como propias de aquellas personas que tienen desarrolladas sus posibilidades creativas.

Las personas que tienen desarrollado su potencial creativo configuran una estructura flexible de pensamiento, que se manifiesta a través de un pensamiento expansivo o pensamiento ZOOM. Este tipo de pensamiento favorece: la posibilidad de ver el todo para luego focalizar sobre las partes, la capacidad de relacionar, extendiendo el campo de análisis de un problema, como así también el campo de búsqueda de soluciones. No es prejuicioso. Es inclusivo. Es audaz. Favorece una rápida adaptación a los nuevos contextos. Es multidireccional. Es decir permite la búsqueda de soluciones a un problema siguiendo diferentes caminos. Por lo tanto si se genera un perfil de egresado que además del pensamiento lógico, desarrolle un pensamiento creativo va a poder enfrentar las diferentes situaciones problemáticas que se le presenten con una alta probabilidad de éxito.

2. Objetivos

La presencia de un espacio para el tema creatividad durante la formación del ingeniero tiene como objetivos:

- 1) Que el estudiante tome conciencia de la creatividad, y de la eficacia de esta competencia para la resolución de problemas.
- 2) Proponer actividades para reconocer las características de los procesos creativos y estimular la creatividad.
- 3) La aplicación de la creatividad y de los conocimientos específicos para la resolución de situaciones problemáticas.

3. Metodología

En una primera etapa se proponen situaciones problemáticas que en algunos casos tienen una única solución a las que se puede arribar siguiendo diferentes caminos y en otros tienen múltiples soluciones a las que se pueden arribar siguiendo múltiples caminos.

Se proponen actividades que ponen de manifiesto los límites inexistentes que genera el pensamiento restrictivo, y los obstáculos que generan para arribar a la mejor solución de un problema.

Se proponen situaciones problemáticas en las que para arribar a la solución se debe utilizar, lo que De Bono denominó pensamiento lateral. Un tipo de pensamiento, que se caracteriza por ser multidireccional, por buscar la solución de un problema explorando diferentes caminos, por no tener la necesidad de seguir una secuencia lógica, por enfocar el problema desde diferentes perspectivas. Es decir es un tipo de pensamiento que se corresponde con un pensamiento creativo.

Se proponen actividades a partir de la observación de productos artísticos, como reproducciones de obras pictóricas, lecturas de obras literarias y observación de obras cinematográficas, y también utilizando diferentes lenguajes del arte, como la literatura y el teatro. Obviamente estas últimas actividades no tienen el objetivo de generar productos que tengan algún valor artístico, sino brindarles a los estudiantes un instrumento que les permita estimular la imaginación creadora con la menor limitación posible.

Se debe destacar que las actividades con los diferentes lenguajes del arte planteadas como un juego, es decir sin la necesidad de satisfacer alguna exigencia estética permiten estimular la creatividad, quizás como ninguna otra actividad. Liberan a los estudiantes de los rígidos esquemas de percepción de la realidad generado por el cuerpo de conocimiento de la especialidad, desestructurando el mundo convencional, y revelando nuevas perspectivas de la misma.

Los procesos creativos en la ciencia, la tecnología y en el arte son semejantes, aunque obviamente, las evaluaciones a que son sometidos, para ser calificado como un producto creativo, responden a diferentes parámetros. Sin embargo en lo esencial no difieren. Durante un proceso creativo las personas relacionan diferentes objetos de su conocimiento para arribar a la solución de un problema o para realizar una innovación. Y esto sucede tanto en los procesos creativos relacionados con el arte como en los procesos creativos

relacionados con la ciencia y la tecnología. Podemos citar el caso de los escritores. Suelen crear sus historias a partir de relacionar personas y hechos que en la vida cotidiana suelen estar desconectados. Situación que en muchos casos se reproduce en las diferentes ramas del arte.

Algo semejante sucede cuando se debe resolver un problema o realizar una innovación en el área tecnológica. De la misma manera que un artista, en muchos casos los profesionales del área relacionan de manera original objetos de conocimiento, de su misma disciplina o de áreas del saber que en principio parecen alejados y sin ningún tipo de vínculo con la especialidad para resolver un problema.

Si bien con el tipo de actividades mencionadas anteriormente se estimula la imaginación creadora, una de las funciones de los procesos creativos que permite visualizar una realidad inexistente, también se estimula el pensamiento analógico. La analogía si bien es un elemento del lenguaje relacionado culturalmente con las diferentes ramas del arte, también es un instrumento eficaz para clarificar o encontrar la solución a un problema.

La analogía relaciona objetos de conocimiento de diferentes áreas del saber, mostrando las semejanzas entre ellos. Existen infinidad de ejemplos en el área tecnológica y científica de la utilización de la analogía. Por citar solo algunos ejemplos más notorios tenemos el caso de Graham Bell, quién utilizó la analogía directa para inventar el teléfono. Metodología que se basa en comparar hechos reales. “Me sorprendió que los huesos del oído humano fueran macizos en comparación con la delicada y fina membrana que los operaba y eso hizo que me pusiera a pensar que, si una membrana tan delicada podía mover huesos relativamente tan grandes, por qué una membrana más fuerte y resistente no podía mover un pedazo de acero. Y el teléfono fue concebido”, señaló Graham Bell cuando describió cómo lo había inventado.

También el caso del sabio alemán Kekulé quién en el año 1865 relató cómo había llegado a la fórmula del benceno. “Durante mi estancia en Gante (Bélgica), habitaba una elegante habitación de soltero en la calle principal. En cierta ocasión, me senté para escribir en mi manual, pero aquello no marchaba, mi espíritu se perdía en otros derroteros. Di vuelta la silla hasta situarme frente a la chimenea y quedé medio dormido. Los átomos revoloteaban frente a mis ojos. Los ojos de mi espíritu, agudizados por repetidas historias del mismo tipo, distinguieron ahora formas mayores de gran variedad estructural que giraban y se retorcían a modo de serpientes. Una de las serpientes se mordió la cola y comenzó a girar maliciosamente ante mis ojos”.

Se proponen también la resolución de situaciones problemáticas tecnológicas aplicando el método TRIZ (Teoría para la resolución de problemas de inventiva). Este método basada en 39 características o parámetros de los sistemas tecnológicos y 40 principios de inventiva, obtenidos mediante la revisión de miles de patentes por expertos en innovación tecnológica, permite resolver problemas de inventiva o de innovación tecnológica de una manera sistemática.

TRIZ, recoge una serie de principios que permiten analizar un problema, modelarlo, aplicar soluciones estándar e identificar ideas inventivas. No obstante, la fase de análisis de problemas y la de síntesis de ideas inventivas, se ven reforzadas si se realizan en grupo.

Los procesos creativos grupales suelen ser de vital importancia para encontrar la mejor solución a un problema. Se proponen situaciones problemáticas para resolver aplicando la técnica de resolución creativa grupal de problemas, denominada tormenta de ideas. Esta técnica consiste en que los integrantes del grupo planteen, en una primera instancia, soluciones al problema sin ningún tipo de condicionamientos, es decir sin realizar ninguna evaluación técnica rigurosa. Les permite a los estudiantes estimular la creatividad como así también entrenarse en la resolución de problemas de manera grupal.

Ésta requiere de ciertas actitudes por parte de los integrantes del equipo como así también del coordinador, o jefe del mismo. Como coordinador o jefe del equipo de trabajo debe generar un clima de respeto y una dinámica horizontal, donde cada uno de los integrantes tengan el mismo nivel de participación, no debe tener prejuicios, debe saber escuchar y no debe querer imponer una solución. Como integrante de un equipo de trabajo no debe tener prejuicios, debe saber escuchar y no debe querer imponer una solución.

En la segunda etapa de la materia los estudiantes se dividen en grupos para abordar y buscar soluciones a situaciones problemáticas concretas, utilizando los conocimientos de su especialidad y los conocimientos trabajados durante la primera etapa. De ser necesario se propone un trabajo interdisciplinario con estudiantes de otras especialidades.

Las diferentes organizaciones (empresas, instituciones, etc.) orientan la búsqueda a profesionales con un marcado perfil innovador. Por otro lado parece emerger el rol del ingeniero emprendedor, capaz de generar sus propios proyectos y desarrollarlos. Como podemos observar en ambos casos se demanda un perfil de egresado que además del conocimiento de la especialidad, posea una estructura de pensamiento flexible e innovadora. Por lo tanto es indispensable que, durante la formación en las diferentes especialidades de la ingeniería, los estudiantes posean un espacio para abordar el tema creatividad.

4. Resultados

Se aplicaron los conceptos previamente desarrollados en la resolución grupal de una problemática específica con implicancias sociales, en este caso, a desarrollarse en el Taller Protegido de Lobería.

El Taller Protegido de Lobería, luego de un trabajo de concientización en la población instaló en distintos puntos de la ciudad contenedores para que la gente deposite materiales reciclables (papel, plástico y aceite) de los residuos domiciliarios.

El material recolectado es llevado al taller, donde los operarios (todos ellos con necesidades especiales) se encargan de separar, clasificar y preparar, para luego ser vendido a empresas de reciclado. Una parte de lo producido por la venta se reparte en forma equitativa entre los operarios y el resto se utiliza para mejorar las prestaciones del taller.

De esta forma se logran varios objetivos, por un lado, se ataca una problemática ambiental que es motivo de profunda preocupación en autoridades y estudiosos sanitarios: al hacerse la separación en origen se disminuye significativamente la cantidad de basura a transportar y disponer en el predio final.

Por otro lado se dignifica profundamente el trabajo de los operarios del taller, que no sólo reciben una remuneración por su labor, sino que también los hace sentir partícipes principales del cuidado del medio ambiente de su ciudad.

La respuesta de la población es de tal magnitud que la capacidad de los contenedores se ve desbordada continuamente, con las consecuencias negativas que esto trae aparejadas.

Ante esta realidad, en una experiencia de trabajo interdisciplinario, llevada adelante por estudiantes de las Cátedras de Creatividad para Ingenieros y de Diseño IV, pertenecientes a las carreras de Ingeniería y de Diseño Industrial, respectivamente, se trabajaron con dos consignas: mejorar los contenedores ya existentes, y diseñar contenedores nuevos.

En total se elaboraron 16 propuestas, que están siendo evaluadas por las autoridades de Lobería. Simultáneamente, los estudiantes trabajaron en la elaboración de propuestas para dar un uso más rentable y productivo al papel recogido, obteniéndose como resultado del trabajo propuestas de fabricación de diferentes objetos de pasta de celulosa moldeada.

5. Conclusiones

El pensamiento creativo no es excluyente al pensamiento lógico sino complementario, logrando resultados sorprendentes cuando ambos convergen para la búsqueda de una solución original. Por lo tanto podemos arriesgarnos a decir, con un aceptable grado de certeza, que la generación del espacio propuesto permite mejorar la calidad del egresado en cuanto a su capacidad para resolver problemas.

6. Bibliografía

De Bono, E. EL PENSAMIENTO LATERAL. Manual de creatividad, Ediciones Paidós España 1986

Sloane, Paul. Ejercicios de pensamiento lateral. España. Zugarto ediciones. S. A 1999

Maslow, A. La personalidad creadora, Argentina. Editorial Troquel. 1991.

Gallo José Ciencia, mate y metáfora. El aporte del arte al pensamiento científico. Argentina. Ediciones Suárez. 2002

Gardner, Howard. Arte, mente y cerebro. Una aproximación cognitiva a la creatividad. Argentina. Editorial Paidós. 1987

Moccio, Fidel. Hacia la creatividad. Argentina. Lugar editorial. 1991

Goleman, Kaufman, Ray. The creative spirit. USA, Hutton Penguin books. 1992

Bachelard, G. La formación del espíritu científico. Argentina. Siglo XXI Argentina editores. 1991.

Martines Bouquet. , C. M. Crear, creación, creatividad. Argentina. Ediciones Aluminé, 1991.

Kunh, T. S. La estructura de las revoluciones científicas. Argentina. Fondo de cultura económica. 1991.

Torrance, Paul. La orientación del talento creativo. Argentina. Ediciones troquel. 1969

Gordon, W. Sinéctica, el desarrollo de la capacidad creadora; Herrero Hermanos Sucesores: México, 1963.

27TCE. RECONSTRUCCIÓN 3-D: UNA APLICACIÓN TECNOLÓGICA DE TEMAS INCLUIDOS EN ASIGNATURAS DEL CICLO DE CIENCIAS BÁSICAS.

DEPAOLI R. *, DÍAZ D. *, FERNÁNDEZ L. *, STOCKLI R. *.

***Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de La Matanza – San Justo – Buenos Aires – Argentina – rd-ing@unlam.edu.ar**

Resumen: En el dictado de las materias de ciencias básicas se recurre usualmente a formalismos altamente eficientes para estructurar el conocimiento, pero que entrañan dificultades para la comprensión temprana de las ideas y su aplicabilidad. Una solución intermedia es la realización de seminarios que apliquen los conocimientos adquiridos en problemas concretos de ingeniería. Aquí proponemos un caso: con el empleo de dos cámaras digitales y un diodo láser con generador de línea, la reconstrucción 3-D se plantea y resuelve con recursos de álgebra lineal y vectorial, análisis matemático y óptica geométrica.

1. Introducción

El compromiso entre exposición formal y presentación heurística de los temas resulta complejo para las materias de ciencias básicas, en razón del volumen de conocimientos transmitidos en un tiempo relativamente corto.

Con la exposición de aplicaciones tecnológicas que requieran de dichos conocimientos, se dispone de un recurso pedagógico interesante para su maduración conceptual y la valorización de su importancia en el modelado y resolución de problemas de ingeniería.

En este trabajo se propone un seminario sobre reconstrucción 3-D con dos cámaras, un láser lineal y un dispositivo de calibración simple. El modelo se plantea y resuelve con conocimientos de ciencias básicas. Se utiliza además software estándar de matemáticas y visualización.

La reconstrucción 3-D es una técnica de uso creciente, por ejemplo, en robótica, metrología e ingeniería inversa.

El acceso integral a este tipo de técnicas, posible con conocimientos de ciencias básicas, puede ser un estímulo en la formación de alguna de las competencias profesionales del ingeniero enunciadas por el CONFEDI en 2006.

2. Objetivos

- 1- Integrar conocimientos del ciclo de ciencias básicas.
- 2- Aplicarlos en un caso técnico real.
- 3- Transferir actividades y resultados de un trabajo de investigación a los estudiantes.
- 4- Desarrollar competencias de trabajo en grupos.

3. Método

Se diseñó un seminario que se implementará con estudiantes del ciclo de ciencias básicas en el tema mencionado. La exposición seguirá la secuencia del trabajo de investigación, con énfasis en los conceptos de ciencias básicas involucrados.

Se facilitarán los programas necesarios para lectura de imagen, extracción de puntos, cálculo, etc., y software para la visualización de la imagen en 3D.

- **Desarrollo**

- **Reconstrucción tridimensional, modelo de cámara y geometría epipolar**

La reconstrucción 3D consiste en la obtención de las coordenadas tridimensionales de un objeto respecto de un sistema de referencia. Se pueden usar recursos mecánicos o medios que no requieran el contacto con el objeto a medir. En la segunda categoría están los sistemas de visión estereoscópica. Con dos tomas fotográficas se realiza la reconstrucción a partir de las restricciones geométricas asociadas a este problema.

Aplicamos a cada cámara el modelo Pinhole: la cámara consiste en una caja oscura con un agujero pequeño (centro de proyección O), ubicado en su frente. En su parte posterior interna, a una distancia f (distancia focal) del centro de proyección, se encuentra el plano de la imagen, en el que se ubica una placa fotosensible (**Figura 1 a**)).

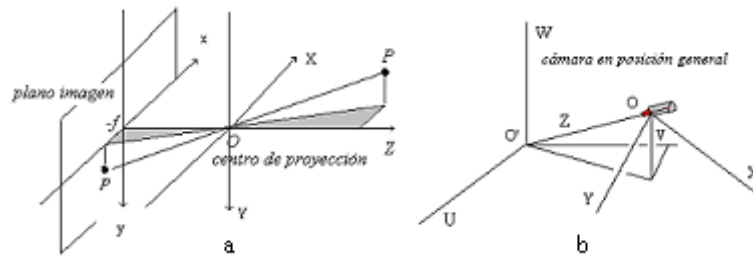


Figura 1 - Modelo de cámara

Si se rota la imagen 180° para su observación, la relación entre las coordenadas (X, Y, Z) de un punto P respecto de un sistema ortogonal con origen en O , y las coordenadas (x, y) de su proyección sobre el plano de la imagen, está dada por:

$$\frac{x}{f} = \frac{X}{Z}, \quad \frac{y}{f} = \frac{Y}{Z}, \quad (1)$$

Supóngase dado un sistema de coordenadas ortogonales (U, V, W) de origen O' , que se toma como sistema de referencia (**Figura 1 b**)). A partir de una transformación ortogonal de matriz $R = [r_{i,j}]$ y una traslación dada por el vector $T = (T_i)$, que va de O a O' , obtenemos:

$$(X, Y, Z)' = R(U, V, W)' + T', \quad (2)$$

Combinando estas ecuaciones con las relaciones (1), se obtiene:

$$x = f \left(\frac{r_{11}U + r_{12}V + r_{13}W + T_1}{r_{31}U + r_{32}V + r_{33}W + T_3} \right), \quad y = f \left(\frac{r_{21}U + r_{22}V + r_{23}W + T_2}{r_{31}U + r_{32}V + r_{33}W + T_3} \right). \quad (3)$$

Las ecuaciones (3) relacionan las coordenadas (U, V, W) de un punto objeto con las coordenadas (x, y) de su punto imagen. El objetivo de la reconstrucción 3D es obtener las coordenadas del punto objeto a partir de las coordenadas de su imagen. El sistema (3) no está determinado. Si se emplean dos cámaras, a cada punto objeto se asocian dos imágenes (puntos homólogos). El sistema de 4 ecuaciones resultante permite determinar las coordenadas del punto objeto. Los parámetros asociados a los ecuaciones (3) se estiman en la calibración del modelo, que analizamos más adelante.

Es necesario identificar puntos homólogos. Esta tarea, efectuada naturalmente por la visión humana, es una cuestión no resuelta en el ámbito computacional si se usa iluminación homogénea. Se recurre a fuentes de luz estructurada. Aquí empleamos un láser lineal.

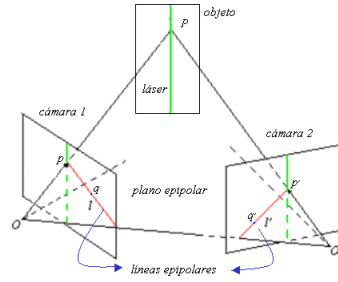


Figura 2 - Plano epipolar

La geometría del problema impone restricciones que permiten identificar puntos homólogos. Un punto objeto P y los centros de proyección O, O' determinan un plano, denominado plano epipolar (**Figura 2**). Los homólogos de P en cada imagen estarán en las líneas epipolares l_p y l'_p , intersecciones del plano imagen de cada cámara con el plano epipolar. Con un láser plano se proyecta una línea sobre el objeto a medir. Los homólogos de cada punto de la línea iluminada estarán, en cada cámara, en la intersección de la imagen de la línea iluminada y la línea epipolar (**Figura 2**).

Luego se verá cómo, dada la proyección de un punto P en una imagen, se obtiene la ecuación de la línea epipolar en la otra imagen.

- **Calibración de la cámara**

En las cámaras digitales, la relación entre las coordenadas métricas (x, y) de un punto imagen y las coordenadas enteras (n_x, n_y) del píxel correspondiente (**Figura 3 a**), está dada por:

$$x = a(n_x - n_{x_0}), \quad y = b(n_y - n_{y_0}). \tag{4}$$

Donde (n_{x_0}, n_{y_0}) es el par de coordenadas enteras del píxel central.

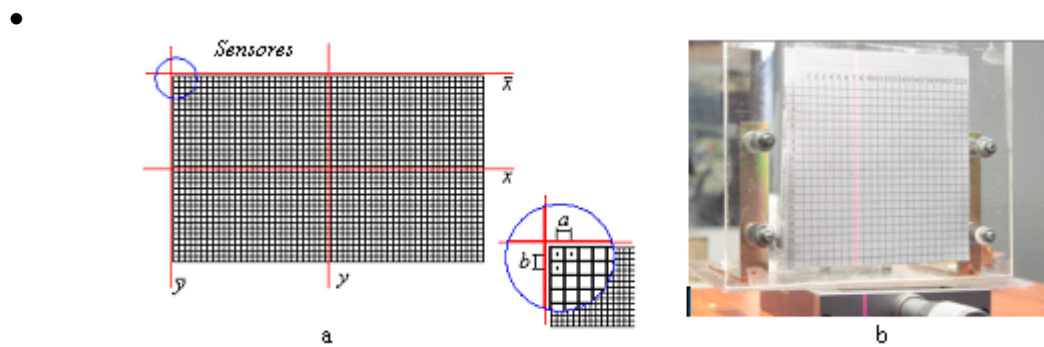


Figura 3 - Calibración de la cámara.

Trabajando con notación matricial, a partir de (3) y (4) se obtiene:

$$\begin{bmatrix} Zn_x \\ Zn_y \\ Z \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{f}{a} & 0 & n_{x_0} \\ 0 & \frac{f}{b} & n_{y_0} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_S \underbrace{\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}}_M \underbrace{\begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}}_W \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ 1 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & a_{1,4} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & a_{2,4} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & a_{3,4} \end{bmatrix}}_A \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

La matriz A relaciona las coordenadas de un punto objeto con las coordenadas del píxel asociado al punto imagen.

Las componentes de la matriz A se estiman en el proceso de calibración. Dados n puntos no coplanares de coordenadas (U, V, W) conocidas, y sus proyecciones de coordenadas (n_x, n_y) conocidas, podemos obtener, para cada uno de ellos, dos ecuaciones lineales de la forma:

$$\begin{aligned} a_{11}U + a_{12}V + a_{13}W + a_{14} - a_{31}n_xU - a_{32}n_xV - a_{33}n_xW - a_{34}n_x &= 0 \\ a_{21}U + a_{22}V + a_{23}W + a_{24} - a_{31}n_yU - a_{32}n_yV - a_{33}n_yW - a_{34}n_y &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

La solución del sistema de $2n$ ecuaciones así obtenido, proporciona la matriz A . En este trabajo consideramos el empleo de dos cámaras en posiciones fijas, por lo cual deben estimarse las dos matrices de cámara, A y A' .

El dispositivo de calibración utilizado consiste en un plano con un cuadrículado, que se desliza por un riel perpendicular al plano (**Figura 3 b**). Un tornillo micrométrico mide los desplazamientos del plano sobre el riel. Los puntos de calibración son las intersecciones de las líneas del cuadrículado. Si consideramos que los ejes U y V del sistema de coordenadas son paralelos a las líneas horizontales y verticales del cuadrículado, y el eje W es paralelo al riel, queda determinada la ubicación espacial de los puntos de calibración. Las coordenadas U y V vienen fijadas por el diseño del cuadrículado. Las diferencias en la coordenada W , se obtienen a partir del tornillo micrométrico.

Para obtener las coordenadas de las proyecciones de los puntos de calibración (**Figura 3 b**), hemos implementado un procedimiento semiautomático basado en procesamiento de imágenes, que facilita la tarea.

Determinación de la línea epipolar

Para determinar las ecuaciones de las líneas epipolares, escribimos la relación entre las coordenadas $\overline{O'q'} = (x', y', f')$ de un punto q' en l'_p , dadas en el sistema de origen O' de la cámara 2, y las coordenadas $\overline{Oq} = (x, y, z)$ del mismo punto en el sistema de la cámara 1 con origen O , Fig 2.

$$\overline{Oq}' = R\overline{Oq}' + \overline{OO}' \quad (7)$$

donde R es una matriz ortogonal y $\overline{OO}' = (o'_x, o'_y, o'_z)$ son las coordenadas del punto O' en sistema de origen O solidario a la cámara 1.

Si q es un punto en l_p y $\overline{Oq} = (x, y, f)$, sus coordenadas en el sistema de origen de la cámara 1, a partir de la coplanaridad de \overline{Oq}' , \overline{OO}' y \overline{Oq} resulta:

$$\overline{Oq}' M_{oo'} \overline{Oq}' = 0 \text{ con } M_{oo'} = \begin{bmatrix} 0 & -o'_z & o'_y \\ o'_z & 0 & -o'_x \\ -o'_y & o'_x & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

A partir de (7) y (8) para todo par de puntos q' y q en l'_p y l_p obtenemos: $\overline{Oq}' K \overline{Oq}' = 0$, con $K = R' M_{oo'}$. En particular, tomando $q' = p'$, la proyección de un punto P en la cámara 2, se obtiene la ecuación de la línea epipolar l_p en función de p' . Análogamente con $q = p$ obtenemos la ecuación de la línea epipolar l'_p a partir de la proyección de P en la cámara 1.

$$l'_p : \overline{Oq}' K \overline{Op}' = 0, \quad l_p : \overline{Op}' K \overline{Oq}' = 0 \quad (9)$$

Para terminar, tendremos que escribir estas ecuaciones en términos de las coordenadas de los píxeles de cada imagen digital. Si $N_{q'} = (n'_x, n'_y, 1)$ y $N_q = (n_x, n_y, 1)$, donde n'_x, n'_y y n_x, n_y son

las coordenadas de los píxeles asociados a q' y q respectivamente, a partir de (3) se obtiene:

$$N_{q'}^t = D' \overline{O'q'}^t \text{ y } N_q^t = D \overline{Oq}^t \text{ con } D' = \begin{bmatrix} \frac{1}{a'} & 0 & \frac{n_{x_0}'}{f'} \\ 0 & \frac{1}{b'} & \frac{n_{y_0}'}{f'} \\ 0 & 0 & \frac{1}{f'} \end{bmatrix} \text{ y } D = \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & 0 & \frac{n_{x_0}}{f} \\ 0 & \frac{1}{b} & \frac{n_{y_0}}{f} \\ 0 & 0 & \frac{1}{f} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Ahora, las ecuaciones (9) se transforman en: $N_{q'}(D')^{-1} K D^{-1} N_q^t = 0$. Si se determina la matriz $H = (D')^{-1} K D^{-1}$, que depende de las características geométricas y físicas del sistema, se obtienen las ecuaciones de las líneas epipolares l'_p y l_p expresadas en las coordenadas de los píxeles.

$$l'_p : N_{q'} H N_q^t = 0, \quad l_p : N_{p'} H N_q = 0. \quad (11)$$

Para determinar la matriz H se resuelve el sistema lineal homogéneo (12) que resulta de (11) a partir de las coordenadas en píxeles (n_x^i, n_y^i) , (n_x^i, n_y^i) de N puntos homólogos.

$$n_x^i n_x^i h_{11} + n_x^i n_y^i h_{12} + n_y^i h_{13} + n_y^i n_x^i h_{21} + n_y^i n_y^i h_{22} + n_y^i h_{23} + n_x^i h_{31} + n_y^i h_{32} + h_{33} = 0, \quad 1 \leq i \leq N \quad (12)$$

Como se observa en las ecuaciones (12), no se necesita información métrica. Hemos utilizado los mismos puntos que en la calibración de las cámaras, para cuyas proyecciones está resuelto el problema de la correspondencia, dado que los puntos quedan identificados.

Estimación numérica

Los sistemas indicados en las ecuaciones (6) y (12) son homogéneos y sobredeterminados. Debido a los errores y aproximaciones en el modelo, se utilizan técnicas de optimización para obtener una solución no nula. Brevemente describiremos el procedimiento para la estimación de la matriz H , dado que para la estimación de las matrices de cámara hemos usado la misma técnica. Llamando $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})$ y Γ a la matriz del sistema (12), tomaremos como solución de (12) a h tal que: $\|\Gamma h\|_2 = \min_{\|k\|_2=1} \|\Gamma k\|_2$. El vector h que realiza el mínimo es el autovector de autovalor mínimo de la matriz $\Delta = \Gamma^t \Gamma$.

Reconstrucción 3D

Dado un píxel p sobre la línea láser en la cámara 1 (**Figura 2**), se determina la línea epipolar asociada a éste en la cámara 2, por medio de la matriz H y las coordenadas de p . Luego se determina el píxel p' de intersección de l'_p con la línea láser en la cámara 2 (**Figura 2**). Con las coordenadas de p y p' se obtiene el sistema (13), utilizando (5) para cada cámara.

$$\begin{aligned} (a_{11} - a_{31}n_x)U + (a_{12} - a_{32}n_x)V + (a_{13} - a_{33}n_x)W &= a_{34}n_x - a_{14} \\ (a_{21} - a_{31}n_y)U + (a_{22} - a_{32}n_y)V + (a_{23} - a_{33}n_y)W &= a_{34}n_y - a_{24} \\ (a'_{11} - a'_{31}n_x^2)U + (a'_{12} - a'_{32}n_x^2)V + (a'_{13} - a'_{33}n_x^2)W &= a'_{34}n_x^2 - a'_{14} \\ (a'_{21} - a'_{31}n_y^2)U + (a'_{22} - a'_{32}n_y^2)V + (a'_{23} - a'_{33}n_y^2)W &= a'_{34}n_y^2 - a'_{24} \end{aligned} \quad (13)$$

En (13) n_x, n_y, n_x', n_y' son las coordenadas de los píxeles p, p' , y a_{ij}, a'_{ij} los coeficientes de las matrices de cada cámara. A partir de este sistema sobredeterminado de ecuaciones, que se resuelve por cuadrados mínimos, se determinan las coordenadas U, V, W del punto elegido en la línea láser.

Realizando un barrido se relevan las coordenadas de la región de interés.

Escaneo 3D de un objeto

El escaneo de un objeto se realiza a partir de tomas fotográficas de las dos cámaras. Por cada posición de la línea láser se realiza una toma fotográfica con cada cámara (**Figura 4**). Luego se umbralizan las fotografías, para obtener las coordenadas de los píxeles de la línea láser en cada toma fotográfica.

Para cada píxel de la línea láser en la toma de la cámara 1 se aplica el procedimiento descrito en la sección anterior y se determinan las coordenadas U, V, W del punto objeto asociado.

En la **Figura 5** se observa el dibujo de puntos escaneados, que se obtuvieron con desplazamientos paralelos del láser lineal.



Figura 4 - Tomas fotográficas del objeto a escanear y del corte con el diodo láser.

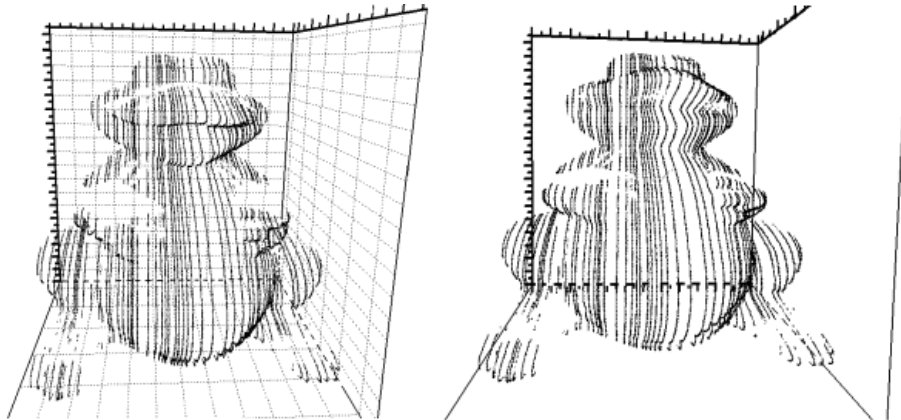


Figura 5 - Reconstrucción 3D del objeto

La precisión del modelo pinhole depende de la calidad de la óptica en la cámara.

El tratamiento de la distorsión radial, no expuesto por razones de espacio, forma parte del seminario diseñado.

4. Conclusiones

Se presentó una aplicación tecnológica actual, utilizando sólo conocimientos adquiridos en las materias de ciencias básicas de las carreras de ingeniería.

Hernández H. et al, 2001, clasifican las habilidades cognitivas necesarias para el trabajo en matemáticas. Es razonable que, en el ámbito de la ingeniería, el cultivo de dichas habilidades esté orientado por aplicaciones específicas, que contribuyan a dar sentido concreto a conceptos abstractos, en áreas de interés para los estudiantes.

5. Referencias

- CONFEDI (2006) Investigación en Matemática Educativa, Competencias Genéricas. La Habana, Cuba.
- Depaoli, R., Diaz, D., Fernandez, L., Stockli, R. (2009) El tratamiento de la distorsión radial en metrología efectuada con cámaras digitales. 3° Congreso Argentino de Ingeniería Industrial(COINI2009), Misiones.
- Hartley, R., Zisserman, A. (2000) Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press.
- Hernández, H., Delgado, J., Fernández, B. (2001) Cuestiones didáctica de la matemática. Rosario: Homo Sapiens Ediciones.
- Tsai, R. (1987) A Versatile Camera Calibration Techniques for High - Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-shelf TV Cameras and Lenses. IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. Ra-3, No. 4, pp. 323..344.

28TCE. PROPUESTA ALTERNATIVA DE APRENDIZAJE INTEGRADO (VIRTUAL-PRESENCIAL) EN UNA UNIDAD TEMÁTICA DE QUÍMICA INORGÁNICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

**PRÓSPERI, S. B.¹; MOLINA, M. G.¹; MARTÍN, J. C.¹; MUSALE, V. C.¹;
BARUFALDI, M. A.¹; ALLOLIO, D. ¹; MORANT, M. A.¹**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – Universidad Nacional de Cuyo.
Bernardo de Irigoyen 358 (5600) San Rafael, Mendoza. – Argentina**

Resumen: En el presente trabajo, realizado en la FCAI en la asignatura de Química Inorgánica durante los ciclos lectivos 2009-2010, se propusieron, adaptaron y validaron estrategias de enseñanza-aprendizaje, mediante el uso del Campus Virtual de la UNCuyo en apoyo a la presencialidad; lo que justifica que su encuadre en el eje temático “La tecnología digital en los escenarios pedagógico – didácticos”. Se trabajó en contenidos específicos de la Química descriptiva y en particular con el Grupo XIV y el tema de Metales de la Primera Serie de Transición de la Tabla Periódica.

Los datos obtenidos (encuesta a alumnos y entrevistas docentes) permitieron realizar una evaluación de la metodología de trabajo y arribar a conclusiones significativas.

Surgen nuevos interrogantes como: ¿el uso de entornos virtuales en el ciclo básico promovería el desarrollo de capacidades en el ciclo superior de las carreras de ingeniería? , ¿la complementariedad de lo presencial-virtual podría plantearse desde la interdisciplinariedad en los espacios curriculares de los dos primeros años de las carreras de Ingeniería?. A partir de ellos se propone avanzar y profundizar en este tipo de experiencias, mediante la presentación de un nuevo proyecto de investigación para motivar a los alumnos a participar en instancias alternativas para el estudio de esta y otras asignaturas, diseñar otras prácticas pedagógico-didácticas utilizando el Campus Virtual y capacitar a docentes en el desarrollo de tutorías y aplicación de estrategias con el uso de nuevas tecnologías.

Palabras Claves: NTIC, enseñanza, Ingeniería, Competencias, aprendizaje virtual

1. Introducción

Esta propuesta de investigación educativa surge como resultado de la reflexión de las prácticas docentes y la necesidad de promover el desarrollo de competencias básicas en Química Inorgánica; como así también motivar a los alumnos a participar en instancias alternativas de aprendizajes vinculados a las ciencias experimentales, promover las prácticas de laboratorio, planificar otras prácticas utilizando Plataformas Virtuales en apoyo a la presencialidad y capacitar a docentes en el desarrollo de tutorías y planificación de estrategias con el uso de nuevas tecnologías.

En el transcurso del ciclo lectivo 2009 se diseñaron, adaptaron y validaron estrategias de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de la NTICS, con el fin de promover el aprendizaje de contenidos específicos de la Química descriptiva y conocer los procesos cognitivos que se ponen en juego en instancia interactivas en entornos virtuales. En el ciclo lectivo 2010 se amplió la propuesta educativa, en un nuevo eje a desarrollar mediante el apoyo de interactividad brindada por el Campus Virtual, y en función de resultados positivos obtenidos con la propuesta anterior.

Esta propuesta considera a la enseñanza como una intervención que propone grados de interactividad entre el sujeto y el conocimiento, a través de una secuencia de acciones,

cuya la finalidad es la de desarrollar procesos cognitivos hasta convertirlos en habilidades de pensamiento que le permitan al sujeto intervenir en diferentes situaciones tanto de la vida académica como cotidiana.

Por otro lado dicho proceso proporciona a otro sujeto estrategias que despiertan el deseo de apropiarse de saberes y de procedimientos para satisfacer un requerimiento que siente como propio (enseñanza comprensiva). Asimismo, implica para el docente el esfuerzo por la justificación moral y epistemológica del contenido de su práctica (buena enseñanza)”

“El aprendizaje, en este sentido es un proceso en el que el alumno se entrelaza con la realidad, estructurándose y transformándola al actuar sobre ella. El sujeto aprende en la medida en que la situación le proporciona una serie de acciones que conllevan un orden para que el contenido se pueda ir construyendo de manera gradual y progresiva y que este accionar le resulte significativo en su proceso de comprensión e intervención en la realidad” UNCUvirtual (Modelo Pedagógico)..

En el proceso de Investigación, se aplicaron instrumentos de recogida de datos (encuesta a alumnos y entrevistas a docentes) que permitieron realizar una evaluación de la metodología de trabajo, la elaboración de los materiales mediados, los aprendizajes construidos y la motivación de los alumnos.

Los procesos de investigación-acción guiaron metodológicamente el desarrollo del presente trabajo, ya que desde la interpretación de las prácticas desarrolladas se tomaron decisiones (metodológicas) pedagógico-didácticas vinculadas a la enseñanza, mediación de los materiales, el tiempo de realización y desarrollo de los contenidos, la bibliografía seleccionada, el rol del tutor, el sistema de evaluación, transferencia del conocimiento, entre otros aspectos que contribuyeron a construir las categorías analíticas del trabajo y compararlas con las instancias de aprendizaje en la presencialidad.

2. Resultados

Instrumentos de recolección de datos

Dado que el trabajo de investigación se realizó en dos ciclos lectivos (años 2009 y 2010), los resultados surgen de los datos recabados en encuestas y entrevistas a los estudiantes en los dos años de trabajo; las coincidencias y diferencias se establecen a continuación.

Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados se tuvieron en cuenta los siguientes criterios o indicadores:

1. Campus virtual como espacio de enseñanza- aprendizaje
2. Capacidades desarrolladas en relación a las actividades propuestas en el Campus Virtual
3. Hábitos, actitudes y estrategias de estudio del alumnos a partir de la experiencia virtual
4. Contenidos del Campus y la pertinencia con la Asignatura Química Inorgánica
5. Consideraciones respecto al Grupo de docentes y de Investigación

2.1. Campus Virtual Como Espacio De Enseñanza –Aprendizaje

2.1.1 Uso de la herramienta informática y accesibilidad al Campus Virtual

Como resultado del proyecto de investigación, se puede decir que la mayoría de los alumnos participantes no habían utilizado el Campus Virtual con anterioridad a la

experiencia; sólo 6 alumnos conocían entornos virtuales de aprendizaje por haber participado en alguna asignatura de Profesorado o en los cursos a distancia del ingreso a la FCAI u otras facultades como Medicina e Ingeniería en Petróleo.

El 76% de los participantes fueron capaces de manejar las herramientas informáticas, y el resto superaron las dificultades con ayuda del tutor o los compañeros o simplemente practicando, sólo 4 alumnos no conocían el manejo de las herramientas informáticas.

En cuanto a posibilidades de acceder al Campus se observaron diferencias en el año 2010 respecto del 2009, ya que se superaron deficiencias de conectividad y de acceso al Campus.

Respecto de la valoración que hacen los alumnos de la accesibilidad al campus, facilidad de encontrar la información y la forma de presentación de las actividades, los resultados indican que el 72% de los estudiantes valoran como muy buena la calidad del Campus Virtual de la UNCuyo.

Con respecto a los lugares de acceso al Campus el primer año de la experiencia denota que el 54% de los alumnos accedieron al campus fuera del ámbito de la Facultad ; mientras que en el 2010 al mejorar las condiciones y la compra de nuevas máquinas en la Facultad el porcentaje de alumnos que accedieron a las mismas fue del 65% y sólo quienes tenían Internet en sus casas trabajaron fuera de la Institución.

Las dificultades de acceso al Campus siempre estuvieron salvadas por los docentes, tutores y a veces por los propios compañeros.

2.2. Capacidades Desarrolladas En Relación A Las Actividades Propuestas En El Campus Virtual

Las estrategias de enseñanza–aprendizaje a través del Campus intentaron promover algunas de las siguientes capacidades según lo manifestado por los propios alumnos en las encuestas:

- Comprensión de de textos
- Recolección de información
- Observación
- Formulación de preguntas
- Selección de la información

Los estudiantes manifiestan en un 76 % que las estrategias más utilizadas para procesar la información de los textos fueron las de la comprensión de textos, selección de la información, observación de fenómenos, reacciones, descripción de procesos, discusión de los cuestionamientos, investigación en diferentes textos y links.

- Organización de los conocimientos

En cuanto a este aspecto, se puede observar a través de la evaluación de las actividades que un 65% de los alumnos fueron capaces de realizar comparaciones, clasificar adecuadamente, categorizar y ordenar la información solicitada en algunas de las actividades.

Existen, en un 15% del alumnado, dificultades en la comprensión de algunas consignas y algunas actividades demasiado largas.

- Análisis de los conocimientos

Estos aspectos aparecen claramente en las encuestas realizadas a los alumnos y a través de las evaluaciones de las actividades, en las que un 85% de los estudiantes manifiestan que las estrategias de aprendizaje generaron mayor autonomía en la adquisición de nuevos conocimientos porque fueron capaces de trabajar en forma más independiente sin la presencia de los docentes. Manifiestan además, que pudieron aprender nuevos conocimientos que los llevaron a elaborar conclusiones y a inferir relaciones entre los

contenidos. Además les permitió la profundización de los temas, relacionar conceptos e información, describir procesos y organizarse en sus tiempos de estudio, lectura, realización de actividades y entrega de los trabajos a tiempo.

2.3. Hábitos, Actitudes Y Estrategias De Estudio Del Alumnos A Partir De La Experiencia Virtual

Entre los hábitos y actitudes que se podrían promover a través de entornos virtuales cabe analizar los siguientes:

- Trabajo colaborativo
- Rescate de los conocimientos previos
- Motivación para realizar las actividades
- Uso de las herramientas informáticas
- Acceso a textos y bibliografía variada
- Búsqueda de Fuentes de información variadas
- Autonomía en el estudio
- Uso adecuado de los tiempos de realización y de presentación de las tareas
- Adquisición de nuevos hábitos de estudio

Al respecto, analiza Hargreaves, (1996), "la complejidad del conocimiento y la sofisticación tecnológica contribuyen a romper el aislamiento, la autosuficiencia individual, y crean espacios para la cooperación, pero también para la homogeneidad y la colaboración artificial espuria. La compresión del tiempo y del espacio permite mayor flexibilidad, oportunidades para la comunicación y asunción de responsabilidades, pero también las crea para el estrés, la saturación de trabajo, la superficialidad y la pérdida de reflexividad".

De las encuestas se puede resaltar que el 67 % opinó que mejoró el trabajo colaborativo porque se reunían en casas o en a facultad y eso les permitía opinar sobre cómo desarrollar las actividades y se amplió la búsqueda bibliográfica y a través de Internet.

Se pudo ver que el 82% tuvo acceso a otros medios diferentes para superar dificultades ya que esta forma de trabajo permite el acceso a una variedad importante de bibliografía y también tienen el apoyo de la consulta a su tutor, tanto en forma virtual como presencial.

Las encuestas y las entrevistas personales revelan que uno de los efectos positivos de la experiencia estuvo centrada en la libertad del uso de los tiempos, la mayoría pudo organizar sus tiempos de lectura, de realización de las actividades y sobre todo se ahorra tiempo y se podían realizar en horarios libres sin la presión de la presencia del docente en horario de clases prácticas. Pero la mayoría tuvo que organizarse y darle tiempo extra a la asignatura. Algunos opinaron que les fue difícil entrar al campus en algunas oportunidades y eso le llevaba tiempo extra y a un grupo menor le dificultó la tarea de trabajar en Internet por sus dificultades con la herramienta informática.

La motivación para el estudio de los Metales de Transición es un punto a tener en cuenta dado que es un contenido complejo y en algunos casos presenta dificultad para su comprensión; sin embargo para el 89% de los encuestados, esto se manifestaría en el decir de los participantes de la siguiente manera:

...“fue una tarea creativa e innovadora de trabajar que desarrolla autonomía e independencia, y facilita el estudio de temas extensos lo que permite ampliar los conocimientos”...

...“Yo no tenía idea del manejo del Campus. Fue raro en un principio y me di cuenta que era una herramienta útil; y la libertad del trabajo es bárbaro; no se siente la presión del

profesor.....Es una herramienta rápida y el alumno se cansa del lápiz y papel; la compu es más divertida, fue una novedad muy interesante, nueva... ”

2.4. Contenidos Del Campus Y La Pertinencia Con La Asignatura Química Inorgánica

El 89% de los alumnos encuestados evalúan como pertinente esta modalidad de trabajo para la asignatura Química Inorgánica, considerando que es una forma diferente (creativa e innovadora) de trabajar, en la que se desarrolla autonomía e independencia, se amplía la teoría; facilita el estudio de contenidos extensos sin ser demasiado agobiante y que alivia el estudio de los contenidos para el final.

Las actividades son significativas ya que se presentan imágenes e información variada; conceptos trabajados en clases presenciales promueven por otro lado, la investigación profunda de los contenidos.

Una de las dificultades observadas se presentó a la hora de entregar algunos trabajos por problemas propios del Campus. Dicha dificultad tuvo que ser resuelta a través del envío de los trabajos por e-mail o en forma presencial, este problema fue significativamente mayor en el primer año de la experiencia.

Otra dificultad que se podría mencionar es la del elevado número de participantes (aproximadamente 90 alumnos en cada ciclo), ya que dificultaba la retroalimentación de los tutores.

2. 4.1. Nivel de significatividad de las actividades del Curso de Metales de Transición a través del Campus Virtual

Se pudo comprobar un alto grado de significatividad de las actividades, los materiales, la bibliografía presentadas y las condiciones de conectividad y presentación del Campus virtual

Respecto del tiempo que les insumió el estudio de la Asignatura para el examen final puede apreciarse que la mayoría de los alumnos expresaron que se les facilitó el estudio y se disminuyó el tiempo que invirtieron para su estudio.

2.5. Consideraciones Acerca De Los Tutores Y Del Grupo De Investigación

En cuanto al papel que desempeña el tutor, la mayoría acuerda en que contribuye con el aprendizaje y favorece la adquisición de los conocimientos; es un buen acompañante cognitivo y motivador para la búsqueda de información y del proceso de autoaprendizaje.

Hay que destacar que un alto porcentaje de alumnos opina que se debería incorporar esta modalidad a otras unidades de Química Inorgánica debido a la significatividad que adquieren los aprendizajes construidos a través de la interactividad con el campus y el desarrollo de habilidades de pensamiento más complejas.

3. Conclusiones

Para concluir se podría decir que la propuesta promovió una amplia participación y dedicación de los alumnos en nueva modalidad de aprendizaje de la Química, construir, conjuntamente, actividades donde los alumnos aprendan haciendo, reflexionando, encontrando nuevos ejemplos, transfiriendo a diferentes situaciones los aprendizajes construidos y compartiendo a partir de nuevos modos de socialización (foros) el conocimiento.

Por otro lado el uso de las NTICs generaron experiencias creativas y autónomas vinculadas a la Química como disciplina a partir de la búsqueda y selección de la información en nuevos sitios de la web como así también el desarrollo de los distintos lenguajes vinculados a la informática y a través de una propuesta diferente y novedosa de aprendizaje en entornos virtuales.

A partir de la experiencia se considera que la interactividad se promueve a partir de la elaboración de los materiales, ya que es a través del conocimiento mediado por los materiales que los alumnos pudieron compartir ideas, pensamientos, reflexiones, otorgándole nuevos significados a los conocimientos construidos.

Acordamos con las palabras de Adriana Solari y Monge Germán en sus aportes: UN DESAFÍO HACIA EL FUTURO: EDUCACIÓN A DISTANCIA, NUEVAS TECNOLOGÍAS Y DOCENCIA (Universidad Nacional de Río Cuarto, 2004):

“Sabemos que la educación de las aulas universitarias también se ha visto modificada pues el docente tiene a su alcance una serie de herramientas pedagógicas electrónicas y digitales que hacen de la educación de hoy un proceso dinámico, creativo e innovador”.

La aplicación de las redes de comunicación en general y de las tecnologías de Internet en particular al mundo de la educación universitaria supone y supondrá un profundo cambio, cuyas consecuencias aún no alcanzamos a entender.

El modelo universitario de enseñanza, las funciones del profesor, la misma responsabilidad que la sociedad deposita en el docente, las relaciones profesor -alumno, la implicación del alumno en el proceso de aprendizaje, o su participación y responsabilidad en el proceso de evaluación, son algunos de los aspectos que sufrirán y que ya están sufriendo, una transformación, esto es un proceso de cambio hacia una nueva realidad.”

No obstante sabemos que la resignificación de los materiales en el campus debe ser continua y flexible con el fin de garantizar diversos procesos de comprensión, análisis y transferencia y que es factible ampliar la propuesta a nuevos espacios curriculares de la Institución educativa.

4. Bibliografía:

- ÁREA MOREIRA, M., 2002. Sociedad de la Información, tecnologías digitales y educación. Islas Canarias artículo Universidad de La Laguna. España.
- CABERO, J (2002): Las Tic en la Universidad. Colección Universitaria, Ciencias de la Educación. Sevilla. MAD
- CARRIÓN CARRANZA, C (2001): Valores y principios para evaluar la educación. Educador. México Paidós
- COLL, C. y Marti,E. (2001) La educación escolar ante nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en C.Coll. Madrid. Alianza Editorial
- Comisión de enseñanza XLIV Reunión CONFEDI- Santiago del Estero, (Nov. 2008).
- CONFEDI (2006) Competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la Ingeniería. San Juana Facultad de Ingeniería UNSanJuan.
- DEWEY, J. (1995) Democracia y Educación.; Madrid. Morata
- DÍAZ BARRIGA, A y Pacheco, T (2005): La Profesión Universitaria en el contexto de la Modernización. Pomares, S.A. México
- DUART, J.M. & A. Sagrá(2000). Aprender en la virtualidad. Ediciones de la Universidad Oberta de Catalunya, España. Gedisa,
- EDUTEKA < <http://www.eduteka.org/> Formación.ciudadana.php>(cons.2010)
- EGGEN, P.D.; KAUCHAK,d.p. (1999) Estrategias docentes, Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento. Buenos Aires. CFE

- LITWIN, Edith. (1998). Campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza. En Camilloni, A. y otros. "La Evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo". Bs. As. Paidós.
- LITWIN, Edith. (1997) "Las Configuraciones Didácticas, una nueva agenda para la enseñanza superior". Bs. As. Paidós.
- MAGGIO, Mariana. (2000) "El tutor en Educación a Distancia" Cap.6 p. 158. En: Litwin; Edith. "La Educación a Distancia" Temas para el debate en una nueva agenda educativa. Bs. As. Madrid. Edit. Amorrortu
- MAJO, P. y Márquez, P.(2002) La revolución educativa en la era Internet, Praxis. Barcelona
- MILLAN, J. (1997) De redes y saberes; Madrid. Santillana.
- Modelo pedagógico didáctico de la UNCUVirtual de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO; 2010 www.uncuvirtual.uncu.edu.ar
- MONEREO, C., Castelló M., Palma, M. C., Pérez.M.(1999).Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en la escuela. Editorial Graó. Barcelona.
- OZOLLO, F. Los entornos virtuales de aprendizaje en la educación superior universitaria. En Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado Resúmenes XX Jornadas de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. EDIUNC. 2006. Serie Documentos y Testimonios, N° 13. Tomo 1. Página 333.
- PERKINS, David. (1995) La escuela inteligente: del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente. Edit. Gedisa. Barcelona.
- POSTIGO Y POZO; J.I.(2002) Hacia una nueva alfabetización : el aprendizaje de la información gráfica en JI Pozo y Monereo: el aprendizaje estratégico Santillana. Madrid.
- POZO, J. I. Y MONEREO, C. (Coord.) El aprendizaje estratégico. Madrid: Aula XXI. Santillana.
- Red Universitaria. Revista de Docencia Universitaria. Número Monográfica 1° Consulado (2011).
- YANIZ, C.(2008,abril). Las Competencias en el Curriculum Universitario: implicaciones para diseñar el aprendizaje y para la formación del Profesorado. Vol. 4 N°2

29TCE. SOLUBILIDAD DE SUSTANCIAS IÓNICAS EN UN ECOSISTEMA NATURAL

BASCHINI, M.¹; ANDRADE, D.¹; BARBAGELATA, R.¹; DIETRICH, D.¹; ROCA JALIL, E.¹; SORIA, C.¹; LÓPEZ MENDEL, J.¹; SETTI, M.²

¹. Departamento de Química, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina

Email: miriabaschini@yahoo.com

². Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, via Ferrata 1, 27100 Pavia – Italia.

Resumen: En esta propuesta se toma como punto de partida un ecosistema salino natural, laguna de Mar Chiquita, provincia de Córdoba, Argentina, para desarrollar actividades con los estudiantes de carreras de Ciencias Agrarias. Dadas las características propias del sistema analizado se logra favorecer la motivación por parte del estudiante a abordar esta temática, facilitando a su vez trabajar activamente los conocimientos y contenidos de la asignatura Química General e Inorgánica, tales como: solubilidad, fuerzas intermoleculares, sólidos cristalinos iónicos, etc.

Estas mismas actividades pueden ser realizadas en asignaturas similares de carreras tales como Geología, Ingeniería Civil, Ingeniería en Petróleo, donde esta clase de conocimientos resultan directamente aplicables a campos relacionados con el futuro desempeño profesional.

Palabras clave: Enseñanza, solubilidad, Kps, sustancias iónicas, aniones y cationes.

1. Introducción

La adquisición del conocimiento requiere de una serie de etapas, las que podrían resumirse en la comprensión, retención y uso activo del mismo, concibiendo que el aprendizaje resulte significativo cuando se cuenta con oportunidades razonables y motivaciones para su apropiación. El enunciado precedente conforma el soporte de la denominada Teoría Uno (Perkins, 2007) y su aplicación en la enseñanza ofrece excelentes herramientas de visualización teórico-práctica para los estudiantes.

Cuando se trata de enseñanza de las ciencias básicas en carreras no directamente relacionadas con la disciplina en cuestión, el desafío en el área de la enseñanza aprendizaje es aún mayor, ya que los estudiantes se enfrentan a avanzar en la comprensión de conceptos que parecen estar poco relacionados con sus intereses. Este es el caso de la química dentro de las carreras de Ingeniería, Agronomía, Geología, entre otras.

Es dentro de este contexto que se propone el desarrollo de actividades áulicas en las que el estudiante requiera aplicar los contenidos de una disciplina como la química para comprender problemáticas o sucesos que se desarrollan, en este caso, dentro de un ecosistema natural.

2. Objetivos

El objetivo de esta propuesta consiste en la utilización de materiales naturales que generen interés en los estudiantes y les permita alcanzar la fase del uso activo del conocimiento, siendo el tema central de debate la solubilidad de diferentes sustancias iónicas encontradas en un ecosistema natural.

Antecedentes

La laguna Mar Chiquita, localizada en Córdoba, Argentina, es el lago salado de mayores dimensiones de Sudamérica, y presenta fluctuaciones de nivel (entre 2.000 a 6.000 km²) asociadas a los períodos secos y húmedos de la región continental en la que se encuentra (Piovano et al, 2002). Los registros documentan concentraciones salinas muy variables, desde 360 g/L en el año 1911 hasta 28 g/L en 1986. En la actualidad cuenta con una concentración de sales del orden de 70 g/L. El agua de la laguna presenta, entre los aniones, alto contenido de cloruros, en mucha menor proporción sulfatos y escasas cantidades de carbonatos. El catión predominante es el sodio, con cantidades más pequeñas de calcio, magnesio y potasio. Los depósitos salinos circundantes contienen, a medida que se alejan de la costa de la laguna, cada vez mayores contenidos de sulfatos y menores de cloruros. La cantidad de carbonatos precipitados se mantiene sin demasiadas modificaciones en la zona costera (Setti, et al, 2011).

3. Metodología

En una primera instancia se contó con información obtenida a partir de investigaciones propias. Es posible sin embargo obtener datos similares de diversas fuentes de información. El ecosistema en estudio fue la Laguna de Mar Chiquita, localizada en Miramar, provincia de Córdoba, Argentina (Bucher, 2006). Este sistema es natural, y sus dimensiones son enormes, ya que la Laguna de Mar Chiquita es el quinto lago salado más grande del mundo, con una superficie actual de 5.000 km². Los sistemas endorreicos de recolección de aguas procedentes de ríos tienden a presentar, en todo el mundo, comportamientos similares a los observados en esta laguna.

Para llevar a cabo esta propuesta de trabajo se recolectaron muestras, una de agua y siete procedentes de los depósitos salinos de la costa. Las mismas se identificaron de acuerdo a su distancia desde la costa de la laguna, siendo la de 0 metros la de agua. Las restantes son de los depósitos salinos circundantes, desde los 5 hasta los 90 metros de la costa. Se evaluó la composición química de las mismas mediante técnicas de Difracción de Rayos X, Espectroscopía Infrarroja y análisis Físicoquímico.

Una vez conocida la composición de los sistemas se elaboró un informe resumido y un cuestionario adjunto, que permitió trabajar en el aula contenidos de la disciplina Química General e Inorgánica, que se dictan para la carrera de Ciencias Agrarias, y son directamente aplicables a carreras como Ingeniería Civil y Geología.

4. Resultados

La distribución de aniones en el agua de la laguna (0 metros) y a medida que se va tomando distancia de la costa (entre 5 a 90 metros) está representada en la Figura 1.

El concepto de solubilidad, solución saturada y constante del producto de solubilidad (Kps) permite explicar la alta concentración de cloruros en el agua de laguna, y su disminución como anión de sales precipitadas a medida que se toma distancia de la costa. Los depósitos salinos más alejados tienen muy bajo contenido de cloruro de sodio, pero en ellos se incrementa la cantidad de sulfatos. Dado que la solubilidad de los sulfatos es menor que la de los cloruros, y que las sales precipitadas más lejos de la costa se corresponden a etapas en las que el volumen de agua de la laguna era superior al actual, puede inferirse que son sales cuyos valores de solubilidad y Kps son muy pequeños.

A su vez, como interesante aditivo a esta discusión, gran parte de las sales precipitadas como sulfatos contienen parcial o totalmente al sodio como catión acompañante, apareciendo sustancias que no se encuentran descriptos en los textos de química, pero que

pueden ser importantes componentes en los sistemas naturales, entre ellos Eugsterita ($\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) y Glauberita ($\text{CaNa}_2(\text{SO}_4)_2$).

Las clásicas sustancias, aniones menos solubles como sulfatos y carbonatos con calcio, también se encuentran presentes en el sistema sin embargo la abundancia del sodio en el medio favorece la precipitación de sulfatos que lo contienen.

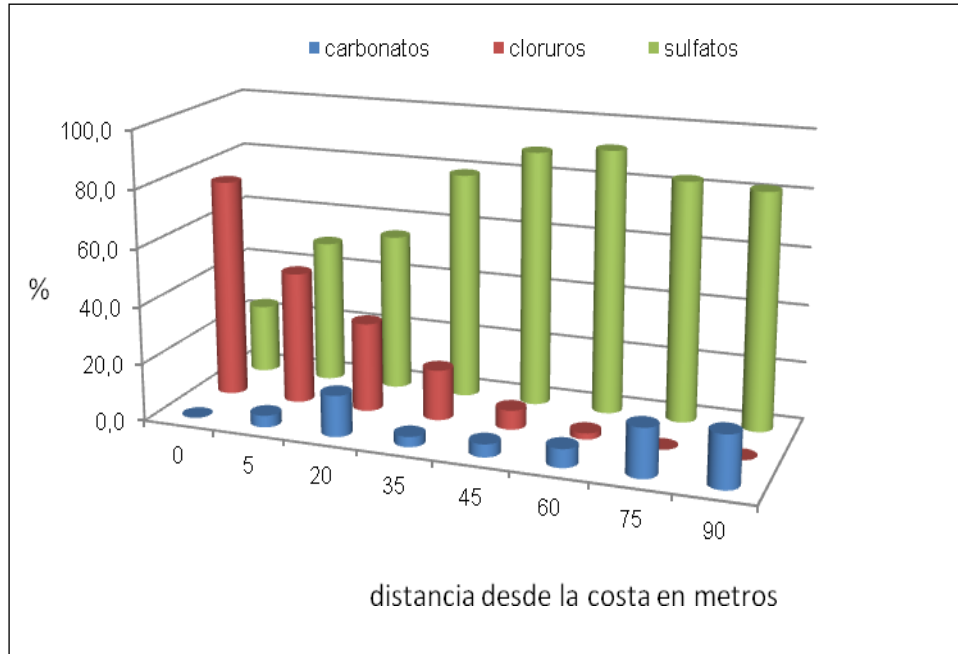


FIGURA 1: Distribución de aniones en el agua y línea costera de la Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina.

El ecosistema natural de la laguna Mar Chiquita, ubicada en Córdoba, Argentina, presenta interesantes similitudes con el correspondiente al Mar Menor, en Murcia, España, de acuerdo a las características documentadas por otros autores (Carretero *et al*, 2010). Así la propuesta de trabajo puede realizarse partiendo de diversos ecosistemas naturales.

En la fase inicial de este trabajo los estudiantes no estaban aun familiarizados con el concepto de constante de equilibrio (K_{eq}) y producto de solubilidad (K_{ps}), sin embargo fue posible orientarlos para que en una primera aproximación, traten de relacionar los valores de K_{ps} de bibliografía con las discusiones precedentes acerca de la composición de sales en este sistema.

De esta manera los estudiantes pudieron analizar una aplicación concreta de los conceptos a un caso particular: los depósitos salinos encontrados en este ecosistema natural.

5. Conclusiones

La comprensión de un suceso natural en el que se requiere de conocimientos de una disciplina específica, en este caso del área química, brinda oportunidades a los estudiantes de hacer uso activo de los conocimientos, aumentando además la motivación hacia el estudio de la disciplina básica por tratarse de un tema aplicado.

En esta propuesta es el mismo estudiante quien busca el aprendizaje que necesita para resolver los problemas que se le plantean, permitiéndole realizar un camino de investigación, que redundará en una mayor confianza en su propia capacidad de resolver problemas. Esto permite globalmente el desarrollo de habilidades, actitudes y valores benéficos para la mejora personal del estudiante y probablemente del futuro profesional.

6. Bibliografía

- Bucher E.H., (2006). Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita, Academia, Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina.
- Carretero M.I., Pozo M., Martín-Rubí J.A., Pozo E., Maraver F., (2010), Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spas, *Applied Clay Science* 48, 506–515.
- Perkins D., (2007), *La teoría Uno en La escuela Inteligente*, Editorial Euro-México.
- Piovano E., Ariztegui D., Damatto S., (2002), Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake, *Sedimentology*, 49, 1371 – 1384.
- Setti M., Soria C., Marinoni L., Roca Jalil E., Andrade D., Barbagelata R., Baschini M., (2011), Natural materials from Laguna Mar Chiquita and their possible use in human health, 11th International Conference on Salt Lake Research – Laguna Mar Chiquita (Córdoba – Argentina), <http://www.isslr-mchiquita2011.com.ar/>

30TCE. INTEGRANDO CONOCIMIENTOS. UTILIZACIÓN DE PLATAFORMA MOODLE CON ALUMNOS DE INGENIERÍA

BAVIO, M. A.; BORSA, E.; BOUCIGUEZ, M.J.; TIRONI, A.; TREZZA, M. A.

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av. del Valle 5737 - (7400) Olavarría, Buenos Aires - Argentina

E-mail: mtrezza@fio.unicen.edu.ar

Resumen: El uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación están siendo cada vez más difundidas en el ámbito educativo, debido a que ofrecen la oportunidad de romper las barreras de tiempo y espacio; y la posibilidad de adquirir habilidades para asegurar un aprendizaje continuo. De acuerdo a ello, en este trabajo se presenta una experiencia utilizando la plataforma Moodle como apoyo en la resolución de una actividad integradora realizada para alumnos de Química de carreras de Ingeniería. La actividad integradora tuvo como objetivo utilizar los conceptos aprendidos y capacidades desarrolladas en la primera parte de la materia Química Tecnológica, para la interpretación de fenómenos químicos con aplicación industrial.

Como resultado de esta nueva experiencia surge que la utilización de la plataforma tuvo buena aceptación y que la metodología empleada ayudó al aprendizaje.

1. Introducción

La asignatura Química Tecnológica se dicta en el segundo cuatrimestre del segundo año de las carreras de Ingeniería Civil, Electromecánica e Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA. La misma se basa en los contenidos básicos de Química General, pero dando especial interés al estado sólido (sólidos cristalinos, defectos), electroquímica (corrosión) e incorporando temas como metales (para introducirlos en el enlace metálico y semiconductores), aleaciones y materiales de ingeniería.

Los conocimientos impartidos deberían facilitar al futuro ingeniero la identificación de las cuestiones químicas que surjan en su ámbito laboral, en consecuencia se intenta que desde sus comienzos en la disciplina, el alumno pueda identificar estas situaciones y buscar la información necesaria para resolverlas. Los problemas integrados disparados a partir de situaciones reales, contribuyen a este fin.

Actualmente están cada vez más difundidas las alternativas basadas en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), que no sólo ofrecen la oportunidad de romper las barreras de tiempo y espacio que manifiesta la educación presencial, sino también, la posibilidad de adquirir habilidades para asegurar un aprendizaje continuo y para toda la vida (García, 2002). En el año 2009 se implementó en la Facultad de Ingeniería UNCPBA el uso de la plataforma Moodle como herramienta de apoyo y acercamiento a los alumnos. Esta plataforma es un Sistema de Administración de cursos (Course Management System, CMS), también conocido como un Sistema Gestor de Aprendizajes (Learning Management System, LMS) o Entorno Virtual de aprendizaje (Virtual Learning Environment, VLE). Es una aplicación web libre que los educadores pueden usar para crear sitios efectivos de aprendizaje en línea (on line). El curso virtual Química Tecnológica se creó, en el año 2011, con la intención de ampliar la posibilidad de acceso a materiales bibliográficos diversos como también las alternativas de comunicación entre los actores educativos involucrados: grupo docente (profesor responsable, JTP y ayudantes) entre sí, docentes y alumnos y, alumnos entre sí. Con esta implementación se busca agilizar las consultas, aunar criterios y optimizar los recursos disponibles, al tiempo que se logra una retroalimentación continua con los estudiantes, para mejorar la transferencia de los saberes

a los alumnos. Desde el GAED (Grupo de Apoyo a la Educación a Distancia) se brindó el asesoramiento tecnológico y didáctico inicial para el diseño y elaboración de los materiales y estructuración del curso, además del mantenimiento técnico durante el desarrollo del mismo.

El empleo de las TIC enfrenta a docentes y alumnos a nuevos lenguajes de comunicación e interacción, así como distintos caminos y estrategias para aprender, las que deben ejercitar y dominar a fin de insertarse en el entorno social, laboral, económico y educativo actual (Melaré, 2007; Barberá y Badía, 2005). Hoy la actividad laboral, familiar, social o personal exige algún nivel de aprendizaje, convirtiendo el ámbito de acción de las personas en un ambiente para aprender. Todo esto se refleja en el aula de clase, pues se están produciendo una serie de necesidades de formación, actitudes y valores tanto en los estudiantes como en los profesores (Troncoso, 2010). Este hecho va más allá del simple uso de la tecnología, implica hacer que las personas sean partícipes de su propio aprendizaje y que sean capaces de aceptar los cambios constantes de los conocimientos científicos.

Por otra parte, en lo que respecta a la utilización de la plataforma Moodle como herramienta de trabajo complementaria, los profesores debemos ser capaces de guiar a los alumnos en el uso de las bases de información y conocimiento, así como proporcionarles acceso para usar sus propios recursos, potenciar que se vuelvan activos en el proceso de aprendizaje y propiciar experiencias colaborativas (Salinas, 1999).

Variadas son las experiencias con este tipo de herramienta y pocas las aplicadas a asignaturas del ciclo básico, pero no por ello menos interesantes. Sastre (Sastre, 2011) presenta una experiencia que muestra las ventajas que aporta a los estudiantes, que cursan en primera instancia la asignatura Materiales y luego Hormigón Armado I, la utilización de la plataforma. Concluyendo a través de los resultados de las encuestas de opinión que la utilización de la plataforma Moodle como herramienta de ayuda para la formación de los alumnos, tuvo una buena aceptación y que la metodología de “aprendizaje mezclado” ayudó al aprendizaje de los estudiantes. En ese mismo camino presentamos aquí una experiencia utilizando la plataforma como apoyo en la resolución de una actividad integradora realizada para alumnos de Química de carreras de Ingeniería. Cabe aclarar que para la mayoría de dichos alumnos fue ésta la primera materia en la cual tuvieron la oportunidad de acceder y trabajar con la plataforma Moodle.

2. Objetivos

Implementar una actividad integradora utilizando como herramientas los recursos y actividades disponibles en la plataforma Moodle entre los que pueden mencionarse los foros de comunicación. El objetivo de la actividad integradora propuesta fue utilizar los conceptos aprendidos y capacidades desarrolladas en la primera parte de la materia Química Tecnológica, para la interpretación de fenómenos químicos con aplicación industrial.

3. Metodología

Finalizadas las actividades formales correspondientes a los temas evaluados en un primer parcial, se les entregó a los alumnos una actividad integradora de los mismos con el objetivo de consolidar, relacionar e integrar los conocimientos específicos, además de desarrollar una serie de competencias tecnológicas, sociales y actitudinales acordes al perfil de egresado establecido por la institución.

3.1. Actividad Integradora

Esta actividad (*ver Anexo*) consistió en la entrega de un artículo sobre Airbags de una bibliografía determinada, sugerida por la cátedra. El análisis del mismo fue guiado mediante una serie de ítems a seguir, consistiendo los mismos en algunos casos en consignas cerradas como “Escribe la ecuación termoquímica correspondiente a la descomposición de la azida sódica” y otras abiertas “de acuerdo a las especificaciones que puedas encontrar acerca de los airbag, determina los gramos de azida sódica necesarios para la elaboración del mismo”. Además se incluyeron preguntas sobre cuestiones a considerar en la aplicación práctica del sistema: identificación de materias primas, cálculos y medidas de seguridad, fundamentando las decisiones con los conceptos químicos adquiridos hasta el momento.

Se presentó a los alumnos la actividad durante las clases, subiendo la misma en la plataforma Moodle, en la cual estaban trabajando desde el comienzo de la cursada, pero únicamente como una manera más de comunicación del material (apuntes, guía de problemas, tablas, cronograma, entrega y devolución de informes de laboratorio) y las novedades. El carácter de la actividad fue obligatorio y grupal, al igual que los informes de laboratorio; el plazo para la resolución de la misma fue de un mes. Para aquellos alumnos que no pudieran bajar la actividad de la plataforma, se disponía de actividades impresas. Las respuestas de los alumnos podían ser presentadas en papel o subidas a la plataforma para la evaluación de la cátedra.

3.2. Consultas sobre Actividad Integradora

Las consultas sobre los diferentes ítems podían ser realizadas en forma personal durante las clases de problemas o en forma virtual a través de un foro especialmente creado con este fin en la plataforma Moodle. El artículo analizado se encontraba disponible en bibliografía en biblioteca y además como un link dentro del foro.

El objetivo del foro fue que las consultas de los alumnos pudieran ser realizadas con mayor disponibilidad horaria, que la respuesta dada a un alumno sea útil para los demás y que entre ellos se comunicaran por este medio pudiendo el docente orientar al estudiante en la revisión de la bibliografía, en la comprensión de la terminología, resolución de cálculos y demás dudas que surgieran de la normal resolución de las actividades. Para lograr y mantener una buena comunicación se utilizó un lenguaje claro de tipo coloquial, se motivó al estudiante a realizar consultas mediante breves comentarios que le otorgaran confianza; se utilizó un estilo personal de redacción y se estimuló el trabajo en equipo.

3.3. Evaluación

La evaluación de la actividad se realizó utilizando el mismo criterio que el empleado para la corrección de los informes de laboratorio: Aprobado, Aprobado con correcciones, Corregir. En el análisis de los resultados se consideró la búsqueda bibliográfica, aplicación de conceptos, cálculos, fundamentos e integración de conocimientos.

Con el fin de conocer la opinión de los alumnos se llevó a cabo una encuesta anónima. Ésta consistió en preguntas acerca de cuestiones tales como: dificultad en la resolución, forma en que resolvieron los inconvenientes, apreciación sobre el tipo de actividad (integración y aplicación de temas) e interés generado.

4. Resultados y discusión

4.1. Acerca de la Actividad Integradora

El 88% de los alumnos utilizó los recursos de la plataforma para obtener la actividad. Un 45% de los estudiantes optó por presentar la actividad a través de la plataforma, en archivos digitalizados y el resto lo hizo de manera convencional, en formato impreso.

La actividad fue evaluada asignándole un puntaje a cada ejercicio y se consideraron aprobadas aquellas que superaban el 60% de los puntos totales; las que no cumplían esta condición fueron nuevamente devueltas a los alumnos para ser corregidas.

Se encontró que un 57% de los alumnos aprobaron la misma, mientras que el 43% restante fue devuelto para su corrección.

La actividad integradora involucra los siguientes temas desarrollados en la cátedra: tipos de reacciones químicas, estequiometría, termoquímica, seguridad, propiedades periódicas y enlaces químicos. De la **Figura 1** se puede concluir que para los primeros cuatro temas los alumnos no tuvieron grandes dificultades en aplicar los conocimientos adquiridos, sin embargo en el caso de utilizar los contenidos involucrados en las unidades de propiedades periódicas y enlaces químicos para la resolución de la actividad, no lograron tan buenos resultados.

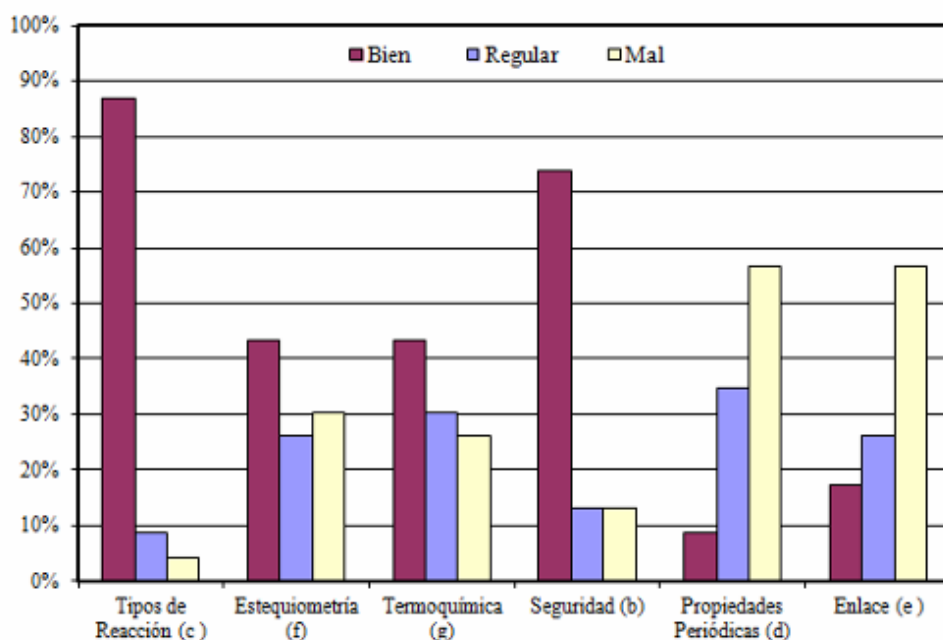


Figura 1. Resultados de la evaluación de temas de la Actividad Integradora

Considerando el tipo de consignas se plantearon dos categorías: consigna abierta y consigna cerrada. Se encontró que para ambos tipos de consignas el porcentaje de respuestas satisfactorias fue de aproximadamente de un 65% para cada caso. Siendo un 52% los alumnos que respondieron acertadamente ambas preguntas.

4.2. Acerca de la participación en el foro de la actividad integradora (visitas y consultas)

Del análisis de los datos estadísticos obtenidos a través de la plataforma Moodle, se determinó un total de 210 entradas al foro creado como apoyo para el desarrollo de la actividad a partir de la fecha de entrega. En la **Figura 2** se observa que las visitas al foro fueron mas intensas durante las dos últimas semanas próximas a la fecha de entrega (semanas 3 y 4), siendo la cuarta la de mayor participación. Esto se debe a que en la semana 3 se realizó la primera evaluación parcial de la materia.

El 6% de los alumnos participó en el foro en forma activa (escribiendo) y el resto lo hizo pasivamente.

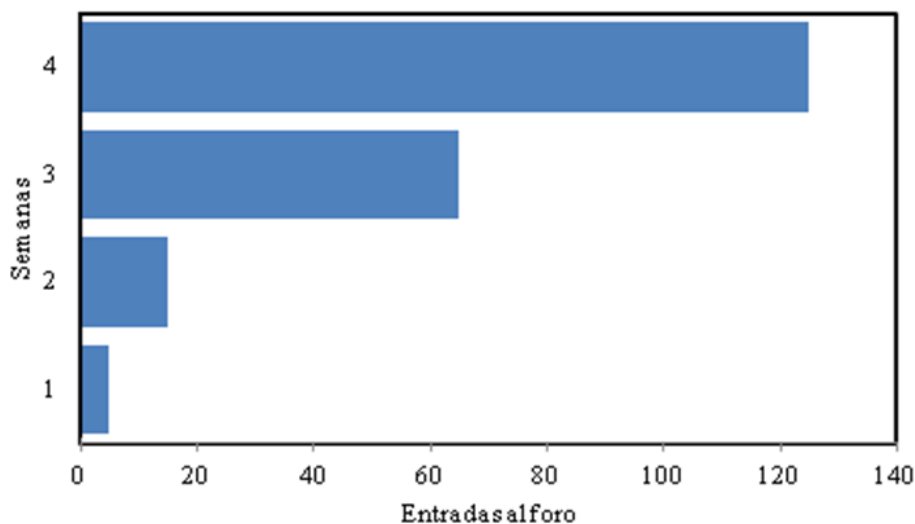


Figura 2. Visitas al foro en el desarrollo de la Actividad Integradora

4.3. Acerca de las consultas

El 71% de las consultas fueron realizadas empleando el foro de la plataforma Moodle, el 29% restante se efectuó personalmente.

Las consultas fueron referidas principalmente a los temas: termoquímica (41%), propiedades periódicas (29%), estequiometría (18%) y problemas técnicos (12%).

Cabe aclarar que las consultas de termoquímica no eran dudas conceptuales, sino por la dificultad de encontrar el valor de entalpía de formación de la azida (uno de los reactivos involucrados en el proceso). Para resolver esta situación el equipo docente referenció un link a bibliografía confiable. De esta manera se evitó que siguieran compartiendo entre los alumnos datos incorrectos.

Cruzando la información obtenida a partir de la **Figura 1** con los datos de las consultas realizadas vemos que en la mayoría de los casos las consultas sirvieron de guía para resolver en forma satisfactoria la consigna. También se observa que existen dificultades para resolver algunos temas que no fueron consultados por ningún medio.

4.4. Acerca de la encuesta realizada a los alumnos

De acuerdo a las respuestas de los alumnos se puede decir que consideran que la actividad integra los temas de la materia y es aplicada a situaciones reales. Un alto porcentaje de los alumnos tuvieron dificultades en la resolución de la actividad (especialmente en los temas propiedades periódicas y enlaces), ante esta situación resolvieron esos inconvenientes mediante las consultas y visitas al foro (cerca de un 46%) y el resto lo hizo de manera tradicional (consulta entre compañeros y al docente) o mediante búsquedas bibliográficas.

Por último cabe destacar que la mayoría considera que este tipo de actividad les resulta interesante y que puede llegar a servirles en su formación profesional.

5. Conclusiones

- La implementación de actividades integradoras, donde los alumnos tengan que buscar los recursos necesarios y aplicar los conocimientos adquiridos en la materia, potencia la autonomía en la resolución de problemáticas.
- La utilización de un curso virtual a través de la plataforma Moodle, complementario a las clases presenciales, resultó motivadora para docentes y alumnos, quienes aceptaron con naturalidad la implementación de esta modalidad. La incorporación de un recurso virtual,

como el foro, permite la interacción de alumnos entre sí y alumnos con docentes, superando la limitación de espacio y tiempo.

- La creación de un foro destinado a las consultas para la actividad, les proporcionó a los estudiantes un medio en el cual expresar sus dudas, y en la mayoría de los casos de revisar las preguntas y respuestas sin una participación activa. Esto puede atribuirse a que se trata de la 1° experiencia de estos estudiantes con un foro de comunicación y que el mismo era de carácter no obligatorio.
- Según la apreciación de los alumnos, las visitas y consultas realizadas en el foro, les proporcionó una herramienta para resolver la actividad, que en general consideraron interesante y que relaciona los contenidos con sus aplicaciones.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Grupo de Apoyo a la Educación a Distancia (GAED) de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.

6. Bibliografía

Barberá, E.; Badia, A. (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 2: 1-12.

García, L. (2002). *La educación a distancia: de la teoría a la práctica*. Barcelona, España: Editorial Ariel.

Melaré, D. (2007). *Tecnologías de la inteligencia. Gestión de la competencia pedagógica virtual*. Madrid, España: Editorial Popular.

Salinas, J. (1999). *¿Qué se entiende por una institución de educación superior flexible?*. Comunicación presentada a Edutec'99, Sevilla.

Sastre, M. I. (2011). Una Experiencia con la Plataforma Educativa Moodle, como una herramienta de apoyo para alumnos. Terceras jornadas sobre enseñanza del hormigón estructural, #15, JEHE 2011.

Troncoso Rodríguez, O.; Cuicas Ávila, M.; Debel Chourio, E. (2010). El modelo B-Learning aplicado a la enseñanza del curso de matemática I en la carrera de Ingeniería Civil. *Actualidades Investigativas. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación - Universidad de Costa Rica*. 10: 1-28.

ANEXO



ACTIVIDAD INTEGRADORA

OBJETIVO:

- Integrar los temas analizados hasta el primer parcial en un único problema aplicado.

FECHA DE ENTREGA: 13 de Octubre de 2011

Leer el artículo: Airbags (Bolsas de aire), en "Química principios y reacciones", Masterton-Hurley, páginas 129 a 130.

- Escribe las materias primas empleadas en la elaboración de airbags.
- Si trabajaras en una fábrica de airbags, qué precauciones deberías tener en cuanto a almacenamiento, riesgos y manipulación de las materias primas. Justifica.
- Describe y fundamenta empleando los conceptos correspondientes al primer parcial los procesos involucrados cuando se activa un airbag.
- El sodio es incorporado en la forma Na^+ ($\text{N}=\text{N}=\text{N}^-$), señale diferencias y similitudes entre los distintos estados posibles en este proceso. Justifica el agregado de nitrato de potasio como medida de prevención.
- Justifica por qué se seleccionan reactivos que producen N_2 y no H_2 .
- De acuerdo a las especificaciones que puedas encontrar acerca de los airbags, determina los gramos de azida sódica necesarios para la elaboración del mismo.
- Escribe la ecuación termoquímica correspondiente a la descomposición de la azida sódica.

Algunas ayuditas!!!

- Para resolver el inciso:
- recuerda lo analizado en el TP N°2.
 - analiza tipos de compuestos, de reacciones.
 - piensa en propiedades periódicas, estructura atómica, configuración electrónica.
 - considera enlaces, estabilidad molecular.
 - decide el volumen del airbag activado antes de realizar los cálculos estequiométricos.

31TCE. APLICACIÓN DE RÚBRICA COMO ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE INFORMES

GONZALEZ, L. B.; LEFTER, M.; MORENO, N. G.; BARBERA, M.

- Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Salta
lubego@unsa.edu.ar

Resumen: La evaluación formativa o evaluación para el aprendizaje tiene como finalidad fundamental una función reguladora de los procesos de enseñanza y aprendizaje, de tal forma que se pueda utilizar para el análisis de las acciones que deben realizar tanto el alumno como el profesor. Un aspecto fundamental es que el estudiante necesita desarrollar su capacidad de evaluación a fin de poder gestionar sus propios errores. En este marco empleamos la rúbrica para la evaluación de los informes de los trabajos prácticos de laboratorio.

Una rúbrica es una matriz de valoración que esta constituida por un conjunto de aspectos a evaluar, un listado de criterios específicos y fundamentales que permiten valorar el aprendizaje, los conocimientos, las competencias y/o las capacidades logradas por el estudiante en un trabajo particular, y una escala de calificación. La hemos implementado en las asignaturas Química para Ingeniería Industrial y Química Inorgánica de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la U.N.Sa. Años 2010 – 2011.

El trabajo tiene como objetivos detectar aciertos y falencias de los alumnos, tanto en la adquisición de competencias para el desarrollo del trabajo experimental como en la elaboración del correspondiente informe e incrementar su autonomía a través de la auto evaluación y reflexión de los mismos.

La rúbrica se ha confeccionado teniendo en cuenta: el sistema de evaluación de la Facultad de Ingeniería de la UNSa y los objetivos del trabajo experimental. En la primera clase de laboratorio se informa a los alumnos sobre esta estrategia, recibiendo cada uno una copia que incluye el formato del informe y la rúbrica preparada por la cátedra. Se pautaron horarios de consulta para analizar la evolución del proceso.

Se ha logrado detectar aciertos y falencias de cada alumno en particular pudiendo actuar en consecuencia. Se ha incrementado la consulta bibliográfica de la asignatura. Ha aumentado la precisión en la descripción de las observaciones y en la interpretación y el análisis de los resultados.

Además se obtuvo una mejora progresiva en la calidad de las producciones de los alumnos que se tradujo en un desplazamiento de las calificaciones hacia los rangos superiores.

Al explicitar claramente los criterios de corrección, el alumno tomó conciencia de su propio desempeño.

Esta estrategia refuerza los valores de responsabilidad en las tareas planteadas

1. Introducción:

El término evaluación formativa hace referencia a los procedimientos utilizados por los profesores con la finalidad de adaptar su proceso didáctico a los progresos y problemas de aprendizaje observados en los alumnos (Jorba 1997). Esta clase de evaluación tiene como finalidad fundamental una función reguladora de los procesos de enseñanza y de aprendizaje interesándole tanto los procedimientos como los resultados.

Una estrategia didáctica básica en la regulación de los aprendizajes es enseñar a los alumnos a ser autónomos, lo cual se puede lograr a través de la implementación de rúbricas

y otras actividades de auto evaluación que permitan a los alumnos ser concientes de las diferencias entre sus producciones y el producto esperado.

En este marco hemos decidido utilizar rúbricas para la evaluación de los informes de los trabajos prácticos de laboratorio de los alumnos de Química para Ingeniería Industrial y de Química Inorgánica de Ingeniería Química.

Fundamentos teóricos:

Las rúbricas son matrices de valoración que facilitan la calificación del desempeño del estudiante. Estas matrices permiten que el profesor muestre a sus estudiantes los diferentes niveles de logro que se pueden alcanzar en un trabajo e indicarles específicamente lo que deben hacer para alcanzar los niveles más altos. Además habilita a los estudiantes para que evalúen sus propias realizaciones. Como instrumento de evaluación, permite a los profesores hacer una apreciación justa e imparcial de los trabajos de sus estudiantes mediante una escala que proporciona una medida clara de las habilidades y de sus desempeños. Por lo que puede utilizarse tanto en procesos de auto evaluación como de hetero evaluación. (Rubistar , 2007)

En la rúbrica o matriz de valoración se incluyen los aspectos a evaluar o sea conocimientos, competencias y / o capacidades a evaluar; un listado de criterios específicos y fundamentales que permiten valorar los distintos aspectos y una escala de calificación.

Cuando los estudiantes reciben las rúbricas de antemano, saben qué se espera de ellos y cómo serán evaluados. De ese modo, pueden prepararse mejor, regular el tiempo dedicado al aprendizaje y la elaboración de trabajos. Como consecuencia, aprenden a regular sus procesos de aprendizaje y de producción.

La rúbrica proporciona a los docentes criterios específicos para medir y documentar el progreso del estudiante, es fácil de utilizar y de explicar, les permite describir cualitativamente los niveles de logro que el estudiante debe alcanzar y además provee información de retorno sobre la efectividad del proceso de enseñanza que están utilizando.

2. Objetivos:

Objetivo General:

- a) Detectar aciertos y falencias de los alumnos, tanto en la adquisición de competencias para el desarrollo del trabajo experimental como en la elaboración del correspondiente informe
- b) Incrementar la autonomía de los alumnos a través de la auto evaluación y reflexión de los mismos al explicitar los criterios de corrección.

Los objetivos específicos son:

- a) Concienciar a los alumnos sobre las competencias que deben adquirir en el trabajo experimental del laboratorio.
- b) Que el alumno adquiera las capacidades necesarias para confeccionar correctamente un informe.
- c) Que el alumno logre mejorar la calidad de sus producciones escritas
- d) Que el docente disponga de un instrumento que le permita una retroalimentación en el proceso de enseñanza.

El presente trabajo se ha realizado con alumnos de Química Inorgánica de la carrera Ingeniería Química y con los alumnos de Química para Ingeniería Industrial, durante los periodos 2010, 2011. Ambas asignaturas son cuatrimestrales y se dictan en el segundo año.

3. Metodología de trabajo:

1 - En la confección de la rúbrica se ha tenido en cuenta:

a) El sistema de evaluación de la Facultad de Ingeniería de la unas

El sistema de evaluación de nuestra Facultad es un régimen promocional y la nota final para nuestras asignaturas se obtiene a través de una fórmula ponderada que incluye cuatro términos, que están definidos de la siguiente manera:

A: promedio de las calificaciones de los parciales

B: promedio de las calificaciones de los cuestionarios temáticos

C: promedio de las calificaciones de los informes

D: Nota conceptual referida al desempeño de los alumnos

Todos evaluados en una escala de 0 a 100

Los alumnos que obtuvieron un promedio mayor o igual a 70 promocionan, los que obtuvieron entre 40 y 69 deben rendir una evaluación global y los que obtuvieron menos de 40 puntos quedan libres.

Por lo tanto la escala de calificación de la rúbrica emplea estos rangos.

b) Los objetivos del trabajo experimental

El trabajo experimental realizado en el laboratorio tiene como objetivo desarrollar distintas capacidades entre las que podemos mencionar destreza para usar la instrumentación y material de laboratorio actuando dentro de las normas de seguridad pautadas por el docente responsable, capacidad para desarrollar y llevar a cabo de modo confiable procedimientos químicos, desarrollo de destrezas de monitorización, mediante observación, medida de propiedades químicas y su registro, capacidad para interpretar los datos derivados de estas observaciones y medidas relacionándolas con las teorías científicas apropiadas y capacidad para transmitir información.

El docente responsable, junto con los auxiliares docentes, controla la correcta utilización del material de laboratorio, el resultado de los ensayos y en el caso de que no sean correctos se repite la experiencia buscando la causa del error. En general el uso correcto del material de laboratorio se adquiere en pocas clases.

Las otras capacidades se evalúan a través de la presentación de informes, y por lo tanto determinan los aspectos a evaluar en la rúbrica.

Se presenta un informe por cada laboratorio, es individual y los alumnos deben aprobar el 100% de los informes presentados.

2 – En la primera clase de laboratorio se informo a los alumnos sobre la metodología de evaluación de los informes, recibiendo cada uno una copia que incluye el formato del informe y la rúbrica preparada por la cátedra.

3.- Se pautaron horarios de consulta para la realizar la devolución de los resultados de cada informe, como así también debatir con los alumnos respecto a la importancia de la implementación de esta metodología de trabajo.

Formato del informe – Rúbrica

El informe a presentar debe contener los siguientes ítems:

- Introducción teórica de alrededor de 200 palabras
- Breve descripción de los procedimientos realizados
- Descripción de las observaciones
- Todas las reacciones químicas balanceadas
- Cálculos cuando corresponda
- Análisis de resultados y conclusiones

- Bibliografía

Aspectos a evaluar

- 1.- Redacción de la introducción
- 2.- Fundamentación del trabajo práctico, en la introducción
- 3.- Descripción de las observaciones realizadas
- 4.- Reacciones químicas presentadas
- 5.- Resolución de cálculos
- 6.- Análisis de resultados
- 7.- Conclusiones

La calificación definitiva se obtiene sumando las calificaciones parciales de los aspectos evaluados.

La rúbrica empleada es la siguiente:

Aspectos / criterios	Muy Bueno-Exc. Ponderación 20 - 30pts	Regular – Bueno Ponderación 10-20pts	Insatisfactorio Ponderación 0-10
1	Redacta correctamente (coherente y cohesivo) o con pocos errores.	Presenta errores de redacción	Presenta errores graves de redacción
2	Fundamenta completa o casi completamente el práctico	Fundamenta parcialmente el práctico	Fundamenta muy poco o no fundamenta
	Muy Bueno-Exc. Ponderación 30 - 40pts	Regular – Bueno Ponderación 15-30pts	Insatisfactorio Ponderación 0-15
3	Describe correctamente las todas o casi todas las observaciones del práctico	Describe correctamente la mayoría de las observaciones	Describe correctamente pocas observaciones o ninguna
4	Plantea todas las reacciones químicas y las balancea correctamente	Plantea la mayoría de las ecuaciones, y las balancea correctamente	Plantea muy poca o ninguna de las ecuaciones
5	Plantea y resuelve correctamente todos los cálculos	Plantea y resuelve correctamente la mayoría de los cálculos	Presenta errores en la resolución de los cálculos
	Muy Bueno-Exc. Ponderación 20 - 30pts	Regular – Bueno Ponderación 10-20pts	Insatisfactorio Ponderación 0-10
6	Analiza correctamente todos o casi todos los resultados obtenidos	Analiza parcialmente los resultados	No analiza los resultados
7	Formula correctamente todas o casi todas las conclusiones.	Formula correctamente la mayoría de las conclusiones	Formula correctamente pocas o ninguna de las conclusiones.

4. Resultados

La aplicación de la rúbrica ha permitido detectar aciertos y falencias de cada alumno en particular, como así también la evolución de los mismos durante el cursado de la asignatura.

-A modo de ejemplo se presentan las calificaciones de dos informes de una comisión de 25 alumnos de Ingeniería Química, año 2011.

Calificación	% alumnos
0 – 39	16
40 – 69	46
70 – 100	38

Calificación	% alumnos
0 - 39	0
40 - 69	48
70 - 100	52

Es evidente el desplazamiento de las notas hacia los rangos superiores, este comportamiento es general independientemente de las dificultades académicas de cada práctico

-La devolución de informes, calificación menor a 40, es prácticamente nula después del tercer trabajo práctico.

- Entre los errores, más comunes, que se han detectado inicialmente podemos destacar: fundamentación incompleta o poco específica del tema del práctico de laboratorio, observaciones incompletas o erróneas, análisis de resultados incompletos y conclusiones poco pertinentes

- Entre los logros obtenidos podemos destacar: Se ha incrementado la consulta bibliográfica de la asignatura, lo que se evidencia en la mejor fundamentación teórica de los temas de cada práctico, ha aumentado la precisión en la descripción de las observaciones y en general la interpretación y el análisis de los resultados es correcto, sin embargo persisten errores en la formulación de conclusiones.

5. Conclusión:

La implementación de la rúbrica como instrumento de evaluación ha permitido cumplir con los objetivos dado que:

-Se ha logrado una mejora progresiva en la calidad de las producciones de los alumnos que se tradujo en un desplazamiento de las calificaciones hacia los rangos superiores.

-Explicitar claramente los criterios de evaluación junto con la corrección de los informes, ha contribuido a que los estudiantes se responsabilicen de su propio aprendizaje, por lo tanto se refuerza los valores de responsabilidad en las tareas planteadas.

- Es un sistema de evaluación transparente y permite orientar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

-Esta estrategia ha demostrado ser efectiva para la realización de una evaluación formativa y continua.

6. Bibliografía:

-Gallino M L Material didáctico proporcionado en el curso la evaluación como proceso comprensivo; criterios e instrumentos FCETyNat-UNC

-Jorba, J ; Caselas,E (1997) Estrategias y técnicas para la gestión social del aula.

- www.rubistar.4teachers.org (2007)

32TCE. PROPUESTA INNOVADORA PARA LA ENSEÑANZA DE NOMENCLATURA Y FORMULACIÓN DE COMPUESTOS INORGÁNICOS Y ESTEQUIOMETRÍA

ESTEVEVES P.N.¹, SOLEÑO J.^{1,2}, MARIANO A.^{1,3}, ANGUIANO O.L.^{1,2}

¹Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén. Email: jimena.soleno@fain.uncoma.edu.ar

² IDEPA (CONICET), Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

³CONICET CCT-COMAHUE.

Resumen: El aprendizaje de la Química suele ser un proceso conflictivo para el común de los estudiantes universitarios debido a la falta de interés y dificultad para entenderla, entre otras causas. En este trabajo se presenta una propuesta innovadora enmarcada en la metodología de Investigación Dirigida para enseñar el tema de formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos y estequiometría en un curso de Química Básica. La misma propone a la contaminación ambiental producida por la combustión interna de vehículos como eje de estudio de los temas propuestos.

1. Introducción

En todas las carreras de ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue se dictan cursos de Química Básica, independientemente de la orientación de las mismas. En este contexto, es común observar que los estudiantes presenten diferentes grados de dificultad e interés en el aprendizaje de algunos temas. En particular, aquellos que los estudiantes perciben como más alejados de su realidad o que desconocen el significado y utilidad de los mismos (Collazo et. al., 2005; Andrade Gamboa et. al, 2009).

Como alternativa a la enseñanza tradicional, se han desarrollado diferentes metodologías que proponen motivar e interesar a los estudiantes con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (enseñanza por descubrimiento, por conflicto cognitivo, investigación dirigida, explicación y contraste de modelos, entre otras) (Avolio de Cols, 1977; Beltrán, 1984; Kauderer, 1999; Porlán, 1999).

A partir de la realización de un curso de perfeccionamiento docente basado en la utilización de diferentes metodologías de enseñanza para cursos básicos de química, desarrollamos una propuesta innovadora bajo el método de "Investigación dirigida". Esta metodología se centra en el estudio de una unidad de análisis donde se plantea un problema científico de interés social que genere interés en el estudiante. El rol del docente en este método es plantear los problemas y dirigir su solución; en tanto que el alumno construye sus conocimientos mediante la investigación. Las actividades propuestas son en sí mismas actividades de evaluación (Porlán, 1999).

2. Objetivos

El objetivo de esta propuesta metodológica es abordar el tema formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos y estequiometría desde un enfoque de "Investigación dirigida" en cursos básicos de Química para estudiantes de primer año de carreras de ingeniería.

3. Propuesta metodológica

Dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue se dicta la asignatura Introducción a la Química para las carreras de Ingeniería Civil, Petróleo, Eléctrica, Electrónica y Mecánica. En dicha asignatura, se observa la dificultad de los estudiantes para abordar los contenidos correspondientes a Nomenclatura/Formulación de compuestos inorgánicos y estequiometría. Para desarrollar estos temas, enmarcados en la metodología de investigación dirigida, planteamos el siguiente problema científico de interés social: “Análisis de la problemática de la contaminación ambiental en la ciudad de Neuquén como producto del aumento del tránsito vehicular”.

4. Desarrollo de la propuesta

Primer encuentro: para introducir a los estudiantes en el tema, se les solicitará que formen grupos reducidos y realicen en el aula una lectura comprensiva del texto contenido en la Actividad N° 1.

Actividad N° 1

- 1- Lean detenidamente el siguiente texto extraído de “Plottier digital: el diario que te habla a vos” de Junio 2011.
- 2- Discutan y enumeren las consecuencias que podría tener el aumento de autos que circulan, en particular en la ciudad de Neuquén.

El parque automotor de la provincia se incrementó alrededor del 60 por ciento.

Las ciudades con mayores ventas de automóviles son Neuquén, Plottier, Centenario, Zapala, San Martín de los Andes y Villa la Angostura.

Según la Dirección Nacional de la Propiedad del Automotor (DNPRA) y la Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina (ACARA) entre enero de 2003 y junio de 2011, el parque automotor de la provincia se incrementó alrededor del 60 por ciento.

Mientras que la cantidad de autos registrados hace 8 años era de 139.500, hoy es 220 mil unidades. De ellas, alrededor del 70 por ciento circula efectivamente por las calles de la provincia, según se estipula desde los organismos oficiales.

Según los últimos datos de ACARA, se patentaron en la provincia 8.411 autos y camiones cero kilómetro en el primer semestre del año. El número representa un aumento del 31% con respecto al mismo período del año anterior.

Para la Dirección de la Propiedad del Automotor, la ciudad con mayores ventas es Neuquén donde, hasta mayo, se inscribieron 3.169 vehículos. Le siguen en cantidades Plottier, Centenario, Zapala, San Martín de los Andes y Villa la Angostura.



Posteriormente, discutirán las conclusiones arribadas por los estudiantes luego de la lectura. Los docentes dirigirán a los estudiantes hacia una reformulación y acotación del problema que se pretende analizar: la **contaminación ambiental** producida por los motores de combustión interna. El docente definirá qué es contaminación.

El objetivo es llegar a la formulación de la siguiente hipótesis: “El aumento en el parque automotor de la provincia, en particular en la ciudad Neuquén, ocasiona un aumento en la contaminación ambiental”.

Para la siguiente clase los estudiantes deberán investigar y listar cuáles son los contaminantes emitidos al ambiente relacionados con el tránsito vehicular.

Segundo encuentro: se hará una puesta en común de las respuestas obtenidas por los estudiantes y se identificarán los diferentes contaminantes. El docente explicará brevemente los efectos tóxicos y nocivos de los mismos.

Este contexto será el punto de partida para estudiar compuestos inorgánicos, en particular, compuestos binarios. Los docentes presentarán la clasificación, formulación y nomenclatura de compuestos binarios en el pizarrón. Se les entregará una primera guía práctica sobre formulación y nomenclatura de compuestos binarios.

Tercer encuentro: se retomará el problema que se está analizando haciendo un estudio cualitativo de la situación y se identificarán componentes y variables involucradas en la emisión de contaminantes (tipo de combustible, cilindrada, tipo de vehículo, año de patentamiento, etc.). Se analizarán con los estudiantes las siguientes preguntas: “¿Se podría medir alguno de estos contaminantes?” “¿Qué variables tendrían en cuenta al momento de comparar las emisiones de los vehículos?”

Como cierre del tercer encuentro, se realizará el trabajo práctico de Laboratorio N° 1: **Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular** (http://www.unizar.es/actividades_fq/cont_amb_vehic_cot/index.php) para determinar el material particulado sólido proveniente de los escapes de diferentes automóviles. Los estudiantes dispondrán de los datos de todos los grupos para elaborar el informe correspondiente.

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR EL TRÁNSITO VEHICULAR

INTRODUCCIÓN

El transporte, en general, es responsable de la mayor parte de las emisiones a la atmósfera de algunos contaminantes. Consideramos **contaminantes** a las sustancias presentes en concentraciones suficientes como para producir un efecto mensurable en el hombre, los animales, los vegetales o los materiales.

En esta práctica vamos a analizar las partículas contaminantes que son emitidas diariamente por los vehículos a motor que usamos. Dichos vehículos obtienen su capacidad de movimiento y transporte gracias a los **motores de combustión interna**, que tanto han hecho por la evolución tecnológica y social de la humanidad, pero con un precio demasiado alto. Los motores de combustión interna son un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina, a diferencia de, por ejemplo, la máquina a vapor.

Estos motores son los responsables en gran medida de la emisión a la atmósfera de contaminantes gaseosos como el **CO**, **óxidos de nitrógeno (N_xO_y)** y de **azufre (SO_x)** y del aumento alarmante de la concentración en la atmósfera de CO₂, asociado con el efecto invernadero, así como de la liberación de **material particulado** y compuestos **orgánicos volátiles (COV)**.

El **material particulado (MP)** consiste de finos sólidos y gotitas de líquidos, con excepción del agua pura, que están dispersos en el aire. Las partículas con un diámetro aerodinámico de 10 µm o menos (MP10), *partículas gruesas*, se mantienen en la atmósfera durante períodos más largos debido a sus bajas velocidades de sedimentación. El MP con un diámetro aerodinámico de 2,5 a 10 µm o menos (MP2.5) recibe el nombre de *partículas finas*. Casi todo el MP emitido por los vehículos automotores está compuesto por partículas finas y una gran fracción de ellas tiene un diámetro inferior a 1 µm. El MP puede tener efectos en la salud y el bienestar del hombre: Puede aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y aumentar las enfermedades cardiovasculares. Asimismo, afecta la visibilidad y aumenta la velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

OBJETIVOS GENERALES

- Adiestrarse en la observación sistemática y en la planificación del trabajo experimental.
- Concientizar sobre la problemática de la contaminación urbana producida por los vehículos usados a diario.
- Identificar ciertos parámetros de la contaminación por combustión de carburantes líquidos.
- Tomar conciencia de estos problemas y mostrar respeto por el medio ambiente como parte vital del entorno humano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el material particulado sólido expulsado por los motores de combustión de vehículos convencionales usados habitualmente en el desplazamiento diario en una ciudad.
- Organizar los datos recogidos en una actividad de campo y elaborar e interpretar los gráficos realizados a partir de ellos.

DESARROLLO DEL TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO

Materiales

- Papeles de filtro (10 x 10 cm), seis por grupo
- Papel film (15 x 15 cm), seis por grupo
- Tijeras
- Cronómetros
- Alfileres de cabeza
- Vaselina
- Pinzas de madera
- Pequeñas etiquetas adhesivas
- Lupas grandes de laboratorio de 4, 6 u 8 aumentos

Procedimiento

- a) Formar grupos de no más de cuatro personas. Cada grupo realizará tres determinaciones de 1 vehículo localizado en la playa de estacionamiento de la Universidad.
 - b) Imprimir la tabla adjunta para la presentación de los datos. Completar la tabla de datos de los vehículos y de las observaciones realizadas bajo la lupa en el laboratorio.
 - c) Untar una de las caras de los cuadrados de 10 x 10 cm de papel de filtro con una capa fina de vaselina, también se dejarán preparados los trozos de plástico transparente de 15 x 15 cm (tres en total).
 - d) Encender el motor y dejarlo en funcionamiento unos minutos para que se caliente.
 - e) Colocar el papel de filtro sujeto con una pinza y con la cara de la vaselina hacia la salida del tubo de escape, lo más cerca posible, sin tapar ni tocar el caño de escape, manteniéndolo durante **dos minutos**. En este paso tener ¡**CUIDADO** con las quemaduras!
 - f) **IMPORTANTE:** todas las muestras deben tener el mismo tiempo de exposición, por lo tanto, se deberá usar cronómetro.
 - g) Se rotula cada muestra con una etiqueta numerada correspondiente con la información del vehículo colocada en los cuadrados de plástico transparente. Se protege la muestra con uno de los trozos de plástico transparente de 15 x 15 cm con la etiqueta que le corresponde quedando ésta bien visible. El plástico hay que colocarlo sobre la cara cubierta con vaselina evitando que se formen burbujas y si quedara alguna se deberá pinchar. La cubierta de plástico deberá quedar tensa y sin arrugas, para esta operación se pueden ayudar con dos bolígrafos o una regla.
 - h) Se examinarán las muestras con la lupa y se anotarán las características de las partículas de cada muestra: cantidad (número de partículas/cm²) y color (gris claro, GC, gris oscuro, GO y negras, N). Si hubiera partículas de otro color en la muestra se deberán contar por separado. Para examinar cada muestra y contar con más facilidad se podrán ayudar con los alfileres.
 - i) Recortar un cuadradito de dos x dos cuadrículas (1 x 1 cm = cm²) de una hoja cuadrículada el cual se colocará en cinco lugares diferentes de la muestra y se contarán las partículas cada vez. Para cada muestra se tomará la media aritmética como valor.
- NOTA:** Si hubiese demasiadas partículas podemos tomar para la observación un agujero de sólo 1 cuadrícula (0,5 x 0,5 cm = 0,25 cm²) así, el valor del resultado se multiplica por 4. Y si hubiese muy pocas partículas podemos tomar un agujero de 4 x 4 cuadrículas (2 x 2 cm = 4 cm²) así, el resultado se divide por 4. De esta forma se facilitará la normalización de los datos referidos a partículas/cm². Posteriormente se comprueba que esté la tabla completa con todos los datos y se preparan los gráficos para discutir los resultados.
- j) Con los datos obtenidos por **todos los grupos** construir los siguientes gráficos de barras: **Cilindrada vs N° de partículas/cm²** (incluyendo color al lado de cada punto) y **Combustible frente a N° de partículas por cada cm²** (incluyendo color al lado de cada punto).
 - k) Cada grupo deberá entregar un informe con los datos obtenidos en el laboratorio, los gráficos realizados y las conclusiones.
 - l) En una puesta en común se discutirán los resultados y se sacarán conclusiones generales.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO

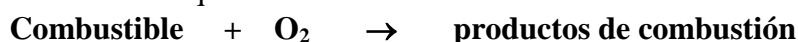
Nº de muestra	Vehículo	Marca	Año de patentamiento	Cilindrada (cm ³)	Tipo de combustible
1					
2					
3					

OBSERVACIONES EN EL LABORATORIO						
Nº de muestra	Gris claro (GC)	Nº de part/cm ²	Gris oscuro (GO)	Nº de part/cm ²	Negras (N)	Nº de part/cm ²
1						
2						
3						

Cuarto encuentro: se presentarán los resultados con los datos obtenidos en la experiencia de laboratorio y se discutirán las conclusiones. Para introducir a los estudiantes en la formulación de ecuaciones químicas y, posteriormente al tema estequiometría, se hará en el aula una discusión sobre el origen del material particulado y de otros contaminantes gaseosos. Para tal fin, se les planteará en el pizarrón la siguiente pregunta con el objetivo de generarles un conflicto cognitivo: **“Si la nafta es líquida, ¿de dónde provienen los gases y el material particulado emitidos?”**

Se espera que de la discusión surjan los siguientes temas: cambio químico, reacción química, reactante, producto, cambios energéticos, estados de agregación, etc.

A partir de la reacción de combustión, específicamente, se guiará al grupo en la escritura de una ecuación química que represente la reacción de combustión y se introducirá el concepto de coeficientes estequiométricos.



A continuación se plantearán las ecuaciones químicas de formación de los contaminantes gaseosos (N_xO_y, CO_x y SO_x). A partir de las reacciones de obtención de los óxidos se conducirá a los estudiantes a razonar sobre los conceptos de reactivo limitante y reactivo en exceso. Se les entregará una segunda guía de ejercicios “tipo” sobre estequiometría (que no involucrará compuestos ternarios).

Para el siguiente encuentro los estudiantes deberán investigar y entregar un informe sobre la lluvia ácida, otro grave problema que produce la contaminación atmosférica. Con este trabajo los estudiantes comprenderán que los óxidos de nitrógeno y azufre producidos durante la combustión son los principales causantes de este fenómeno. A partir de esta investigación el docente podrá desarrollar la formulación y nomenclatura de compuestos ternarios.

Quinto encuentro: se explicará la formulación y nomenclatura de compuestos ternarios y se les entregará una guía de ejercicios sobre dichos temas.

Retomando el tema de la contaminación ambiental se analizará con los estudiantes posibles maneras de medir algunos de los gases provenientes de los escapes de los automóviles y se propondrá la realización de un segundo trabajo práctico para determinar CO₂. Laboratorio N° 2: **Niveles de CO₂ (American Chemical Society, 1998).**

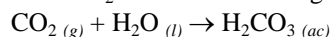
TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 2

NIVELES DE CO₂

INTRODUCCIÓN

El aire que normalmente respiramos tiene un nivel muy bajo de CO₂. Sin embargo, la concentración de este gas en un espacio pequeño puede aumentarse de manera sustancial quemando carbón o petróleo, descomponiendo materia orgánica o acumulando una multitud de personas o animales.

En esta actividad vas a estimar y comparar la cantidad de CO₂ presente en la emanación de vehículos en funcionamiento. Para ello, la muestra de aire se hará burbujear a través de agua que contiene un indicador, azul de bromotimol. El CO₂ reacciona con el agua produciendo ácido carbónico:



Conforme se incrementa la concentración de ácido carbónico en disolución, el azul de bromotimol cambia de color del azul al verde, y luego al amarillo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar y comparar la cantidad de CO₂ presente en la emanación de vehículos en funcionamiento en función del tiempo.

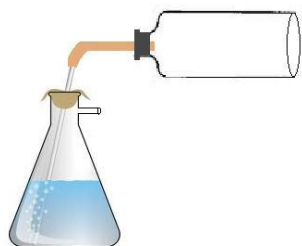
DESARROLLO DEL TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO

Materiales

- 1 botella de plástico de gaseosa o agua mineral de 1 L
- Mangueras plásticas y tapones
- 1 Kitasato
- 1 tubo de ensayo
- Tubo de vidrio
- Vehículos nafteros de diferentes cilindradas

Reactivos

- Solución 0,5M de NaOH
- Indicador azul de bromotimol



- 1- Armar el dispositivo que se muestra en la figura, utilizando una botella de plástico de gaseosa o agua mineral, manguera y tapones.
- 2- Colocar 125 mL de agua destilada en el Kitasato y agregar 10 gotas de azul de bromotimol. La disolución deberá ser azul. De no ser así, agregar una gota de NaOH 0,5 M. Agitar suavemente.
- 3- Colocar 10 mL de la disolución preparada en el paso 1 en un tubo de ensayo, el cual será utilizado para comparar.
- 4- Una vez que el auto está en funcionamiento colocar la botella en el caño de escape, registrar los tiempos transcurridos hasta que se observe primero la aparición del color verde, y luego el color amarillo. **¡ATENCIÓN!** Colocarse al lado del auto durante la toma de muestra, no detrás.
- 5- Una vez finalizada la experiencia, retirar el dispositivo y registrar sus observaciones en la tabla.

Datos de identificación del vehículo				Tiempo transcurrido (seg)		
Nº de muestra	Vehículo	Marca	Año de patentamiento	Cilindrada (cm3)	Color verde	Color amarillo
1						
2						
3						
4						
5						

Sexto encuentro: se reflexionará sobre las experiencias de los dos trabajos prácticos y se retomará la hipótesis planteada al inicio. En este contexto, se conducirá la discusión en el sentido de promover el uso de energías alternativas y también en la responsabilidad como usuarios de automóviles. Asimismo, la importancia de mantener el auto en buenas condiciones (cambios de catalizadores, filtros, aceites, etc.). El docente presentará brevemente las posibles alternativas disponibles o no en el mercado automotriz (vehículos a base de hidrógeno, eléctricos e híbridos).

Evaluación: las tres actividades propuestas y los dos informes de laboratorio aportarán a la acreditación del estudiante, tal como propone la metodología de investigación dirigida, en la que las actividades son en sí mismas actividades de evaluación. No obstante, consideramos que tales actividades no son suficientes para evaluar los contenidos específicos (nomenclatura y formulación de compuestos y estequiometría), se propondrá una instancia de evaluación adicional con ejercicios “tipo”.

5. Conclusiones

Es bien conocido que, en general, a los estudiantes que ingresan a la universidad en carreras no relacionadas directamente con la Química, no les gusta la Química, porque no la entienden, no les interesa y sienten que es algo que está alejado de su realidad. El

desafío de las cátedras de Química de los cursos universitarios consiste hoy en día en motivar a los estudiantes en el estudio de la asignatura pero sin perder nivel académico. Por lo tanto, el desarrollo de temas a través de un problema de interés social, como la contaminación ambiental producida por la combustión de los vehículos, generará en los estudiantes una mejor predisposición para el aprendizaje de esta asignatura. Como la Química es básicamente una ciencia experimental, la propuesta contempla la realización de dos trabajos prácticos de laboratorio. Además, la elaboración de informes de laboratorio y trabajos de investigación bibliográfica les permitirá desarrollar habilidades de lecto-escritura y enriquecerán el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6. Bibliografía

- American Chemical Society (1998). QuimCom, Química en la Comunidad. Segunda Edición. Addison-Wesley Iberoamericana. Pp 570.
- Andrade Gamboa, J.; Corso, H. L; Severino, M.E. (2009). Química atractiva en un ingreso a la Universidad. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 6(3): 423-439.
- Atkins, P. Jones, L. (2006) Principios de Química Los caminos del descubrimiento. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires -Bogotá - Caracas - Madrid - México - São Paulo.
- Avolio de Cols, S. (1977) Conducción del aprendizaje. Ediciones Marymar, Buenos Aires.
- Beltrán, F. F. (1984) Algunas ideas sobre la metodología de la enseñanza de la Química. Magisterio del Río de la Plata, Buenos Aires.
- Cantú Martínez, P. C. (1993) Contaminación ambiental. Editorial Diana, México.
- Collazo, S.E.; Corso, H.L.; Andrade Gamboa, J. (2005). Posibles causas del fracaso de los estudiantes universitarios. Desde la Patagonia (Difundiendo saberes), 3: 6-13.
- http://www.unizar.es/actividades_fq/cont_amb1_vehic_cot/index.php. Activa en Noviembre 2011.
- Kauderer, M. (1999) De la Química que enseñamos a la que queremos enseñar. Capítulo 6 pp: 211-237. En: *Enseñar ciencias naturales Reflexiones y propuestas didácticas*. Paidós Educador, Buenos Aires.
- Porlán, R. (1999) Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación. Capítulo 1 pp: 23-64. En: *Enseñar ciencias naturales Reflexiones y propuestas didácticas*. Paidós Educador, Buenos Aires.

33TCE. LA FORMULACIÓN, EL MODELADO Y LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA LA ENSEÑANZA DEL ANÁLISIS MATEMÁTICO II EN CARRERAS DE INGENIERÍA DE LA FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS

Carina Pacini¹, Humberto Riccomi¹, Lucía Sacco¹, María Elena Schivo¹

U.T.N. Facultad Regional San Nicolás

cpacini@frsn.utn.edu.ar - h3riccomi@arnet.com.ar - meschivo@arnet.com.ar - lcsacco@gmail.com

Resumen: Desde hace cuatro años, la cátedra de Análisis Matemático II de la Facultad Regional San Nicolás dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional implementa diversas estrategias de enseñanza que lleven a mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos. Una de ellas ha sido plantear el desarrollo de cada uno de los temas a partir de la resolución de problemas.

La proposición y resolución de problemas constituye una línea de investigación y de desarrollo didáctico cuyas implicancias en el aprendizaje de cualquier disciplina son relevantes, en especial en aquellas que requiere la Ingeniería.

Esta modalidad de trabajo ha requerido la reformulación de problemas extraídos de bibliografía específica, y la formulación de problemas propios, que permitan el desarrollo de los conceptos con su correspondiente adecuación a cada una de las especialidades y al año en que se desarrolla la materia.

Este trabajo presenta dos de dichos problemas, los cuales han sido preparados teniendo en cuenta aquellos tópicos de otras disciplinas que aportan a la misma.

Palabras claves: Ingeniería - Formulación - Modelización – Resolución de Problemas.

1. Introducción:

Las funciones más frecuentes de los ingenieros son el desarrollo, el diseño, la producción, la evaluación y el control. Cada una de estas funciones requiere de procesos de identificación, búsqueda, establecimiento de criterios, consideración de alternativas, análisis y resolución de problemas, como así también, de la toma de decisiones y comunicación.

Independientemente de la especialidad, una característica de un buen ingeniero es la habilidad para resolver problemas. Para ello se requiere, no sólo de conocimientos de Matemática, Física, Química y ciencias específicas de la Ingeniería, sino el saber cómo éstos deben ser usados para reducir el problema real, en general complejo, a uno de tal forma que el conocimiento científico pueda ser utilizado para solucionarlo. Saber cuándo y cómo el conocimiento debe ser aplicado y si la respuesta resultante satisface razonablemente el problema original, es el objetivo profesional buscado.

En el ciclo básico de Ingeniería, el Análisis Matemático cumple funciones esenciales en dos aspectos, cognitivo y formativo, ya que promueve el aprendizaje de conocimientos básicos fundamentales para su formación y promueve en el estudiante el desarrollo de capacidades y actitudes deseables para su futuro desempeño profesional. Es un compromiso entonces, de los docentes a cargo del desarrollo de estas materias básicas, pensar desde qué lugar hay que considerar su enseñanza que lleve a la mejora de la práctica educativa.

Para ello se toma como punto de partida lo que establece la Teoría Uno (Perkins; 2003) que afirma: “La gente aprende más cuando tiene una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo”. Este autor afirma que, sabiendo lo que se quiere enseñar, si se

proporciona información clara mediante problemas, ejemplos y descripciones; si se ofrece tiempo para la interpretación y el análisis de cómo encarar cada actividad propuesta; si se provee de realimentación informativa y se trabaja desde una plataforma de fuerte motivación intrínseca y extrínseca, es probable que se obtengan logros considerables en la enseñanza.

Particularmente a través de la resolución de problemas como actividad de aprendizaje se puede promover no sólo la comprensión de los conceptos, sino también el modelado y su aplicación para resolver problemas nuevos. Es por ello que, el equipo de cátedra a cargo de la enseñanza del Análisis Matemático II (AMII) de la Facultad Regional San Nicolás (FRSN), ha iniciado desde comienzos del 2008, una serie de acciones en este sentido, con el propósito de brindar herramientas que aporten al aprendizaje del estudiante en el marco de su formación profesional.

Para lograrlo, en primer lugar, se inició una etapa de organización de la materia en Unidades Didácticas (UD), teniendo en cuenta que la UD es la interrelación de todos los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, con una coherencia interna metodológica y por un período de tiempo determinado. También es una propuesta de trabajo, un instrumento que permite organizar las actividades diarias, facilitando la intervención del profesor y permitiéndole articular procesos de enseñanza y aprendizaje, como bien lo señala Ibáñez (1992).

En una segunda etapa, se replanteó el marco teórico de la asignatura presentándolo bajo un modelo problemático a resolver por el alumno, a través de consignas que lo guían para la comprensión y deducción de fórmulas que le facilitarán el cálculo en la resolución de problemas de aplicación de las distintas especialidades de la Ingeniería. Justamente, el modelado de situaciones reales fue la tercera etapa en la reorganización de la cátedra, donde la “novedad” consistió en la reelaboración de enunciados o problemas ya tratados en distintas bibliografías.

2. Objetivos:

Se plantearon los siguientes objetivos:

- Análisis de contenidos específicos de cada una de las especialidades, a ser utilizados en la formulación de problemas en la materia y búsqueda de problemas específicos, en libros de textos de AMII y de asignaturas de primero y segundo año.
- Formulación de problemas que se adecuen a esta metodología de trabajo, incluyendo diversidad de herramientas y tecnologías.
- Análisis de las competencias que se pretende que los alumnos desarrollen en la resolución de los problemas propuestos:
 - Adquisición de la habilidad para analizar una situación problemática real, propia de su especialidad en la que utilicen los conceptos de AMII, que lleven a la modelización de dichas situaciones y a la búsqueda de posibles soluciones.
 - Capacidad de actuar en forma interdisciplinaria para la ejecución de tareas, imprescindible en la actividad profesional de hoy.
 - Uso adecuado del léxico profesional, ya sea para expresar oralmente el proceso llevado a cabo para la resolución del problema, o mediante su expresión escrita.

3. Metodología:

Partiendo del análisis del Diseño Curricular de las carreras de Ingeniería que se dictan en la FRSN se considera, para la selección de los contenidos a desarrollar en AMII durante el presente ciclo lectivo, criterios de representatividad, alcance y profundidad.

La secuenciación y organización se realiza teniendo en cuenta los aspectos principales de la disciplina y las necesidades de algunos contenidos para la articulación horizontal y vertical.

Para ello, para cada una de las UD de AMII, se ha realizado un trabajo minucioso que año a año ha sido cuestión de reformulación y adecuación. El mismo ha consistido, fundamentalmente, en llevar a cabo tres tipos de acciones, las cuales se han desarrollado en forma progresiva y continua desde principios del 2008:

1. El análisis de contenidos específicos de cada una de las especialidades a ser utilizados en la formulación de problemas en la materia y búsqueda de problemas específicos, en libros de textos de AMII y de asignaturas de primero y segundo año.
2. La formulación de problemas que se adecuen a esta metodología de trabajo, incluyendo diversidad de herramientas y tecnologías, tanto para la introducción y desarrollo de los conceptos teóricos de cada UD, como la redacción de problemas que permitan la aplicación de estos conceptos en situaciones relacionadas a las especialidades.
3. El estudio de las competencias que pretendemos que los alumnos desarrollen en la resolución de los problemas propuestos.

En primer lugar, el estudio de situaciones problemáticas planteadas en bibliografías específicas y la reformulación de los mismos, teniendo en cuenta las etapas en que estuviesen redactados para una adecuada modelización, sin perder de vista los conocimientos previos necesarios para el abordaje y resolución por parte del alumno y, a posteriori, el análisis de los resultados obtenidos.

En este sentido se considera relevante iniciar, a los alumnos, en el proceso de modelización de situaciones problemáticas. Para ello, de acuerdo con C. Janvier y otros (1996), cada uno de los problemas se ha pensado en las dos fases que incluye el proceso de modelización, la fase de formulación y la de validación. Los problemas propuestos a los alumnos hacen que estos transiten por diferentes actividades que lleven a la modelización matemática, es decir, actividades en las que se reconozcan las relaciones relevantes sobre las que se va a operar, los símbolos que se van a utilizar para representarlas; los elementos en los que es posible apoyarse para aceptar la pertinencia del modelo que se está usando; las propiedades que permiten justificar los procedimientos utilizados y por último, la reinterpretación de los resultados obtenidos en el problema planteado (Chevallard, 1997).

4. Resultados:

Para cada una de las UD que componen la planificación anual de Análisis Matemático II, como ya se ha mencionado anteriormente, se han incluido diversos tipos de problemas.

De acuerdo a lo enunciado anteriormente, presentamos, a modo de ejemplo, distintas etapas correspondientes a la misma UD “Ecuaciones diferenciales”, donde se podrá apreciar la reformulación de un marco teórico con forma de problema a resolver por el alumno, con el correspondiente problema adaptado para su aplicación.

Ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden no homogéneas a coeficientes constantes.

Consignas del marco teórico:

1. Dada la ecuación $y''+a_1y'+a_2y=0$, con a_1 y a_2 constantes, mostrar que una función $u(x)=e^{rx}$ es solución de la misma. Analizar qué condiciones debe cumplir r . Estudiar distintas soluciones de acuerdo a los posibles valores de r .

2. Dada la ecuación $y''+a_1y'+a_2y=b(x)$, con a_1 y a_2 constantes, mostrar que una función $z(x)=y_1-y_0$, donde y_1 es solución general de la ecuación no homogénea e

y_0 es una solución particular de la no homogénea, es solución general de la homogénea asociada.

3. Investiga en la bibliografía sugerida el método de los coeficientes indeterminados para resolver ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden no homogéneas a coeficientes constantes.

Realiza un cuadro mostrando los distintos casos que se pueden presentar.

Problema:

“El circuito eléctrico que muestra la figura contiene una fuerza electromotriz (por lo general una batería o un generador) que produce un voltaje de $e(t)$ volt (V), un resistor con una resistencia de R ohm (Ω), un inductor con una inductancia de L henrios (H) y un capacitor de C Faradios (F), en serie (Figura 1)

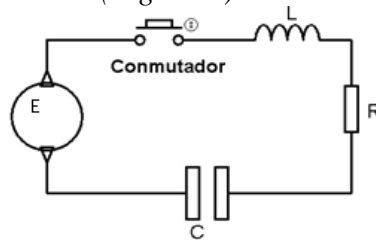


Figura 1: Circuito eléctrico

Teniendo en cuenta que:

“La ley de Ohm establece que la diferencia de potencial que cae sobre una resistencia es proporcional a la intensidad de corriente (la constante de proporcionalidad es el valor óhmico de la resistencia R)”

“La ley de Faraday establece que la caída de tensión en una inductancia es proporcional a la rapidez de variación de la intensidad de corriente que la circula (la constante de proporcionalidad es el valor del coeficiente de autoinducción de la inductancia)”

“La carga en un capacitor es directamente proporcional a la tensión aplicada al capacitor (la constante de proporcionalidad es el valor de la capacidad C)”

“La segunda ley de Kirchhoff establece que la suma de todas las caídas de tensión que se producen en un circuito serie es igual al voltaje provisto por la fuente de alimentación”

“La intensidad de corriente eléctrica se define como la variación de la carga con respecto al tiempo”

- Encontrar un modelo matemático en el cual se pueda calcular la carga en función del tiempo.
- Analizar qué tipo de solución aporta la resolución de la ecuación homogénea asociada si $R < 2\sqrt{L/C}$ $R = 2\sqrt{L/C}$ $R > 2\sqrt{L/C}$
 - Si $R=4\Omega$; $L=7H$; $C=4F$ y la fuerza electromotriz es una batería
- $e(t) = E = 10V$. Encontrar la expresión de la carga, de la intensidad de corriente eléctrica y la tensión sobre la inductancia.
 - Si $R=2\Omega$; $L=1H$; $C=1F$ y la fuerza electromotriz es una batería
- $e(t) = E = 10V$. Encontrar la expresión de la carga, de la intensidad de corriente eléctrica y la tensión sobre la inductancia.
 - Si $R=2\Omega$; $L=5H$; $C=1F$ y la fuerza electromotriz es una batería
- $e(t) = E = 10V$. Encontrar la expresión de la carga, de la intensidad de corriente eléctrica y la tensión sobre la inductancia.
 - Graficar las soluciones obtenidas con un software y comparar. Clasificar,
- desde el punto de vista físico, que tipo de amortiguamiento tiene cada caso. Generalizar.

Ecuación del calor unidireccional.

Consignas del marco teórico y problema asociado:

Sea una varilla circular delgada de longitud L que tiene una sección transversal de área A y que coincide con el eje x en el intervalo $[0, L]$ (Figura 2). Se supondrá que:

- El flujo de calor dentro de la varilla sólo tiene la dirección x .
- La superficie lateral de la varilla está aislada.
- No se genera calor dentro de la varilla.
- La varilla es homogénea ($\rho = \text{cte}$).
- El calor específico γ y la conductividad térmica k del material de la varilla son constantes.

La EDP de transmisión del calor, donde $u(x, y)$ representa la temperatura, se origina en la teoría del flujo de calor; esto es, el calor transferido por conducción en una varilla o alambre.

Para obtener dicha ecuación diferencial:

1. Obtener la expresión matemática de las dos leyes empíricas de la conducción de calor necesarias:
 - i) “La cantidad de calor Q en un elemento de masa m es directamente proporcional al producto de la masa por la temperatura $u(x, y)$ del elemento. La constante de proporcionalidad se denomina calor específico γ ”
 - ii) “La variación de la cantidad de calor Q con respecto al tiempo a través de la sección transversal A se opone proporcionalmente al producto del área transversal A por la variación de la temperatura $u(x, y)$ con respecto a la dirección perpendicular a dicha sección transversal. La constante de proporcionalidad se denomina conductividad térmica k ”
2. Analizar, tal como se muestra en la figura 2, un trozo de barra incremental, de sección transversal A constante y un desplazamiento perpendicular muy pequeño Δx a partir de la ley del punto 1 i.

Sección transversal de área A

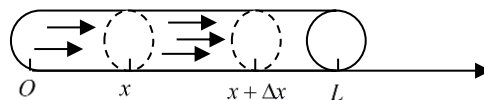


Figura 2 - Trozo de barra incremental

- 2.1. Plantear a qué es igual la masa de dicho trozo de barra incremental (tener presente que tanto la densidad de masa por unidad de volumen ρ como la sección transversal A son constantes).
- 2.2. Teniendo en cuenta que el desplazamiento Δx es muy pequeño y que puede suponerse que $u(x, y)$ es la temperatura aproximada en todo punto del intervalo, plantear el decremento de la cantidad de calor al pasar de la posición x a la posición $x + \Delta x$.

- 2.3. *Obtener la derivada parcial con respecto al tiempo de la expresión anterior.*
3. *A partir de la ley obtenida en el punto 1 ii, obtener el decremento que se produce en la variación de la cantidad de calor con respecto al tiempo al pasar de la posición x a la posición $x + \Delta x$.*
 4. *Inspeccionar los resultados obtenidos en el punto 2.3 y 3. A partir de su observación, obtener la ecuación de transmisión del calor considerando que $\Delta x \rightarrow 0$. A la constante $k = \frac{\kappa}{\gamma \cdot \rho}$ se la denomina difusividad térmica.*
 5. *Teniendo en cuenta la EDP de transmisión de calor obtenida en el punto 4 y que la varilla delgada tiene una temperatura inicial $f(x)$ y sus extremos se mantienen a la temperatura cero en todo momento $t > 0$, plantear el problema de valor en la frontera.*
 6. *A partir de la ecuación diferencial obtenida en el punto 4 y sometiéndola al problema de valor en la frontera del punto 5 obtener $u(x, y)$ utilizando el método de separación de variables. Considerar todos los casos posibles.*
 7. *Suponiendo que la varilla mide 50 cm y está inmersa en vapor hasta que su temperatura es de 100°C en toda su extensión. En el instante $t=0$ su superficie lateral está aislada y sus dos extremos colocados en hielo a 0°C . Calcular la temperatura de su punto medio después de media hora si la varilla será hecha de (a) hierro ($k = 0,25 \text{ cm}^2 / \text{s}$); (b) concreto ($k = 0,005 \text{ cm}^2 / \text{s}$). Determinar cuál de los dos materiales es el más aislante”*

Apreciando las formulaciones anteriores difieren totalmente de los enunciados que suelen encontrarse en los libros de matemática o en los libros de física o de ingeniería aplicada. En los primeros, muchas veces, se enuncia la ecuación diferencial respectiva, y se encara la resolución de la misma desde el punto de vista matemático. En los segundos, se enfoca el problema en la obtención de la ecuación diferencial y no se le da importancia al problema matemático. Justamente, la innovación que tratamos de mostrar en esta forma de encarar los temas, es plantear el problema como un todo, en donde se tenga en cuenta todas las herramientas que brinda la matemática para la perfecta comprensión de los desafíos que nos propone la Ingeniería.

5. Conclusiones

Existe una importante cantidad de bibliografía sobre las características que debe tener una actividad para constituirse en un problema para los alumnos. Nuestra propuesta de trabajo, en Análisis Matemático II, enfatiza algunas cuestiones:

1. Un problema es una situación que se le presenta al alumno para moverlo a la acción.
2. Lo que constituye a cualquier propuesta en un problema es el vínculo que se establece entre el alumno y la tarea que realiza.
3. Un problema promueve el desarrollo de estrategias que favorecen una educación más autónoma, comprometida y participativa.
4. Si el alumno reproduce un procedimiento enseñado anteriormente es un ejercicio o un problema de aplicación pero no es, en ese sentido, que se aprende a través de problemas. Frente a los problemas los alumnos ponen en juego diferentes tipos de saberes relacionados con los conceptos, los procedimientos y/o las actitudes.
5. El reconocimiento de la importancia de esta metodología de trabajo, que está íntimamente relacionada con la práctica profesional del ingeniero.

6. Bibliografía

- Aguilera, N. (1998) Documento de discusión Sobre la Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas en el Nivel Universitario, ICMI. The International Commission on Mathematical Instruction.
- Chevallard, Y, Gascón, J. y Bosch, M. (1997) Estudiar Matemática, Barcelona: Horsori.
- Fernández González, J. y otros tres autores (1999): ¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras? Colección Investigación y enseñanza, Díada Editora S.L., Sevilla.
- Duval, R. (1993). Semiosis y noesis. En Sánchez y Zubieta (Eds.), Lecturas en Didáctica de las Matemáticas: Escuela Francesa, 118-144. México: Departamento de Didáctica Educativa del CINVESTAV-IPN.
- Gysin, L. y otros cuatro autores (2007) Competencias Ciencias Básicas Ingeniería. Programa de mejoramiento de la enseñanza de la ingeniería, PROMEI, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.
- Janvier, C. (1996) Modelización y la iniciación al álgebra. Cap 17 en Aproximaciones al álgebra. Kluwer.
- Ibañez, G. (1992) Planificación de unidades didácticas: una propuesta de formalización, en Aula, n°1, Abril, 13-15.
- Perkins, D. (1995) La escuela Inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente, Gedisa, Barcelona.

34TCE. ENSEÑANZA DE ESTEQUIOMETRIA EN CARRERAS DE INGENIERIA: EL USO DE ANALOGÍAS.

MARIANO A.^{1,2}, GARCIA D.A.¹, SOLEÑO J.^{1,3}, ESTEVES P.N.¹, FUENTES V.¹,
RUI E.¹, MIRANDA E.¹, BASCHINI M.¹

¹Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue,
Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén. Tel-Fax: 54-299-4490340.

Email: miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar

² CONICET CCT-COMAHUE.

³ IDEPA (CONICET), Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Resumen: En este trabajo se presenta una actividad desarrollada con estudiantes de primer año de carreras de ingeniería, utilizando analogías para la enseñanza de estequiometría. La actividad incluyó el análisis del armado de una bicicleta desde sus partes constituyentes y en base a la analogía se trabajó en la formulación y escritura de una ecuación química que represente el armado de la misma. Los conceptos de reactivo limitante, reactivo en exceso y pureza fueron también analizados. La actividad se completó con una encuesta realizada a los estudiantes respecto de esta actividad.

1. Introducción

La cátedra de Introducción a la Química, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, dicta clases para las carreras de Ingeniería en Petróleo, Civil, Mecánica, Eléctrica y Electrónica. Desde hace algunos años se viene observando un deterioro en los logros académicos de sus estudiantes, los cuales se tornan más significativos en las primeras instancias evaluativas planteadas por la cátedra; ocasionando en un alto porcentaje de estudiantes, la pérdida de la regularidad de la asignatura. Como resultado final, los estudiantes deben recurrir a la asignatura o, en el peor de los casos, sumado a otros factores, ocasiona el abandono de la carrera universitaria.

De acuerdo a las observaciones diagnosticadas y con el propósito de ayudar a nuestros estudiantes a superar las dificultades que les genera el aprendizaje del tema "Estequiometría" en particular, se realizó una actividad utilizando analogías como una aproximación a la identificación de las causas que provocan tan magros resultados. El tema estequiometría forma parte de los contenidos evaluados en el primer parcial y denota un alto grado de dificultad para los estudiantes, basándonos en los puntajes que éstos obtienen en estos incisos.

Max Black, 1966 define a la analogía como un sistema de símbolos que tiene su antecedente epistemológico en las metáforas, otro sistema de símbolos que junto a los conceptos, el más abstracto de los tres; constituyen las estructuras cognitivas involucradas en este trabajo. Federico Nietzsche, 1874 y Jacques Derrida, 1986 recategorizaron a la metáfora. Generalmente se da un lugar no subalterno a las figuras, y en particular a las analogías, respecto de los conceptos, ya que se piensa en clave didáctica. Se prefiere hablar más que de categorías, de rangos de validez o limitaciones de unas y otras estructuras cognitivas. Entonces el material del cual se constituyen dichas estructuras cognitivas son símbolos (palabras, dibujos, representaciones) y ello no es distinto si se piensa a la química como disciplina. La química también es un gran sistema de símbolos y de algún modo enseñarla es ir de una a otra de estas formas "simbólicas de representación". De las ecuaciones químicas a la tabla periódica y de esta a las proporciones estequiométricas, por ejemplo.

La introducción de una analogía por parte del docente conceptual y estructuralmente adecuada al problema, fácilmente generalizable y con referencia a temas previos del mismo curso (Donati y Andrade Gamboa, 1990; Pozo et. al., 1991; Pozo y Gómez Crespo, 1998) puede suplantar, enriquecer o guiar las analogías que el alumno inevitablemente generará y, probablemente, el resultado será una mejor comprensión del tema. La efectividad de la analogía en la enseñanza depende de un gran número de factores entre los cuales se encuentran el tipo de analogía, el grupo de alumnos en los cuales se aplica, el tiempo dedicado a la explicación de la analogía, etc. (Friedel et. al., 1990).

La analogía funciona como puente entre un proceso más intuitivo y sencillo y otro generalmente menos accesible para los alumnos, permite explotar las similitudes significativas entre ambas y desarrollar una visión de una aplicación más amplia de conceptos ya incorporados. La analogía incorporada puede fomentar la generación espontánea de otras analogías adecuadas mediante una discusión profunda entre el docente y los alumnos de otras similitudes y diferencias (Vasani y Donati, 2001)

Este trabajo usa la analogía entre una bicicleta y la estequiometría intentando sondear esa profunda conciencia, para lo cual indaga los errores que un estudiante comete en uno y otro dominio interpretándolo como si fueran parte de un “estilo” o tipo de forma de equivocarse. El trabajo con los estudiantes consistió en hacerlos participar de una actividad que los vincula con un sistema de símbolos sencillos primero (la bicicleta), como precalentamiento para ir a otro sistema de símbolos más complejo (la estequiometría), leyendo luego los resultados en línea como forma de indagar una cierta “psicología del error” (Bachelard, 2000) y aportar sobre la comprensión de las distintas maneras de equivocarse.

2. Objetivos

El objetivo de esta propuesta consiste en la utilización de analogías para una mejor comprensión de los contenidos de estequiometría y conceptos relacionados.

3. Metodología

Se diseñó una guía de trabajo en la cual se planteaba el análisis del armado de una bicicleta a partir de sus componentes, Figura 1. La cantidad de estudiantes que trabajó en la actividad fue de alrededor de 90, correspondientes a la asignatura Introducción a la Química, que se dicta para las carreras de Ingeniería Civil, Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Petróleo, durante el primer año.

Repartidos en varios incisos, se comenzó con una propuesta básica sobre el armado de 3 bicicletas, en el cual los estudiantes debían indicar las cantidades necesarias de sus componentes, lo cual representa las proporciones estequiométricas.



Figura 1. Representación de la bicicleta y sus partes constituyentes.

A continuación se planteo un problema en el cual se suministraban las diferentes partes, pero sus cantidades ya correspondían a situaciones en las que alguno de los componentes se encontraba en exceso o defecto, en directa analogía con el concepto de reactivo limitante. Para incorporar el concepto de pureza se trabajó considerando que parte de los componentes disponibles no cumplían con las especificaciones para el armado de bicicletas para adultos, por ejemplo ruedas de un rodado menor (rodado 16).

Adicionalmente al concepto de cantidad de componentes, se sumó el de las masas asociadas a cada uno de ellos, en similitud a los conceptos de número de moles y cantidad de materia expresada en gramos. Finalmente se les solicita la representación de la situación bajo la forma de una ecuación química.

Esos trabajos fueron presentados bajo la modalidad de informe y luego fueron revisados por el equipo de cátedra. En una segunda instancia se les propuso una actividad similar aumentando su complejidad.

Al finalizar el cursado se trabajó con una encuesta a completar por los estudiantes de tal modo de poder evaluar desde su punto de vista la utilidad de la propuesta para trabajar los contenidos de estequiometría.

4. Resultados

La enseñanza y el aprendizaje son procesos diferentes. Si nos centramos en el aprendizaje de la química nos encontramos con dificultades en la comprensión de conceptos científicos, por este motivo, las analogías sirven de herramienta para lograr un alto nivel de abstracción. Para lograrlo deben existir conexiones entre analogía y concepto, posteriormente deben surgir conexiones entre analogía y la red cognitiva del estudiante. “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese consecuentemente”, D. P. Ausubel (1918-2008).

Los resultados de la realización de la actividad con analogías fueron analizados desde varios puntos de vista. Por un lado se realizó la evaluación por el equipo docente, considerando la utilidad de la propuesta y el tipo de errores encontrados en la resolución; por otro lado se consideró la evaluación que los propios estudiantes hicieron de dicha actividad, a partir de una encuesta realizada al final del curso. Los resultados alcanzados intentan remarcar tanto el potencial como las limitaciones que tiene el aprendizaje a través del uso de analogías.

Entre los errores encontrados se detectó una notoria dificultad en la escritura del armado de la bicicleta bajo una forma similar a las ecuaciones químicas. La representación de las mínimas proporciones no siempre les resultaba una tarea sencilla. Por ejemplo, el empleo de los coeficientes estequiométricos fue reemplazado en varios casos por la totalidad de los componentes. Algunos de los resultados obtenidos se muestran a partir del siguiente ejemplo:

1 cuadro más 1 asiento más 2 ruedas para formar 1 bicicleta

Forma de representación:

1 C + 1 A + 2 R 1 CAR₂

Se les proporcionó: 5 cuadros, 4 asientos y 20 ruedas

Modo de representación esperado:

1 C + 1 A + 2 R 1 CAR₂

Modos de representación obtenidos:

4 C	+	4 A	+	8 R	4 CAR ₂ (**)
5 C	+	4 A	+	20 R	4 CAR ₂ (***)
5 C	+	4 A	+	20 R	C ₅ A ₄ R ₂₀ (****)
5 C	+	4 A	+	20 R	4 CAR ₂ + 1C + 12R(*)

Un segundo modo de analizar los informes consistió en indagar los errores de los estudiantes en estos, en cuanto a su conexión con los errores correspondiente al tema estequiometría durante el parcial. En general, las regularidades observadas son pocas, si bien hay una conexión fuerte en cuanto al modo de equivocarse en uno y otro dominio.

Sobre un total de nueve grupos consistentes en sendos trabajos grupales de analogías y los respectivos parciales, en los que era evaluado el tema estequiometría; de los dos/tres integrantes del grupo. Se escogió aquellos estudiantes que en su mayoría desaprobaron el parcial, considerando que ese modo se obtendría una gran diversidad de errores, y finalmente es lo que se observó.

En primer término, en los cuatro casos en los cuales la ecuación usada para representar el problema de las bicicletas es la del tipo (*), el problema de estequiometría se resolvió correctamente en el parcial. Dos de los nueve casos usaron la ecuación del tipo (**) para representar el problema de la bicicleta y luego en el problema de estequiometría del parcial los integrantes de esos grupos no balancearon la ecuación química, sumado a lo cual o no pudo reconocerse el reactivo limitante; o se equivocó en el uso del concepto de pureza, confundiendo cantidades teóricas (masas molares) con cantidades de muestra y aplicando así a las primeras y no a las segundas el porcentaje de pureza. Los restantes trabajos muestran ecuaciones del tipo (***) o (****) para representar el problema de la bicicleta y los integrantes de estos grupos tienen aquí la gama más variada de errores por lo que resulta difícil de cuantificar.

La figura 2 muestra parte de los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada a los estudiantes sobre la actividad de analogías.

"Respecto al contenido estequiometría, ¿Cuál/es de los siguientes aspectos te generaron mayor dificultad?" (n=53)	"Respecto al contenido estequiometría, ¿Cuál/es de los siguientes aspectos te generaron mayor dificultad?" (n=64)
--	--

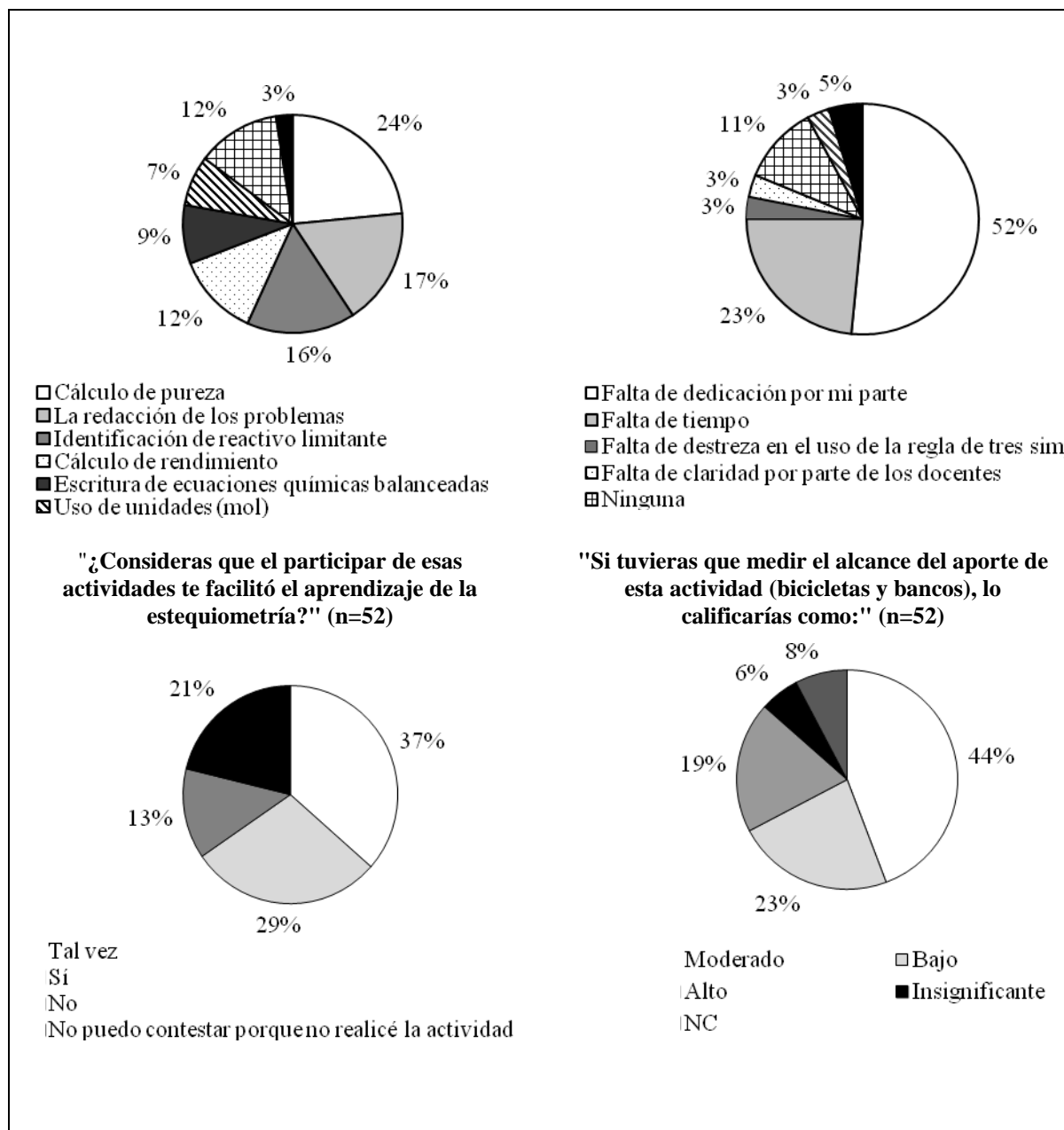


Figura 2. Resultados obtenidos sobre algunas de las preguntas realizadas en la encuesta a los estudiantes. La encuesta se realizó a 52 estudiantes, n representa el número de respuestas obtenidas.

5. Conclusiones

El uso de analogías permite abordar desde un tema cotidiano y concreto los contenidos disciplinares más abstractos relacionados con la química, en este caso con el tema de estequiometría.

En la experiencia aquí desarrollada fue posible hacer un primer reconocimiento acerca de cómo interpreta el estudiante el planteo de una ecuación química, el concepto de reactivo y producto, reactivo limitante, pureza, etc.

En general cuando hay un manejo versátil de la ecuación en la analogía de la bicicleta hay mejor resolución del problema de estequiometría en el parcial. La analogía no resulta tan ventajosa cuando se carece de conocimientos básicos tales como: manejo de proporciones, reglas de tres simple, formulación de compuestos, etc.

La encuesta demuestra claramente la dificultad generalizada en interpretar el concepto de pureza de reactivo.

A partir de la evaluación general realizada por medio de esta actividad resulta posible pensar en nuevos modos de abordar el mismo tema y el uso de analogías en un próximo curso.

6. Bibliografía

- Aldabe, S., Armendía, P. y Lacreu, L (1999). Química 1. Fundamentos. Ediciones Colihue.
- Andrade Gamboa, J.; Corso, H. L. (2010). Pasaporte a la química universitaria. Una articulación con la enseñanza media. 3ra. Edición. Editorial Dunken, Buenos Aires.
- Bachelard, G. (2000). La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo. 23a Edición. Siglo XXI Editores, México.
- Black, M. (1966). Modelos y metáforas. Madrid: Tecnos.
- Derrida, J. (1986). Mitología branca, em margens da filosofia. 1er Edición. Porto. Res.
- Donati E.; Andrade Gamboa J. (1990). La utilidad de las analogías en la enseñanza de las ciencias en base a una posible clasificación. Revista de Enseñanza de las Ciencias, 8 (1): 89-91.
- Friedel, A.W.; Gabel, D.L.; Samuel, J. (1990). Using Analogs for Chemistry Problem Solving: Does it Increase Understanding? School Science and Mathematics, 90 (8): 674-682.
- Nietzsche, F. (1874). El origen de la tragedia. 143 pcam. Serie: Col. austral. México, D. F.
- Pozo, J.I.; Sanz, A., Gomez Crespo, M.A.; Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. Enseñanza de las ciencias, 9 (1): 83-94.
- Pozo, J.I.; Gómez Crespo, M.A. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico (Madrid. Morata).
- Vasani, E.J.; Donati, E.R. (2001). Uso de analogías adecuadas como recurso didáctico para la comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel universitario inicial. Enseñanza de las ciencias.
- Whitten, K.W.; Davis, R. E.; Peck, M. L. (1999). Chemistry. R. Chang. 6th. Edition, WCB/McGraw-Hill.

35TCE. ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN INGENIERÍA

GANGI, S.* - PONTELLI, D.* - INGARAMO, R.* - HEREDIA, E.*

***Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba - Avda. Vélez Sarsfield 1611 - (X5016GCA) Córdoba – Argentina - Tel. (0351)4334141 int. 225 - ringaramo@efn.uncor.edu**

Resumen: Algunas carreras de ingeniería que se cursan en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FECFN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) contemplan el dictado de la asignatura “Mantenimiento Industrial”. Sus responsables forman parte del equipo de Docentes-Investigadores del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI) de esa Facultad.

El Laboratorio dispone de equipamiento de última generación para mediciones relacionadas con el mantenimiento condicional (predictivo), adquiridos con fondos del Programa para el Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería (Promei). Este instrumental es utilizado principalmente para la realización de experiencias con alumnos de la asignatura, con el propósito de brindarles una formación acorde a las actuales exigencias del mercado laboral.

El objetivo de este artículo es presentar el enfoque adoptado por la Cátedra para el dictado de la asignatura, sintetizar las actividades desarrolladas y mostrar los principales resultados obtenidos con esta modalidad de trabajo.

La Cátedra prevé además del dictado de los conceptos teóricos relacionados con la especialidad, la implementación de trabajos prácticos orientados a la realización de tareas de campo en empresas del medio, que tienen como finalidad desarrollar planes de mantenimiento de equipos críticos.

Asimismo se desarrollan prácticas de laboratorio consistentes en la medición de variables eléctricas y mecánicas que informan sobre el funcionamiento de los sistemas electromecánicos, que son la base del mantenimiento condicional o predictivo. La medición de estos parámetros permite diagnosticar tempranamente condiciones anómalas de trabajo y obtener información sobre fallas potenciales. De esta forma es posible planificar la labor de mantenimiento de manera más efectiva.

Otro aspecto importante de la experiencia llevada a cabo por la Cátedra es la participación como parte del equipo docente de un joven profesional que realiza una Adscripción en la asignatura, propiciando la formación de recursos humanos en la especialidad.

Se concluye que el empleo de un enfoque práctico para el dictado de la asignatura, apoyado en tareas de campo realizadas en organizaciones del medio y en prácticas de laboratorio, permite a los alumnos manejar criterios avanzados relacionados con la gestión del mantenimiento industrial y egresar con una sólida formación profesional en el tema.

1. Introducción

El Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial de la FECFN (UNC) contempla entre sus objetivos “*Desarrollar experiencias en gestión y prácticas industriales con énfasis en mantenimiento*”. Algunos de sus integrantes son Docentes de la asignatura Mantenimiento Industrial, que se dicta en varias carreras de ingeniería que se cursan en esa Facultad. El LIMI cuenta con instrumental de tecnología avanzada para la medición de

variables relacionadas con las condiciones de funcionamiento del equipamiento industrial (mantenimiento predictivo), entre los que se destacan:

- Analizador de vibraciones tipo data logger
- Cámara termográfica infrarroja
- Osciloscopio digital portátil
- Pinza amperométrica
- Termómetro infrarrojo
- Estroboscopio laser
- Alineador de poleas
- Instrumental de medición (Calibres, micrómetros).
- Herramientas para ajuste y calibración
- Bancos para mediciones en laboratorio desarrollados y construidos en el LIM I

Ese equipamiento se utiliza principalmente para el desarrollo de prácticas de laboratorio por parte de los alumnos de la asignatura, que les permite incorporar a su formación el manejo de la más moderna tecnología para la medición de parámetros relacionados con el mantenimiento industrial. Con el instrumental descrito se realizan mediciones de variables relacionadas con el mantenimiento predictivo, entre ellas:

- Vibraciones mecánicas y espectros (desplazamiento, velocidad, aceleración)
- Temperaturas y espectros termográficos
- Velocidades de rotación
- Desalineaciones mecánicas
- Magnitudes eléctricas y sus formas de onda (corrientes, tensiones, frecuencias)

Para optimizar la implementación de estos prácticos, la Cátedra ha desarrollado una metodología específica que consiste en simular diferentes condiciones de funcionamiento de equipos industriales en un banco de ensayos y registrar las variables medidas en cada situación.

El propósito en estas prácticas es *“generar competencia en los futuros profesionales para manejar las herramientas prácticas de última generación para la gestión del mantenimiento en una moderna planta industrial”*.

Paralelamente los alumnos deben elaborar cinco trabajos prácticos que les permiten aplicar en empresas del medio los conceptos relacionados con la gestión del mantenimiento desarrollados en la asignatura.

2. Objetivos

- Presentar el enfoque utilizado por la Cátedra de Mantenimiento Industrial para el dictado de la asignatura.
- Evidenciar los beneficios sobre el proceso de aprendizaje que brinda el empleo de estrategias de enseñanza eminentemente aplicadas, basada en la realización de tareas de campo y el uso de moderno instrumental de medición y diagnóstico.

3. Metodología

Los objetivos de la asignatura Mantenimiento Industrial son:

- *Comprender los distintos tipos mantenimiento, su evolución, las técnicas y las tecnologías en las que se apoyan.*
- *Adquirir los fundamentos de la gestión del mantenimiento industrial moderno.*
- *Aplicar herramientas metodológicas como TPM (Total Productive Maintenance: Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Reliability Centered Maintenance: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)*

- *Aprender métodos que permitan analizar las fallas de los equipos llegando a la causa raíz, evaluar sus efectos y reducir el impacto de las pérdidas.*
- *Proyectar, analizar, organizar y conducir el mantenimiento de una empresa.*
- *Aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de actividades en empresas del medio y en instalaciones de la universidad.*
- *Estimular la exposición y la discusión grupal de los trabajos realizados por los alumnos.*

La Cátedra emplea una modalidad de trabajo especialmente diseñada para alcanzar esos objetivos y dotar al alumno de las competencias necesarias como para hacer frente a las exigencias del mercado laboral en lo relacionado al mantenimiento industrial.

Sus Docentes cuentan con amplia experiencia en el campo industrial lo que permite el aporte de sus conocimientos sobre la actividad productiva local y la transferencia de buenas prácticas para la resolución de problemas relacionados con el mantenimiento.

Se contempla el dictado de clases teórico-prácticas, con una carga de 6 hrs. semanales en aula, más 4 hrs. destinadas al desarrollo de prácticos y 4 hrs. de trabajo de campo, a lo largo de un cuatrimestre.

Por otra parte se procura el empleo de la bibliografía más actualizada en el tema, mientras que los Docentes de la Cátedra han elaborado un texto propio que sirve de guía para el desarrollo de los contenidos teóricos.

Las pautas de trabajo consideran además la elaboración de cinco Trabajos Prácticos grupales por parte de los alumnos, con aplicaciones en una empresa del medio, que incluyen los siguientes aspectos:

1) El mantenimiento en la Organización

- a) Contactar empresas u organizaciones de nuestro medio.
- b) Conocer y comprender las características organizativas y los procesos de esa empresa.
- c) Plantear mejoras.

2) Programación del mantenimiento

- a) Relevar la información de los equipos e instalaciones de las empresas abordadas.
- b) Evaluar las criticidades de los distintos medios productivos o instalaciones utilizadas.
- c) Preparar para equipos críticos, un proyecto de mantenimiento anual con parada de planta.

3) Mantenimiento preventivo

- a) Establecer la información y documentación necesaria para implementar el TBM (Time Based Maintenance: Mantenimiento Basado en el Tiempo) en la empresa elegida.
- b) Evaluar las criticidades de los distintos componentes de los equipos.
- c) Preparar una hoja de proceso de mantenimiento.

4) Mantenimiento autónomo

- a) Realizar un plan anual de mantenimiento autónomo basado en la filosofía TPM.

5) Desarrollo de un plan de mantenimiento de un equipo crítico

- a) Desarrollar un plan de mantenimiento de un equipo crítico utilizando el método RCM.

Los trabajos se presentan en plenarios generales donde se debaten los resultados obtenidos, lo que favorece el intercambio de experiencias entre los diferentes grupos y coloca al alumno en el rol de expositor, que debe aprender a utilizar las estrategias necesarias para la defensa de su trabajo.

Paralelamente se contempla la realización de prácticos de mediciones de variables mecánicas y eléctricas en laboratorio, tendientes a monitorear los parámetros que

determinan las condiciones anormales de funcionamiento de los equipos industriales. Estos prácticos tienen como objetivo la formación y entrenamiento teórico-práctico de los alumnos en el uso de metodologías de diagnóstico de fallas basadas en técnicas predictivas, similares a las que emplea el personal de mantenimiento en la industria para determinar condiciones anómalas de funcionamiento de equipos.
Se realizan dos prácticos de laboratorio anuales:

1) Práctico de termografía y variables eléctricas:

Se lleva a cabo en uno de los bancos de ensayo desarrollado y construido en el LIM1. El sistema está compuesto por una alimentación de 220V, un variador de velocidad, un motor, un alternador, una fuente de alimentación de 12V y una carga (compresor de 12V). La Figura 1 muestra las conexiones de los componentes.

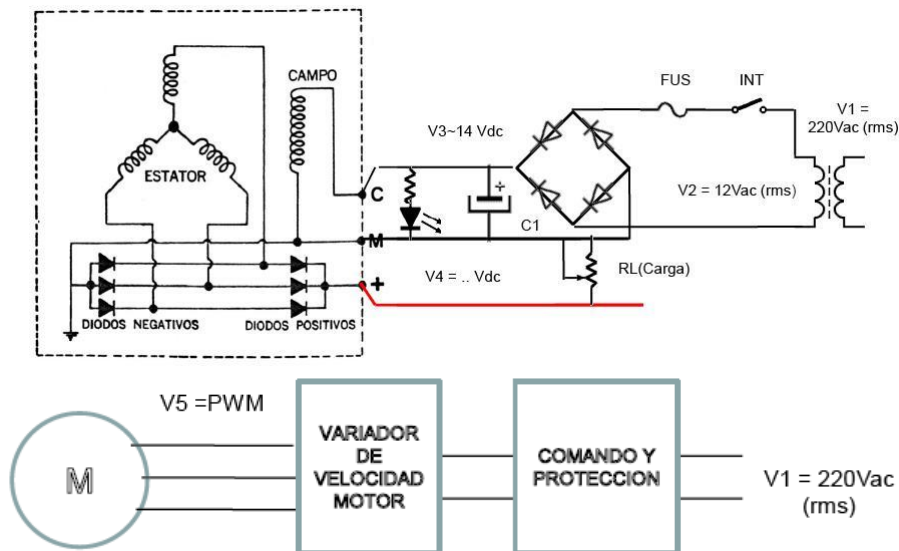


FIGURA 2. Circuito eléctrico

El objetivo de este práctico es medir las variaciones de parámetros de temperatura, tensión, corriente, velocidad, tanto en la situación inicial de funcionamiento del equipo como para las distintas disposiciones de carga, con el objeto de obtener valores de referencia para futuros controles predictivos. Los principales instrumentos de medición utilizados en el práctico se muestran en la Figura 2.



1- Osciloscopio, 2- Pinza amperométrica, 3- Cámara termográfica

FIGURA 2. Instrumental utilizado en mediciones eléctricas y termográficas

2) Práctico de análisis de vibraciones mecánicas:

Se desarrolla en el Laboratorio de Aeronáutica de la Facultad, donde se realiza la medición de variables mecánicas sobre un elemento rotante en un túnel de viento. El estudio está centrado en las vibraciones producidas por los elementos rodantes del motor, evaluadas por medio del uso de un acelerómetro.

El instrumental empleado está compuesto por una lámpara estroboscópica para la medición de velocidad de rotación y un data logger con acelerómetro para la evaluación de vibraciones, que se muestran en la Figura 3.

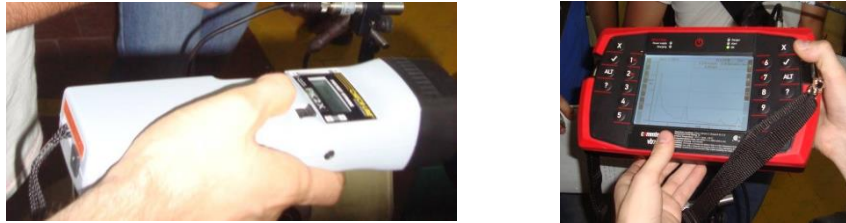
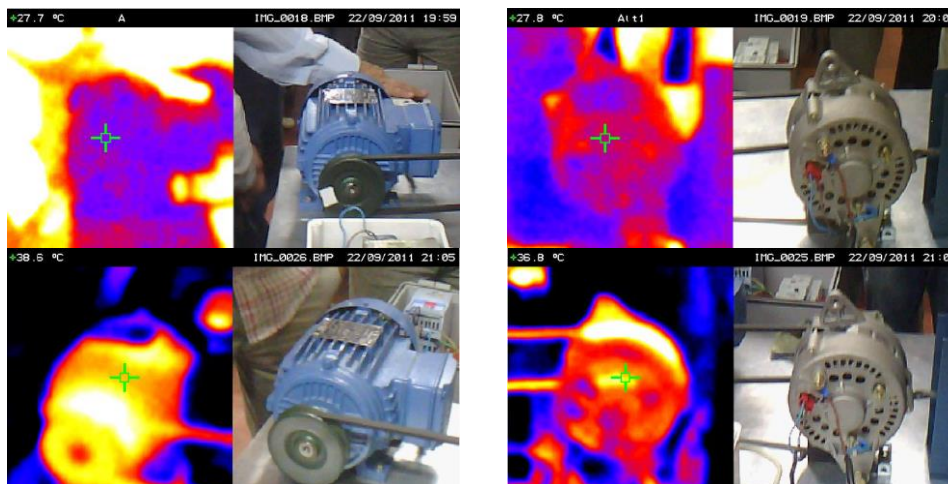


FIGURA 3. Lámpara estroboscópica y data logger

4. Resultados

Para brindar una idea de los alcances de las experiencias, en la Figura 4 se muestran las imágenes termográficas para diferentes condiciones del circuito que se explican a continuación. Los valores de las variables medidas se encuentran en la Tabla 1. Es notable el incremento de temperatura con el aumento de la carga eléctrica.

- Condiciones iniciales (sistema en vacío): Todos los demás componentes están desconectados y se mide con la cámara termográfica las temperaturas del motor y del alternador, las cuales son equivalentes a la temperatura ambiente (que es de 27-28°C).
- Condición final (conexión de la carga al sistema): A partir de esta condición inicial se comienzan a alimentar eléctricamente todos los componentes: variador de velocidad, motor y campos magnéticos del alternador. Por último se coloca una carga electromecánica (compresor de 12V) sobre la salida del alternador. Esto permite comparar la evolución de variables eléctricas y de las imágenes termográficas para distintas condiciones de carga del sistema.



Imágenes termográficas inicial y final del motor

Imágenes termográficas inicial y final del alternador

FIGURA 4. Imágenes termográficas

TABLA 1: Valores de las variables medidas

Actividades a desarrollar en practico de laboratorio eléctrico	V1 (V)	V2 (V)	V3 (V)	V4 (V)	Frecuencia variador (Hz)	Velocidad motor (rpm)	Corriente por fase motor (A)	Corriente campo alternador (A)	Corriente salida alternador (A)	Temp motor (°C)	Temp alternador (°C)
Medición de tensión de alimentación V1. Medición de temperatura inicial de motor, alternador y variador.	222,5	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27,8
Activar el variador de velocidad (ready) y regular la velocidad motor en 1000 rpm. Medir el consumo de corriente por fase del motor y variador.	222,5	0	0	0	17,4	1000	1,1	0	0	28	27,8
Conexión de la fuente de alimentación al campo del alternador. Medición de tensiones, corrientes y formas de onda en la fuente y en el campo del alternador	222,5	12	13,65	14	17,4	925	2,5	2,7	0	28	27,8
Conectar una carga al alternador (lámpara, otra) y medir consumo. Medir la nueva corriente de consumo del motor y su velocidad de giro. Medir la temperatura del motor y alternador.	222,5	12	13,65	8,3	17,4	746	2,5	2,6	4,6	38,6	36,8
Ajustar el variador para recuperar los 1000 rpm. Medir el nuevo consumo de corriente por fase del motor y variador.	222,5	12	13,65	10,8	29,3	994	3,2	2,7	5	52	42

Los resultados obtenidos en los prácticos son analizados en una clase posterior, donde se relaciona el nivel de degradación y sollicitación de los equipos con los valores de las variables monitoreadas.

Con respecto al práctico de vibraciones mecánicas, se realiza en el Laboratorio de Aeronáutica sobre los elementos rodantes (turbina de 9 palas) que están acoplados al eje del motor de un túnel de viento. Se miden las vibraciones mediante el uso de acelerómetro y la velocidad de giro de las aspas del motor mediante una lámpara estroboscópica (Figura 5).



FIGURA 5. Mediciones en el Laboratorio de Aeronáutica

El colector de datos arroja informes como el que se muestra en la Figura 6. Los alumnos son instruidos sobre la forma de analizar estos espectros y relacionarlos con el funcionamiento del equipo medido.

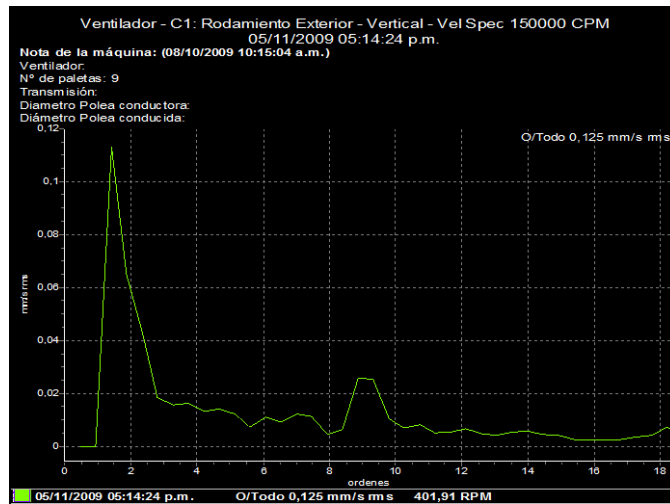


FIGURA 6. Salida del colector de datos

Cabe destacar que las encuestas realizadas a los alumnos al finalizar el proceso indican un alto grado de satisfacción con la modalidad empleada por la Cátedra. La estrategia usada incentiva el interés de los alumnos por el estudio de la especialidad, lo que se ve reflejado en un elevado porcentaje de estudiantes que promocionan la asignatura.

5. Conclusiones

La adecuada combinación entre el desarrollo de conceptos teóricos relacionados con la gestión del mantenimiento y la implementación de trabajos prácticos tanto en empresas del medio como en laboratorios de ingeniería, permiten garantizar un nivel de formación integral teórico-práctico de los alumnos acorde a las actuales necesidades de un mercado laboral cada vez más exigente. Esto permitirá que los futuros egresados aporten a las organizaciones en las que desempeñen su labor profesional una visión más racional sobre la gestión de sus activos y logren un nivel de confiabilidad del equipamiento que permita alcanzar los objetivos de eficiencia y productividad fijados como meta.

36TCE. UTILIZACION DE ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS INNOVADORAS PARA LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS FISICOS APLICADOS A ALIMENTOS: ESTUDIOS DE VISCOSIDAD EN UN ALIMENTO FLUIDO

TAMAÑO, G¹; MAFFIOLY, R. H. E. ¹; PISONERO, M. O ¹

¹Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL) - Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) – 3200 Concordia (E.R.) – Argentina – tamanog@fcal.uner.edu.ar

Resumen: En la carrera de Ingeniería de Alimentos la cátedra de Física I se dicta en el primer año. Este trabajo en particular se pensó como un recurso para facilitar la comprensión y a su vez motivar la participación de los alumnos en la implementación de trabajos de laboratorio aplicando conceptos de la física para el estudio de los alimentos. Adoptamos como estrategia el estudio de la viscosidad en miel, fluido no newtoniano. Para ello se diseñó un plan de trabajo que conjuga la disponibilidad del equipamiento del Departamento de Física y de otras áreas como la del Laboratorio de Análisis de Miel y Productos de la Colmena, como así también de Tecnología de la Conservación, llevando a cabo una práctica integradora.

La experiencia propuesta consiste en la medición de viscosidad a temperatura constante de una muestra de miel fluida procedente de la región a la cual se adicionan diferentes alícuotas de jarabe de glucosa. Estas mediciones se efectúan utilizando un viscosímetro marca Brookfield modelo LVT acondicionado con el accesorio Helipath.

A través de este ensayo se logran articular los conceptos físicos correspondiente al parámetro viscosidad y su variación con el agregado de glucosa, frecuentemente utilizada como adulterante en la miel.

Esta actividad contribuye a estimular el interés de los alumnos en el estudio de los conceptos físicos como herramienta que les permitirá comprender y adquirir criterios propios de la ciencia y tecnología de los alimentos.

1. Introducción:

La viscosidad de los alimentos, es una propiedad que normalmente tiene una importancia fundamental en el procesado, transporte y almacenamiento de los mismos.

La miel es un alimento que se considera un fluido no newtoniano. La viscosidad de la miel depende de distintos aspectos dentro de los cuales están su composición y la temperatura. El contenido de agua de la miel es uno de los factores determinantes de esta propiedad. En general, cuando el contenido de agua se incrementa la viscosidad de la miel disminuye su magnitud (Zaitoun et al. ,2001). Cabe señalar que el contenido de agua es uno de los factores que mas afectan sobre la operación de almacenamiento y el mantenimiento de la calidad (White, 1975).

El agregado de glucosa es una práctica que suele usarse para adulterar la miel, en este trabajo el estudio de la variación de la viscosidad de la miel con el agregado de glucosa se propone como un método que nos permita visualizar esta adulteración.

2. Objetivos:

1. Abordar la enseñanza de la Física teniendo en cuenta el perfil del Ingeniero en Alimentos
2. Capacitar a los alumnos en el manejo de equipamientos existentes en la facultad.

3. Articular contenidos de Física 1ER Curso con otras asignaturas de la carrera de Ingeniería en Alimentos.
4. Determinar la viscosidad de una miel y su variación con el agregado de glucosa.

3. Materiales y métodos

Para la experiencia se parte de una muestra de miel y otra de jarabe de glucosa, a partir de las cuales se preparan cuatro muestras para realizar el estudio:

M1: miel pura

M2: miel con agregado de 10% de glucosa

M3: miel con agregado de 20% de glucosa

M4: miel con agregado de 30% de glucosa

Actividades para alumnos

- 1.- Introducción teórica sobre viscosidad y la importancia de éste parámetro en los alimentos.
- 2.- Charla sobre la miel y sus características de composición y propiedades físicas.
- 3.- Trabajo en laboratorio:

Se preparan las muestras según el esquema estipulado y luego se procede a realizar las mediciones utilizando un viscosímetro marca Brookfield modelo LVT acondicionado con el accesorio Helipath, se usa el Spindle 2 y se realizan las mediciones fijando la Temperatura de trabajo en 40°C. Con viscosimetría rotacional, se determina viscosidad aparente para la miel pura, con una determinada fuerza de torsión y variando la velocidad angular. Luego se procede de la misma manera con todas las muestras y se calcula la viscosidad aparente promedio.



Foto 1: Ensayo de determinación de viscosidad absoluta

Paralelamente se efectúa la medición de densidad de cada muestra y por refractometría se mide la concentración de sólidos solubles (°Brix) de la glucosa y de todas las muestras.

4.- Construcción de tablas y gráficas. Cálculo e interpretación de resultados. Elaboración de informes.

4. Resultados y discusión:

Como un paso previo a la determinación de viscosidad de las muestras se procede a la medida de la concentración de azúcares del jarabe de glucosa utilizados para preparar las muestras para el estudio y de la miel pura. Asimismo, en la Tabla 1, podemos ver los resultados de la medición de la concentración de sólidos solubles (°Brix) de todas las muestras. Se evidencia que las muestras adicionadas con glucosa presentan valores más elevados de concentración de azúcares que la miel original.

Glucosa: 82°Brix

Miel: 76,2 Brix

MUESTRA	°Brix
M1	76,2
M2	76,5
M3	77,1
M4	77,8

Tabla 1. Valores de °Brix de las muestras estudiadas

En la Tabla 2 se informan los valores de viscosidad aparente de la miel pura para las distintas velocidades angulares aplicadas de manera de obtener indirectamente los gradientes de velocidad ensayados. En la Figura 1 se presenta la relación entre ambos parámetros. A partir de la línea de tendencia obtenida, se evidencia que el fluido presenta un comportamiento no newtoniano.

Viscosidad Aparente (mPa.s)	Velocidad Angular (rpm)
250	0,6
410	1,5
440	3
445	6
448	12

Tabla 2. Valores de Viscosidad Aparente medidos para la Miel Pura a diferentes velocidades angulares

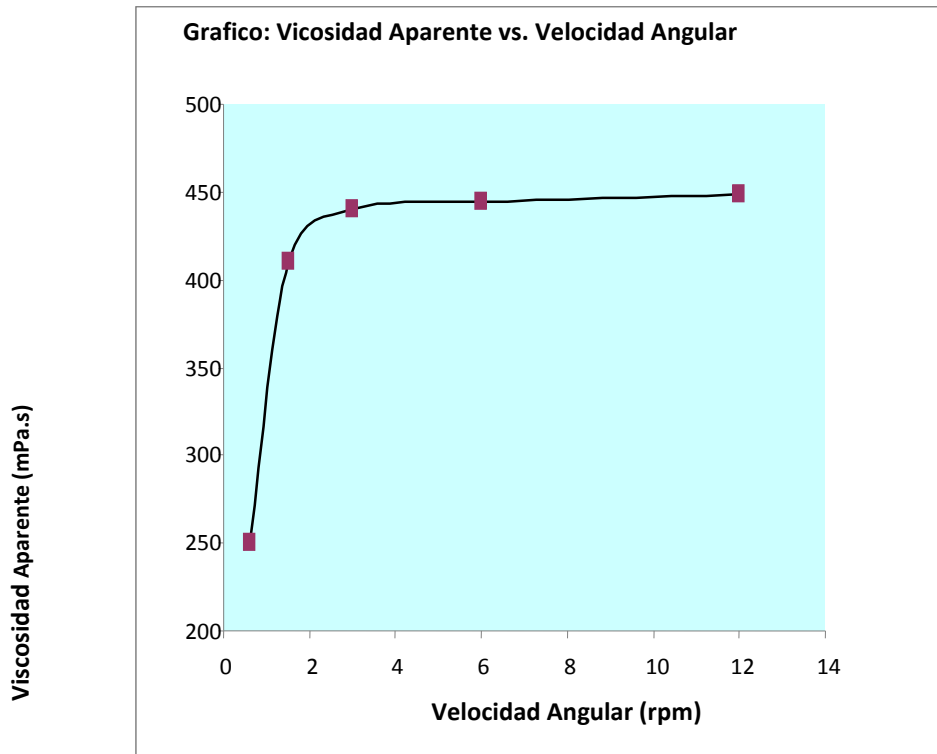


Figura 1. Grafico de variación de la viscosidad absoluta frente a la velocidad angular aplicada.

En la Tabla 3 se muestran los valores promedio obtenidos para la viscosidad aparente en las muestras estudiadas, y en la Figura 2 vemos la grafica que relaciona la variación de la viscosidad aparente frente al % de glucosa agregado a la miel. La grafica nos muestra un aumento de la viscosidad al aumentar el % de glucosa agregado a la miel, observándose una tendencia de tipo polinómica y que responde a la ecuación que aparece en la misma figura.

Muestra	% Glucosa Agregado	Viscosidad Aparente Promedio (mPa.s)
M1	0%	411,57
M2	10%	416,94
M3	20%	435,60
M4	30%	524,89

Tabla 3. Valores de % de glucosa y viscosidad aparente promedio obtenidos para las muestras estudiadas

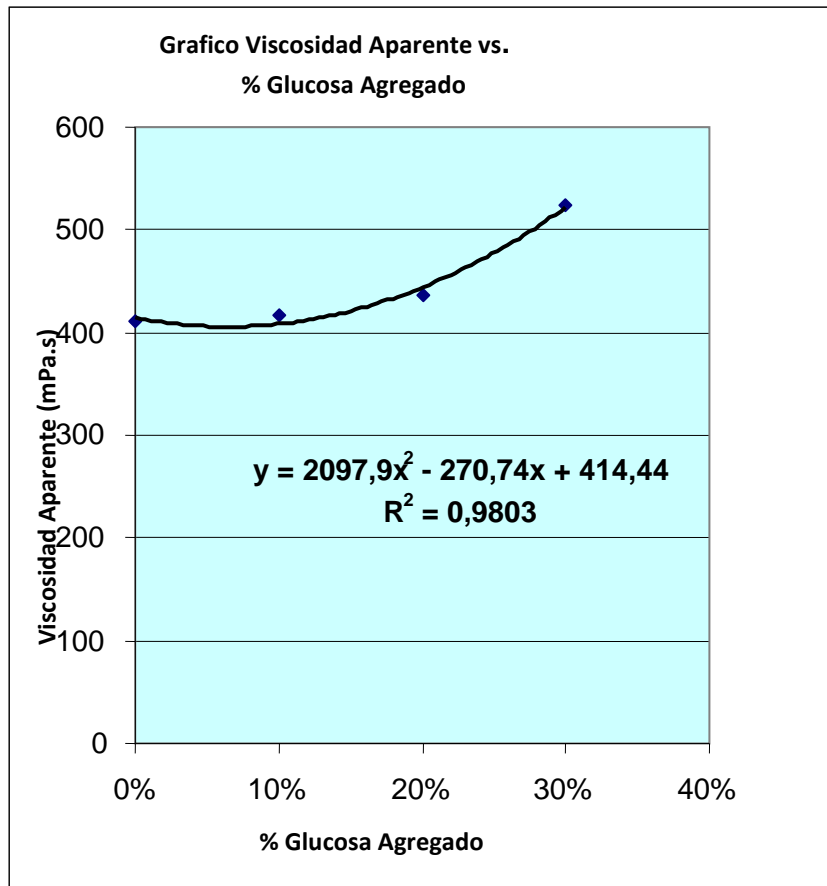


Figura 2. Gráfico de variación de la viscosidad aparente frente al % de glucosa agregado a la miel a 40°C de temperatura.

En la Tabla 4 se expresan los valores de densidad medidos para las distintas muestras, estos valores son utilizados para el cálculo de la Viscosidad Cinemática aplicando la ecuación 1.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (1)$$

Siendo: v : Viscosidad cinemática, μ : viscosidad dinámica , ρ : densidad del fluido.

MUESTRA	DENSIDAD (Kg/cm ²)
M1	1,376
M2	1,364
M3	1,352
M4	1,345

Tabla 4. Valores de densidad medidos para cada muestra estudiada.

Los valores de Viscosidad Cinemática calculados, expresados en stokes, se enuncian en la Tabla 5. En la misma también se presentan los valores de Viscosidad Aparente expresados en poises. Se evidencia que con el agregado de glucosa aumentan ambos parámetros de Viscosidad.

Muestra	Viscosidad Aparente (poises)	Viscosidad Cinemática (stokes)
M1	4,12	2,99
M2	4,05	2,97
M3	4,36	3,22
M4	5,25	3,90

Tabla 5. Valores de Viscosidad Aparente y de Viscosidad Cinemática para cada muestra estudiada

5. Conclusiones:

En relación a los objetivos planteados para la realización de este trabajo, podemos concluir que esta experiencia le permite al alumno abordar los conceptos de la física con un enfoque aplicado a la ciencia y tecnología de los alimentos.

Los ensayos realizados con la miel pura hacen posible observar el comportamiento no newtoniano del producto.

Los datos obtenidos en los ensayos permiten observar como incide el agregado de glucosa en la variación de la viscosidad aparente y de la viscosidad cinemática. Estas correlaciones pueden permitir visualizar una posible adulteración de la miel con jarabe de glucosa.

6. Bibliografía:

- Alonso, M. y Finn, E. J. (1976). *Física I: Mecánica*. Wilmington, Addison Wesley Iberoamericana.
- Fernandez, J. y Galoni, E. E. (1978). *Trabajos Prácticos de Física*. Buenos Aires, Nigar.
- Serway, R.A. y Faughn, J.S. (2001). *FISICA* Pearson Educación, Mexico
- Resnick, R. y Halliday, D. (1985). *Física : parte 1*. Mexico, Compañía Editorial Continental.
- Resnick, R. y Halliday, D. (1985). *Física : parte 2*. Mexico, Compañía Editorial Continental.
- Sears, F. W. y Zemansky, M. W. (1999). *Física Universitaria ,VOLUMEN I* 9NA. EDICION 1999.
- Reese, R.L. (2002). *Física Universitaria, Volumen I*, Internacional Thompson Editores.
- White Jr., J.W. (1975). Physical characteristics of Honey. In E. Crane (Ed), *Honey, a comprehensive survey*. Heineman. London.
- Zaitoun, S. *et al.* (2001). Rheological properties of selected light colored Jordanian honey. *International journal of Food Properties* 4, 139-148.

37TCE. EL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO EN CAMPOS GRAVITACIONALES UNIFORMES Y LAS TIC'S: UNA EXPLORACIÓN DESDE LA TEORÍA DE VERGNAUD

SERRANO, G.M.^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 343- (5600) San Rafael, Mendoza – Argentina

2. Instituto de Enseñanza Superior 9-011 – Maza 750- (5600) San Rafael, Mendoza – Argentina

gracielamariaserrano@gmail.com

Resumen: Se presentan resultados de la indagación realizada con alumnos de física elemental del Nivel Superior sobre el movimiento de proyectiles en campo gravitacional uniforme, en el marco de la Teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud. El propósito del trabajo fue relevar los posibles invariantes operatorios de los alumnos en el campo conceptual de la mecánica, al resolver cuestiones relativas al tema antes y con el uso de una herramienta virtual como estrategia de enseñanza, al tiempo de poder conjeturar sobre la potencialidad de esta herramienta como recurso para el aprendizaje del tema. Como instrumentos se emplearon cuestionarios escritos antes del uso de simulador virtual, y el informe elaborado por los alumnos luego de la realización de la experiencia con el simulador. Del análisis de los cuestionarios escritos preliminares al uso de la herramienta virtual, puede afirmarse que los conceptos en acto dominantes son velocidad, trayectoria, masa y parábola, y los teoremas en acto se reducen a expresiones simbólicas en general descontextualizadas y desprovistas de significados. Tras la realización de la experiencia con el simulador, los alumnos parecieran adquirir algunas destrezas inherentes a la formulación de sus razonamientos, utilizando tanto representaciones lingüísticas como pictóricas, pero destacándose la prevalencia de los criterios explicativos empleados en los primeros diagnósticos. Los resultados de esta investigación de tipo exploratoria se emplearon para construir instrumentos diagnósticos para un estudio posterior del movimiento de cargas en campos electromagnéticos uniformes, siempre en el marco de la Teoría de los campos conceptuales.

1. Introducción

La enseñanza-aprendizaje del tema movimiento de cuerpos en campos gravitatorios, eléctricos y magnéticos uniformes presenta dificultades, las cuales se evidencian, entre otros aspectos por: dificultad de los alumnos de modelizar las situaciones relacionadas al tema, escasa capacidad de relacionar los fenómenos estudiados mediante la aplicación de leyes generales, pobreza argumentativa al momento de dar cuenta de los razonamientos. La investigación bibliográfica muestra estudios realizados desde hace más de dos décadas relativos a la problemática del aprendizaje de conceptos del campo conceptual de la mecánica, insistiendo especialmente en las dificultades interpretativas de las leyes de Newton (Valente, 1992), la prevalencia de concepciones aristotélicas (Cudmani, 1991), la aplicación repetitiva de algoritmos en la resolución de problemas (Sanchez Soto, 2009). Estos estudios señalan que la experiencia cotidiana sumada a la pobreza en las representaciones pictóricas y simbólicas, actúan acentuando la dificultad de aprendizaje al momento de la enseñanza del tema, por lo cual pareciera ser necesario recurrir a otras herramientas para favorecer la modelización del fenómeno; esta herramienta puede ser las herramientas virtuales (a las que llamaremos simuladores) provistas por las TIC's (o NTIC, Nuevas Tecnologías de la Información y la comunicación). El uso del simulador permite

modificar condiciones de trabajo, contrastando las respuestas provisorias y conjeturas con los cálculos efectuados en el papel y las respuestas del simulador.

El uso de TIC's en educación es un tema que se está estudiando, desde hace varios años, por numerosos investigadores, en particular en la enseñanza de la Física en el marco de las Ciencias Naturales (García Barneto; M. Gil; Kofman; Marchisio; Campanario; Giorgi). Algunos de estos investigadores no dudan en afirmar que *“en general el proceso de incorporación de las NTIC al ámbito educativo y, en particular, a la enseñanza de las ciencias ha sido poco estudiado”* (García Barneto et al, 2006).

Desde el gobierno nacional argentino, se busca la implementación de las TIC's en las escuelas mediante programas como Conectar Igualdad (<http://conectarigualdad.com.ar/2010>) reconociendo de este modo la necesidad imperiosa de dotar a los alumnos de herramientas de aprendizaje que involucren la potencialidad de la informática y de la web, al tiempo de lograr la alfabetización científica tan declarada. En la actualidad, las políticas educativas argentinas están impulsando la formación docente en el uso de estas tecnologías, con capacitaciones específicas (http://red.infed.edu.ar/formacion_ver.php?id=8) que tienen entre sus fines que los docentes participantes *“diseñen propuestas de enseñanza orientadas a la comprensión utilizando tecnologías de la información”*. Para afrontar las exigencias educativas actuales se requiere la producción de recursos educativos mediante el uso de tecnología informatizada, como la que se analiza en esta propuesta de investigación.

En particular, las TIC's en la enseñanza de la Física se corresponden, estrechamente, con el uso de estas herramientas para simular fenómenos de difícil (o imposible) realización en el laboratorio, o para simular aquéllos que, si bien pueden realizarse en el laboratorio, el control de múltiples variables dificulta la obtención de conclusiones. Así se han ido implementando los softwares de simulación de Física (también llamados laboratorios virtuales) para complementar las clases tradicionales en búsqueda de mejorar el aprendizaje de los alumnos en Física.

Del mismo modo que en aprendizaje natural (mediante interacción con la realidad cotidiana) se producen modificaciones, partiremos de la base que en el aprendizaje en ciencias se debe producir modificaciones o creación de nuevos modelos mentales, cercanos al modelo científico, en gran cantidad de casos (Kofman, 2002). El modelo mental del alumno, su representación sobre el mundo físico, ha de pasar al modelo físico idealizado (modelo conceptual) el cual incluye un modelo matemático. Así, los denominados laboratorios virtuales (simuladores) pueden contribuir al desarrollo de modelos mentales favoreciendo instancias de contrastación de las respuestas explicativas de los alumnos con la simulación, y de los alumnos con el grupo, permitiendo así la construcción de los modelos conceptuales para el alumno en el marco de una propuesta de aprendizaje colaborativa.

Concebido el conocimiento como proceso de adaptación (Vergnaud, 1990), el conocimiento científico se construye, con una participación esencial del docente. A este conocimiento científico lo consideramos organizado en campos conceptuales (los cuales se conciben como un conjunto de problemas y situaciones), de los que forman parte conceptos, representaciones simbólicas, operaciones del pensamiento y procedimientos. La Teoría de los campos conceptuales de Gerard Vergnaud es una teoría Psicológica que parte de la premisa que el conocimiento está organizado en grandes campos conceptuales. En el caso de la Física clásica podemos citar los campos conceptuales del Electromagnetismo, la Mecánica y la Termodinámica. El objetivo de la teoría de los campos conceptuales es propiciar una estructura para la investigación sobre actividades cognitivas complejas, en especial el aprendizaje del conocimiento científico (Llancaqueo et al., 2003). Estos campos conceptuales se definen como conjuntos de situaciones y problemas. Las situaciones que

conforman los campos conceptuales, podemos pensarlas como una combinación de tareas y problemas; y el conocimiento adquiere sentido como resultado de la interacción entre la situación presentada y los sistemas de representaciones de que se disponga. Como ejemplos de situaciones podemos mencionar: la resolución de ejercicios, la interpretación de gráficos, la elaboración de conjeturas, la resolución de problemas.

En el marco de la construcción de modelos conceptuales, el uso de simuladores virtuales (concebidos como ejemplos de TIC's) para indagar el comportamiento de fenómenos difíciles o imposibles de cuantificar y controlar en el laboratorio, puede brindar "situaciones" y constituirse en una herramienta valiosa para construir significados. Giacosa (2008) expone con claridad "*las TICs, entendidas como recursos de nuestra cultura, instrumentos de mediación y herramientas cognitivas, ejercen actualmente una influencia cada vez mayor en la enseñanza formal*".

El esquema mental del alumno se reconstruye a partir de la interacción entre la situación y la representación que hace de la misma (condicionada a sus conocimientos, capacidad de vinculación con conocimientos anteriores, habilidades representación, etc.). Podemos considerar que diferentes elementos permiten organizar el esquema del alumno: **objetivos y anticipaciones** (reconocer el objetivo de las actividades, ver que se espera); las **reglas de acción** (son las que dan continuidad al proceso de transformación de lo real para poder lograr una conclusión); **invariantes operatorios** (formados por la base conceptual que posee el sujeto, constituidos por conceptos y teoremas, son los que permiten seleccionar la información relevante y los criterios para transformarla, seleccionando las reglas de acción más adecuadas para lograr una interpretación final) y la **posibilidad de inferencia** (es decir el conjunto de razonamientos que es capaz de formular el alumno, están en su esquema, y le permiten anticiparse desde una actividad concreta para elaborar una solución o conclusiones).

Desde la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, un **concepto** pueden definirse como un triplete formado por las **situaciones** que le dan sentido, los **invariantes operatorios** que permiten la operacionalidad del esquema del alumno, y las **representaciones** o formas de lenguaje que permiten representar simbólicamente el concepto : $C = \{S, IO, R\}$. Las situaciones (S) corresponden a la realidad, mientras que los invariantes operatorios (IO) y su representación (R) son aspectos de pensamiento (Llancaqueo, 2003). El concepto va construyéndose conforme el individuo le asigna significados, los cuales deberán hacerse explícitos mediante las representaciones; esta asignación de significados se logra mediante la realización de tareas (entendidas siempre como conjunto de situaciones y problemas).

En nuestro estudio, y adhiriendo a la organización propuesta por Llancaqueo (2006) para indagar sobre el concepto de "campo", el concepto científico a indagar, correspondiente al campo conceptual del movimiento de cargas en campos, podemos verlo como $C_{\text{movimiento}} = \{S, IO, R\}$, entendiendo por: S al conjunto de situaciones vinculadas al movimiento de proyectiles; IO: es el conjunto de invariantes operatorios no sólo de la Física sino también de la Matemática (significados de la Física, relaciones, significados y relaciones matemáticos); R es el conjunto de todas las representaciones, simbólicas y pictóricas, tanto de la Física como de la Matemática.

Para analizar los posibles invariantes operatorios puede recurrirse al análisis de los argumentos que éstos formulan, entendiendo argumento (según Toulmin, 1979) como una estructura compleja de datos que involucra un movimiento que parte de una evidencia y llega a una aserción. Argumentar es así ofrecer una serie de pruebas o razones que avalen una conclusión. Indudable es, a la luz de las investigaciones de las últimas décadas (Driver, Osborne, Newton, 2000; Henao, Stipcich, 2008) el papel del lenguaje en la construcción de explicaciones científicas y del conocimiento en general.

2. Objetivos

Indagar los posibles conceptos y teoremas en acto de los alumnos relativos al movimiento de partículas en un campo gravitacional uniforme.

Analizar la prevalencia de los invariantes operatorios en las argumentaciones usadas por los alumnos para explicar y fundamentar situaciones mediadas por TIC's.

3. Metodología

Este trabajo de tipo exploratorio se desarrolló con alumnos de Física elemental (con contenidos de mecánica) en una Institución educativa de Nivel Superior la cual cuenta con salas de informática con conexión a Internet, y con computadoras de última generación e impresoras que pueden ser usadas libremente por los alumnos. Los alumnos tienen conocimientos básicos de informática y de uso de Internet, por haber cursado materias anteriores que involucraban estos contenidos, no obstante se realizó una aproximación al uso de los simuladores (applets) dado que los mismos eran desconocidos.

Se indagaron de manera exploratoria los posibles conceptos y teoremas en acto de los alumnos mediante cuestionarios, y a través del análisis de sus argumentaciones en informes de laboratorio virtual.

El conjunto S de situaciones para este trabajo preliminar está formado por {S1, S2}, siendo S1: cuestionario diagnóstico con información presentada en diferentes formatos; S2: laboratorio virtual-

Para la situación S2, se accedió al sitio (<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>). Este recurso se implementó luego de los desarrollos teóricos y ejercitaciones de lápiz y papel, teniendo como objetivo el propiciar la elaboración de conjeturas referidas a las variables o factores que condicionan el movimiento de proyectiles en campos gravitatorios uniformes, y fomentar la elaboración de argumentaciones para indagar sobre la disponibilidad conceptual de los alumnos. Para el uso del simulador contaron con una guía y el informe debía ser presentado por Internet o en papel. Se conformaron seis grupos de alumnos para realizar la actividad y presentar el correspondiente informe. Para la situación S1 se diseñaron cuestionarios escritos los cuales debieron contestarse en forma individual en clases.

4. Resultados

Situación diagnóstica S1: La mitad de los alumnos reconocen conceptos físicos en un enunciado gráfico, al identificar correctamente la gráfica presentada como una "trayectoria". Casi la tercera parte alude al concepto matemático (responde que representa una parábola). El resto responde incorrectamente, no identificando ni conceptos físicos ni tampoco matemáticos (por ejemplo, aluden a un movimiento de caída libre o a interpretar al eje x como "alcance" y al eje y como "altura"). La mayoría de los alumnos identifica como el factor fundamental del cual depende la trayectoria la velocidad y el ángulo de lanzamiento, en tanto no consideran relevante la aceleración de la gravedad.

Situación S2: En tanto a los informes de los alumnos, dos terceras parte de los grupos usa tablas para organizar los datos, y la misma proporción emplea pantallas para justificar sus respuestas. Realizan inferencias a partir de las pantallas mostradas por el simulador, pero en general no presentan el sostén del cálculo matemático (propiedades, principios y leyes) que avalan sus respuestas. Este aspecto se manifiesta al responder, por ejemplo, ¿Para qué ángulo de lanzamiento el alcance es máximo?, situación en la que, en general responden correctamente pero sin construir un argumento que fundamente su el resultado mostrado.

Hay un alumno que recurre al modelo de proporcionalidad directa, argumentando “a mayor ángulo de lanzamiento mayor alcance”, mostrando que la “proporcionalidad directa” es un teorema en acto que domina fuertemente las respuestas aun en el Nivel Superior. Esta dificultad para poner en acción los conceptos físicos y matemáticos, y las relaciones entre ellos, es la que muestra el bajo nivel de respuestas satisfactorias a la cuestión ¿Para qué ángulo de lanzamiento el alcance es mínimo?; un único alumno hace referencia que se comporta como “caída libre”, mostrando así una vinculación entre el estudio de diferentes movimientos.

Un aspecto por demás difícil pareciera ser el graficar, no a partir de la función matemática, sino desde información brindada en lenguaje coloquial: al solicitarse graficar la trayectoria, sobre la gráfica dada al comienzo, si la velocidad de lanzamiento se duplica, y el ángulo es el mismo, menos de la mitad representa correctamente la trayectoria, en la cual se modifica tanto el alcance como la altura máxima, los cuales aumentan, sin afectarse el ángulo de lanzamiento. Otros alumnos, aproximadamente la cuarta parte, representa igual altura y mayor alcance, otros igual altura y menor alcance, mientras que algunos no representan. Todos los alumnos representan correctamente “parábolas”, pero no analizan los factores que modifican su forma. Las justificaciones empleadas para dar cuenta de la relación entre alcance y ángulo de lanzamiento son, en general, exclusivamente expresiones matemáticas simbólicas que no justifican nada. Pareciera que menos de la mitad del grupo reconoce correctamente en el “dibujo” presentado el fenómeno físico, de modo de poder verbalizar el significado; pero este grupo que “parece reconocer el fenómeno” en general no puede hacer predicciones correctas sobre el cambio en la trayectoria al modificar un parámetro.

Podemos afirmar que este simulador muy simple, como herramienta de las TIC's, permite a los alumnos: construir tablas y gráficas para interpretar la dependencia entre velocidad, ángulo de lanzamiento, tiempo de vuelo y alcance favoreciendo así la construcción de significados con una herramienta informática de fácil acceso. Si bien ofrece un tratamiento alternativo al fenómeno que resulta interesante para elaborar y probar conjeturas tanto cualitativas como cuantitativas, deberá ser acompañado por indicaciones muy precisas del docente para optimizar el uso del recurso. El desarrollo de argumentaciones adecuadas al Nivel Superior de educación es un aspecto que deberá trabajarse con mayor intensidad desde las diferentes obligaciones curriculares.

5. Conclusiones

Respecto a los conceptos que conforman los posibles invariantes operatorios del grupo en estudio usados al estudiar el movimiento de proyectiles, éstos son velocidad, trayectoria, masa, parábola, mientras que los posibles teoremas en acto corresponden a “a mayor velocidad mayor alcance” y reglas matemáticas de las cuales no se muestra una interpretación ni aplicación criteriosa de las mismas. Sólo la tercera parte de los alumnos reconoce en un esquema una representación de una situación física, lo cual parece evidenciar que las representaciones pictóricas (gráfico, por ejemplo) no conforman el concepto de “movimiento” en los esquemas mentales de los alumnos al momento de resolver problemas. En este grupo es fuerte la presencia de invariantes operatorios matemáticos, evidenciados por el uso (no siempre correcto) de símbolos y fórmulas, muchas veces se dan en el contexto de respuestas que no muestran la comprensión del fenómeno: En general todo el grupo recuerda fórmulas que muestran para dar justificaciones, aunque no siempre éstas son pertinentes. Si bien la mayoría del alumnado jerarquiza correctamente los factores que condicionan el movimiento en estudio, sólo la mitad está en condiciones de predecir modificaciones en trayectorias al cambiar alguno de estos factores, por lo que estos posibles conceptos en acto no parecieran vincularse entre sí mediante relaciones que les permitan resolver problemas.

En tanto al uso del simulador éste parece favorecer el desarrollo de habilidades vinculadas a la transformación de los datos, como es la elaboración de tablas, y en tal sentido colabora con el desarrollo de competencias inherentes a la formación en ciencias. Puesto que los alumnos también incorporan, junto con las tablas, pantallas del simulador para las diferentes situaciones en estudio, se observa un acercamiento al uso de diferentes lenguajes como respaldo a sus argumentaciones. Sin embargo, los alumnos, en general, no revisan la coherencia en sus argumentaciones, entre los datos proporcionados por el simulador y el respaldo científico y matemático al respecto. La garantía de sus argumentos es esencialmente mediante fórmulas matemáticas, pero éstas no se desprenden de las tablas confeccionadas con los datos del simulador: El lenguaje dominante es el matemático simbólico, con poco uso del lenguaje coloquial. Así manifiestan escasos teoremas en acto propios de la Física, los que muestran son esencialmente principios matemáticos.

6. Bibliografía

- Alfonso A. (2004) Prácticas de laboratorio de Física general en internet. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/Numero2/ART6_Vol3_N2.pdf (consultado 30/10/2010)
- Arrieta, X. y Delgado, M. (2003) Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica. Enlace. [online]. abr. 2006, vol.3, no.1 [citado 11 Mayo 2011], p.63-76. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-75152006000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1690-7515.
- Campanario, J. M. (2002). ¿Qué aportan las simulaciones por ordenador al aprendizaje de los alumnos? <http://www2.uah.es/jmc/webens/242.html#ar> (consultado: 3/12/2009)
- Catalán, L., Serrano, G. y Concari, S. (2005). Representaciones de los alumnos de una barra cargada. Memorias CLICAP, San Rafael, Mendoza.
- Catalán, L; Serrano, G. y Concari, S. (2010) Construcción de significados en alumnos de nivel básico universitario sobre la enseñanza de Física con empleo de software. RMIE [online]. 2010, vol.15, n.46 [citado 2011-05-20], pp. 873-893. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662010000300009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1405-6666.
- Comisión Nacional para el mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática Informe final (agosto 2007). En: http://www.me.gov.ar/doc_comision.html (Encontrado: 10/12/2009)
- Concari, S. (2005) El modelado y la resolución de problemas: ejes para la enseñanza de la Física para ingenieros. <http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Concari.htm> (consultado: 30/3/2011)
- Cudmani, L.; Salinas y Pesa, M. (1991) La generación autónoma de conflictos cognoscitivos para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física. Enseñanza de las Ciencias, 9 (3). Versión digital en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39897/93144> (encontrado 30/3/2011)
- García Barneto A. y Gil Martín M. (2006) Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias. <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art1.pdf> (consultado 10/5/2011)
- Jhonson Laird, P. (1983) Mental Models. Harvard University Press. Cambridge

- Marchisio S.; Plano M.; Ronco J.y O. Von Pamel (2004). Experiencia con uso de simulaciones en la enseñanza de la Física de los dispositivos electrónicos. Memorias del primer congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia. http://www.ateneonline.net/datos/53_03_MARCHISIO_SUSANA.pdf (consultado: 3/12/2010)
- Moreira, M (2000) La teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud, la Enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf> (encontrado 30/3/2011)
- Sánchez Soto, I.; Moreira, M. y Caballero Sahelices, C. (2009) Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 17 N° 1, 2009. Versión digital en: <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v17n1/art04.pdf> (encontrado 30/3/2011)
- Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): ¿Qué nuevos debates instalan para la enseñanza universitaria? Colección de Cuadernillos de actualización para pensar la Enseñanza Universitaria. Año 3. N° 3 . Septiembre de 2008. Encontrado en versión digital en:<http://www.unrc.edu.ar/unrc/academica/pdf/m-m-hraste-sept08.pdf> (consultado 10/3/2011)
- Valente, M.; Neto, A. (1992) El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades de aprendizaje en Mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10. Versión digital en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39891/93172> (encontrado: 30/3/2011)
- Vergnaud, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23).

38TCE. LA RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES EN EL CONTEXTO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

CALIGARIS, M. G.; RODRIGUEZ, G.B.; LAUGERO, L.F.; LIRIA, L.V.

**Grupo Ingeniería & Educación – Facultad Regional San Nicolás – Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 (2900) San Nicolás – Argentina
E-mail: gie@frsn.utn.edu.ar**

Resumen: Muchas veces los estudiantes de ingeniería no tienen en claro por qué es necesario estudiar ciertos conceptos matemáticos debido a que se los presenta en forma aislada de las demás asignaturas de la especialidad. Por esta razón, plantear la matemática dentro del contexto de un problema no sólo permite despertar el interés del alumno sino también lograr un aprendizaje significativo e integral.

En este trabajo se presenta una secuencia de actividades que puede usarse tanto como introducción en la enseñanza de métodos numéricos para problemas de valor inicial, como para la aplicación de los mismos en el estudio de circuitos eléctricos. En la misma se utilizó una herramienta que ha sido diseñada por las autoras con el software Scilab.

1. Introducción

La enseñanza tradicional de los métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias suele caracterizarse por conceder demasiada importancia a los desarrollos algorítmicos y al manejo procedimental y mecánico de los aspectos simbólicos de los objetos matemáticos. Esto hace que los estudiantes construyan un conocimiento matemático parcial constituido principalmente por algoritmos y no puedan otorgar significado a las ideas básicas de los métodos numéricos.

La situación planteada provoca, en ocasiones, que los alumnos no sepan por qué es necesario aprender ciertas nociones de análisis numérico y esto demerita la motivación hacia esta rama de la matemática.

Para tratar de enfrentar esta desarticulación entre el análisis numérico y las demás asignaturas de la especialidad se acude a la teoría de la matemática en el contexto de las ciencias. Según Camarena Gallardo (1995), la matemática en el contexto de la ingeniería es una estrategia didáctica que integra en los estudiantes el conocimiento matemático con el de la ingeniería.

Existen antecedentes en los cuales es posible observar cómo esta teoría contribuye a la enseñanza significativa de conceptos matemáticos (Camarena Gallardo, 1987; Muro y Camarena Gallardo, 2002; Suárez y Camarena Gallardo, 2000).

2. Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo mostrar una secuencia de actividades que puede usarse tanto para la introducción de la enseñanza de los métodos numéricos para problemas de valor inicial, como para la aplicación de los mismos en el estudio de circuitos eléctricos.

Las autoras consideran que la enseñanza de los métodos numéricos por medio del enfoque propuesto no sólo posibilita un aprendizaje significativo, como ya se ha mencionado, sino un aprendizaje integral.

La matemática en el contexto de las ciencias

La Matemática en el Contexto de las Ciencias es una teoría que nace en 1982, que reflexiona acerca de la vinculación que debe existir entre la matemática y las ciencias que la requieren, y se fundamenta en los siguientes paradigmas (Camarena Gallardo, 2009):

- la matemática es una herramienta de apoyo y disciplina formativa.
- la matemática tiene una función específica en el nivel universitario.
- los conocimientos nacen integrados.

El supuesto filosófico educativo de esta teoría reside en que el estudiante esté capacitado para hacer la transferencia del conocimiento de la matemática a las áreas que la requieren y con ello las competencias profesionales y laborales se vean favorecidas.

Esta teoría concibe al proceso de enseñanza y aprendizaje como un sistema en donde intervienen varios factores. Entre los más relevantes se encuentran las características cognitivas, psicológicas y afectivas de los estudiantes, los conocimientos y concepciones de los profesores, la epistemología del contenido a aprender y a enseñar; el tipo de currículo y la didáctica a emplearse. Estos factores dan origen a las cinco fases que contempla la teoría de la matemática en el contexto de las ciencias: **curricular**, **didáctica**, **epistemológica**, de **formación docente** y **cognitiva**.

Es claro que en el ambiente de aprendizaje están presentes las cinco fases y éstas interactúan entre sí con algún efecto ponderado sobre las demás, es decir, no están aisladas unas de otras y tampoco son ajenas a las condiciones sociológicas de los actores del proceso educativo. A continuación, se describe brevemente cada una de estas fases.

Fase curricular

La fase curricular posee una metodología denominada DIPCING (diseño de programas de estudio de matemática en carreras de ingeniería). Esta metodología se fundamenta en el paradigma educativo de que en los cursos de matemática el estudiante adquirirá los elementos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su carrera.

Algunos de los constructos teóricos sobresalientes son los diferentes tipos de contenidos que se presentan: unos apoyan a los conceptos teóricos de la ingeniería, mientras que otros a los temas de aplicación, quedando por determinar dónde deben desarrollarse las habilidades y destrezas matemáticas y dónde no es necesario hacerlo.

Fase didáctica

La fase didáctica contempla un proceso metodológico para el desarrollo de competencias profesionales referidas a la resolución de problemas contextualizados. De esta manera, es posible fomentar el desarrollo de habilidades para la transferencia del conocimiento.

Fase epistemológica

La fase epistemológica ha permitido verificar cómo gran parte de la matemática que se incluye en los cursos de carreras de ingeniería nace en el contexto de problemas específicos de otras áreas del conocimiento y a través del tiempo pierde su contexto para ofrecer una matemática “pura” que es llevada a las aulas de clases sin que tenga sentido para los estudiantes que no van a ser matemáticos.

Con la matemática en el contexto de las ciencias, se muestra que así como otras ciencias le dan sentido y significado a la matemática, ésta a su vez le da sentido y significado a los temas y conceptos de las ciencias del contexto, reconceptualizándolos.

Fase de formación de profesores

La fase de formación de docentes ha detectado las deficiencias de profesores que dan cursos de matemática, cuya formación no es matemática, siendo esto una de las posibles causas de las deficiencias de los estudiantes en matemática.

Fase cognitiva

Esta fase, ha determinado que el estudiante debe transitar entre los registros aritmético, algebraico, analítico, visual y contextual para construir y aprender el conocimiento.

La matemática en contexto ayuda al estudiante a construir su propio conocimiento en forma sólida y duradera al permitirle el desarrollo de habilidades mentales mediante el proceso de resolución de problemas vinculados con sus intereses.

La resolución numérica de ecuaciones diferenciales

Varios problemas de ciencias e ingeniería están gobernados por ecuaciones diferenciales ordinarias con condiciones iniciales, es decir, se modelizan matemáticamente como problemas de valor inicial (PVI). Éste es uno de los temas que se desarrolla en las cátedras de análisis numérico de la Facultad Regional San Nicolás.

Para despertar el interés y motivación de los alumnos de la carrera Ingeniería Eléctrica por el tema, se eligió un problema que involucra circuitos eléctricos para ser resuelto utilizando los métodos de Euler y Runge – Kutta. Estos métodos se suponen conocidos, por lo que no se incluye su descripción (Burden y Faires, 2002; Mathews y Fink, 2000).

Para lograr que los estudiantes se concentren en el análisis de los resultados obtenidos tras aplicar los métodos numéricos antes mencionados, se utilizó una herramienta diseñada con el software Scilab por las autoras de este trabajo (Caligaris et al, 2011).

Cabe destacar que, para obtener con esta herramienta una solución aproximada de un PVI, se debe indicar, en primer lugar, el orden del problema que se va a resolver eligiendo el botón de opción correspondiente. Esto habilitará los cuadros necesarios para cargar los datos del problema según su tipo: los coeficientes de la ecuación, las condiciones iniciales y el intervalo donde se quiere obtener la solución. Es posible ingresar la ley de la solución exacta del PVI cargado, para poder hacer comparaciones y determinar errores.

En la parte inferior de la ventana, se pueden seleccionar hasta tres opciones de aproximaciones para realizar simultáneamente. Cada una de estas opciones permite elegir, de una lista desplegable, un método entre Euler, Runge-Kutta de orden dos y Runge-Kutta de orden cuatro y la cantidad de puntos en donde se va a calcular la solución. Para que se calculen y muestren las opciones elegidas, se deben tildar las casillas de verificación a la izquierda de cada aproximación.

En esta ventana se puede optar por aplicar el mismo método con distintos pasos, o distintos métodos con pasos iguales o con pasos diferentes.

La herramienta diseñada brinda la posibilidad de analizar la solución numérica obtenida apelando a distintos registros semióticos. Por un lado, es posible obtener la representación gráfica de la solución discreta en un sistema de ejes coordenados en el que se visualizan, en distintos colores, los puntos asociados a cada aproximación. Por otro, se puede obtener la representación en forma de tabla, para comparar métodos entre sí o para comparar cada método con la solución exacta, en caso de que sea ingresada. De esta manera, como se indica en la fase cognitiva de la teoría que sustenta la propuesta planteada en este trabajo, al transitar entre los distintos registros semióticos, el alumno podrá construir y aprender significativamente el objeto matemático en cuestión.

3. Metodología de trabajo en el aula. Problemas que involucran circuitos eléctricos.

En esta sección se muestra la metodología utilizada para resolver un trabajo práctico, tal como fue planteado en el ciclo lectivo 2011, como una actividad de cierre del tema métodos numéricos para resolución de ecuaciones diferenciales con condiciones iniciales, en la que los alumnos debieron aplicar los conocimientos adquiridos. Esta metodología también puede ser utilizada en la introducción de las clases teóricas en las que se aborda

por primera vez la resolución numérica de un PVI, basándose en la teoría de la matemática en el contexto de las ciencias.

Como primera actividad, se les propuso a los alumnos analizar el comportamiento en régimen transitorio del circuito que se muestra en la Figura 1, al cerrar el interruptor S en $t = 0$.

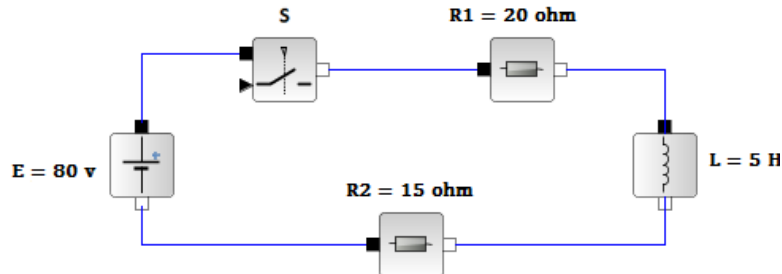


FIGURA 1. Circuito propuesto en el primer problema

Este es un circuito eléctrico de primer orden, cuyo comportamiento está descrito mediante la ecuación diferencial:

$$\frac{df}{dt} + A f(t) = e(t) \quad (1)$$

donde $f(t)$ es una corriente o una tensión, A un coeficiente constante y $e(t)$ el término independiente o excitación del circuito.

La solución completa de dicha ecuación diferencial es $f(t) = f_h(t) + f_p(t)$ donde $f_p(t)$ corresponde a una solución particular de la ecuación diferencial de primer orden, que representa la respuesta forzada del circuito, o en régimen permanente, que depende de la excitación de éste, y $f_h(t)$ es la solución de la ecuación homogénea que representa la respuesta libre, es decir, la respuesta natural o propia del circuito independientemente de la excitación del mismo.

Aplicando la ley de Ohm, los alumnos describieron el comportamiento de la corriente mediante la siguiente ecuación diferencial:

$$5 \cdot \frac{dI}{dt} + 35 \cdot I = 80 \quad (2)$$

Fácilmente se puede obtener la solución exacta de la ecuación (2), y aplicando la condición inicial $I(0) = 0$, resulta:

$$I(t) = \frac{16}{7} (1 - e^{-7t}) \quad (3)$$

donde el término constante corresponde a la respuesta forzada, y el término exponencial corresponde a la respuesta libre.

En la Figura 2, se puede observar la utilización de la ventana personalizada al aplicar los métodos de Euler y de Runge-Kutta de orden 4 para obtener aproximaciones de la solución del PVI mostrado en la ecuación (4).

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = \frac{80}{5} - \frac{35}{5} I(t) \\ I(0) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

En ambos casos, se analizó el comportamiento del circuito en el intervalo de tiempo de 0 a 0,6 segundos y se obtuvo una aproximación en 10 puntos en dicho intervalo. Se pueden

observar, tanto en el gráfico como en la tabla de valores, las dos soluciones aproximadas y la solución exacta del PVI.

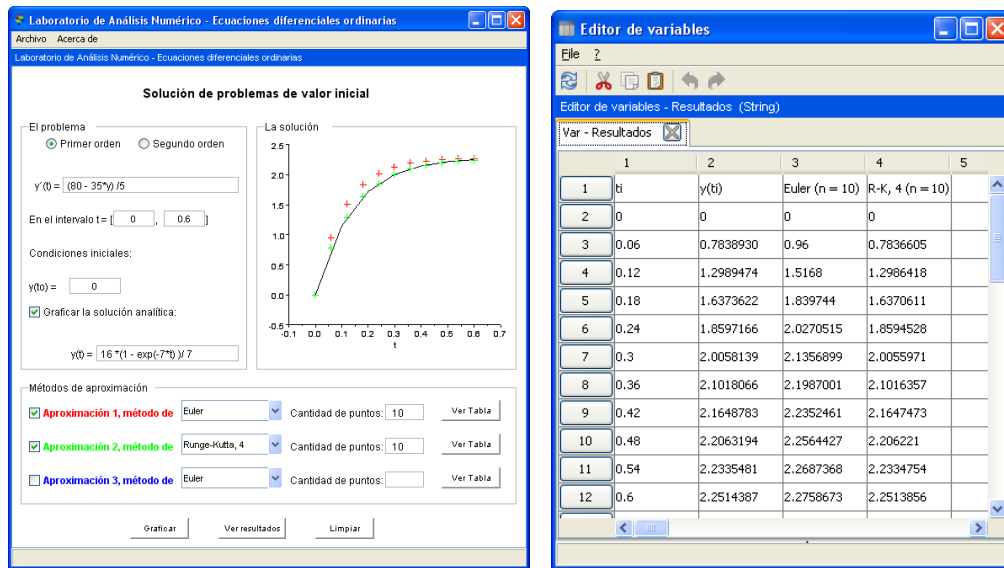


FIGURA 2. La resolución del circuito eléctrico en forma numérica

Lo primero que los alumnos notaron en los resultados gráficos es que las soluciones obtenidas mediante ambos métodos numéricos aproximan a la solución exacta, con diferente precisión. Esto se ve con mayor detalle, en la tabla de valores que se puede lograr mediante el botón **Ver resultados**, como se muestra en la Figura 2.

Analizando los resultados, tanto el exacto como los aproximados, los alumnos pudieron observar que la respuesta libre se extingue con el tiempo, es decir, prevalece la respuesta forzada.

Como segunda actividad, se les propuso resolver el mismo problema, con los dos métodos, pero ahora utilizando tan sólo tres puntos en la discretización.

A partir de los resultados mostrados en la Figura 3, los alumnos concluyeron que la solución proporcionada por el método de Euler no les permite dar respuesta a la cuestión planteada, por la inestabilidad que presenta el mismo.

Debido a la agilidad con la que se obtienen los resultados al utilizar la herramienta personalizada, es posible también analizar la solución obtenida para distintos valores de la inductancia. Así se podrá concluir que la respuesta libre está directamente relacionada con la inductancia L. Por el efecto que ésta produce en el circuito, se observa que al conmutar S no se produce un salto brusco de la corriente por dicho circuito.

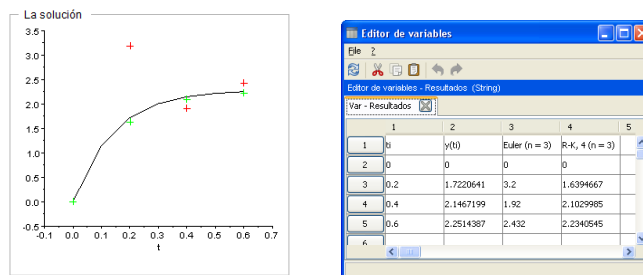


FIGURA 3. Inestabilidad en el método de Euler

Mediante los resultados obtenidos en esta ventana de métodos numéricos, los alumnos pudieron, a partir de la respuesta forzada, calcular la caída de tensión en cada una de las componentes del circuito.

También es un ejercicio interesante estimar la duración de la respuesta libre. Para ello, como última actividad, se propuso a los estudiantes resolver de nuevo el circuito de la Figura 1, modificando los valores de sus componentes. Por ejemplo, tomando una inductancia de 20 H, pudieron observar al obtener la solución aproximada con distintos métodos de la ventana, que la solución no se estabiliza en el mismo período que el problema anterior. Como se muestra en la Figura 4, se debe modificar el intervalo de tiempo para lograr que la solución muestre un comportamiento asintótico.

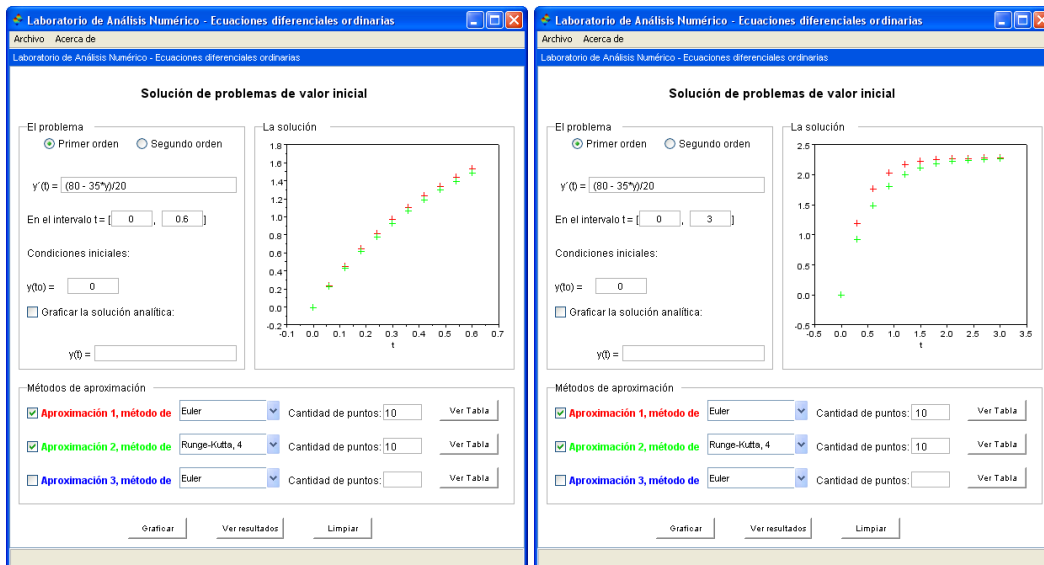


FIGURA 4. Determinación de la corriente en régimen permanente

Esta experiencia, realizada en el curso de Cálculo Numérico de segundo año de Ingeniería Eléctrica en la Facultad Regional San Nicolás, permitió que los docentes observaran una mayor motivación en los alumnos. Con la finalidad de poder determinar cuáles eran las posibles causas de esa mayor motivación, se entrevistaron algunos alumnos. En su gran mayoría, éstos coincidieron en manifestar que les resultó muy interesante afianzar y aplicar los conceptos matemáticos estudiados haciendo uso de un problema de la especialidad.

Por esta razón, los docentes a cargo de esta asignatura, consideran de sumo interés utilizar, en el ciclo lectivo 2012, la secuencia de actividades planteada bajo el enfoque de la matemática en el contexto de la ciencia. Para evaluar el impacto de su empleo en el proceso de aprendizaje, no sólo se realizará un estudio comparativo de los resultados obtenidos por los alumnos en una evaluación realizada al finalizar la enseñanza del tema, sino también se aplicará una encuesta de opinión, donde los estudiantes podrán manifestar cómo les resultó su proceso de aprendizaje y cuáles son las ventajas o desventajas de presentar el tema por medio del enfoque propuesto.

4. Conclusiones

Si bien se sabe que es el estudiante quien construye, modifica o enriquece sus esquemas de conocimiento, es función del docente crear las condiciones favorables para que el alumno lleve adelante su proceso de aprendizaje en forma adecuada. Las autoras de este trabajo consideran que plantear la enseñanza de los métodos numéricos bajo el enfoque de la matemática en el contexto de las ciencias, es una manera de involucrar más profundamente

al alumno en el aprendizaje del tema, logrando así una sólida formación en cuanto a los métodos numéricos, condición esencial para cualquier futuro ingeniero.

5. Referencias

- Burden, R. y Faires, D. (2002). *Análisis Numérico*. Internacional Thomson Editores.
- Caligaris, M., Rodriguez, G. y Laugero, L. (2011). Laboratorio virtual de análisis numérico: aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales. *Mecánica Computacional*, Vol XXX, N° 30. *Teaching Numerical Methods*, (2011) 2337 – 2351.
- Camarena Gallardo, P. (1995). El contexto de las ecuaciones diferenciales lineales. *Memorias del 6° Coloquio Académico*. México, ESIME-IPN.
- Camarena Gallardo, P. (1987). Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos. Tesis de maestría en Matemática Educativa. México, CINVESTAV-IPN.
- Camarena Gallardo, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Revista Innovación Educativa*. **9** [46], pp. 15 – 25.
- Mathews, J. y Fink, K. (2000). *Métodos Numéricos con Matlab*. Prentice Hall.
- Muro, U. y Camarena Gallardo, P. (2002). La serie de Fourier en el contexto del proceso de transferencia de masa. *Revista The Mexican Journal of Electromechanical Engineering*. **6** [4], pp. 159 – 163.
- Suárez, V. y Camarena Gallardo, P. (2000). La transformada de Laplace en el contexto de la ingeniería. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. **13**, pp. 124 – 130.

39TCE. APLICACIONES CON SOFTWARE LIBRE PARA CÁLCULO EN VARIAS VARIABLES

CALIGARIS, M. G.; RODRIGUEZ, G.B.; BERTERO, G.

Grupo Ingeniería & Educación – Facultad Regional San Nicolás – Universidad
Tecnológica Nacional. Colón 332 (2900) San Nicolás – Argentina
E-mail: gje@frsn.utn.edu.ar

Resumen: La visualización es una herramienta que ayuda a la comprensión de conceptos en la enseñanza de temas de cálculo en varias variables. Por ello, los libros modernos traen incorporadas imágenes en colores, y muchas veces, herramientas multimediales en donde se pueden encontrar interesantes aplicaciones gráficas, para la mayoría de los temas involucrados.

Cuando un profesor desarrolla una secuencia didáctica, muchas veces sucede que las herramientas existentes no son exactamente lo que él necesita, hace falta desarrollar aplicaciones propias. Los programas de matemática existentes permiten, en su mayoría, desarrollar herramientas a medida con diversos fines. Entre ellos, el software libre toma un papel destacado, por su acceso sin restricciones.

En este trabajo se muestran algunas herramientas interactivas para el cálculo en varias variables, desarrolladas a medida por los autores, para ser utilizadas tanto en el desarrollo de las clases por docentes y alumnos, como por los alumnos en sus horas de estudio, con el objetivo de lograr que los estudiantes, por medio de la visualización, puedan internalizar ciertos conceptos que muchas veces no les quedan claros.

1. Introducción

No cabe duda que los recursos tecnológicos disponibles en la actualidad han tenido un impacto positivo en los procesos de enseñanza – aprendizaje. En particular, las nuevas tecnologías con la posibilidad que brindan de manipular los objetos matemáticos en sus múltiples sistemas de representación, ofrecen oportunidades al estudiante, permitiéndole ser partícipe de experiencias matemáticas que no pueden ser reproducidas en medios tradicionales como la tiza y el pizarrón, o el lápiz y el papel (Gómez, 1997).

Es ahora un nuevo desafío del docente hacer que los conocimientos matemáticos surjan en el alumno mediante el diseño de actividades y situaciones que lo hagan interactuar con el medio.

Desde hace unos años, el Grupo Ingeniería & Educación (GIE) está abocado al diseño y desarrollo de herramientas visuales interactivas para la enseñanza de diversos temas de matemática que se dictan en distintas asignaturas de carreras de ingeniería. Estas aplicaciones buscan en algunos casos ayudar en la internalización de conceptos difíciles de adquirir, y en otros, ahorrar la pérdida de tiempo que llevan prácticas tediosas y rutinarias, permitiendo concentrarse en los conceptos más que en las “cuentas”. Estas herramientas son ventanas personalizadas, desarrolladas en software matemático (Caligaris et al, 2010).

En algunos casos se han desarrollado Maplets, con el software MAPLE, aprovechando las capacidades de cálculo simbólico que éste posee, pero en la mayoría se ha utilizado software libre, permitiendo así a los alumnos poder utilizar las herramientas en otros ámbitos, ya que pueden bajar libremente los programas de los sitios apropiados, sin necesidad de pagar licencias.

El cálculo en varias variables es una parte de la matemática que requiere de la visualización: viendo las cosas suceder en dos y tres variables, se pueden extender fácilmente los conceptos a más variables.

En este trabajo se muestran algunas aplicaciones desarrolladas en SCILAB y SAGE, para la enseñanza de algunos temas de cálculo en varias variables.

2. Objetivos

El objetivo del trabajo aquí presentado es desarrollar elementos para ser utilizados en secuencias didácticas apropiadas para mejorar la internalización de ciertos conceptos en los alumnos ya que en distintos grupos se han detectado problemas de aprendizaje de algunos temas.

3. Metodología

3.1. Análisis de los problemas de aprendizaje detectados

En primer lugar, se puso énfasis en la observación del trabajo de los alumnos. Se notó en general que les cuesta mucho cambiar del registro semiótico “ecuación” al registro gráfico, ante la situación de tener que graficar curvas, regiones planas y superficies.

Luego se realizaron encuestas sobre los estilos de aprendizaje de los alumnos, detectándose una preponderancia del estilo de aprendizaje visual.

En función de los resultados del análisis, se decidió diseñar herramientas visuales para ser utilizadas en secuencias didácticas, o para que el alumno las utilice en sus horas de estudio.

3.2. Elección del software para trabajar

Existen distintos programas para trabajar en matemática, con distintas opciones. Existen programas simbólicos, como MAPLE, MATHEMATICA, o MAXIMA, que ofrecen la capacidad de trabajar en forma numérica o simbólica, y otros que trabajan en forma numérica, como MATLAB o SCILAB, con muy pocas posibilidades de cálculo simbólico, pero todos poseen capacidades gráficas. La mayoría de los programas funciona bajo Windows, y otros, como el AXIOM, sólo bajo Linux.

Se eligió la opción de trabajar con software libre, para darles a los alumnos la oportunidad de trabajar fuera del aula o laboratorio con las herramientas diseñadas.

Se describen a continuación los programas que se utilizaron para desarrollar las herramientas que se muestran en este trabajo.

SCILAB es un lenguaje de programación de alto nivel para cálculo científico, interactivo y de uso libre. Fue concebido como un sistema abierto donde el usuario pueda definir nuevos tipos de datos y operaciones sobre los mismos. Aunque SCILAB fue creado para trabajar numéricamente, también permite hacer algunos cálculos simbólicos. El mismo posee cientos de funciones matemáticas y la posibilidad de integrar programas en los lenguajes más usados (FORTRAN, Java, C y C++). Este software puede ser utilizado simplemente como una calculadora, para escribir funciones o programas propios o para diseñar ventanas personalizadas.

SAGE es un sistema de álgebra computacional escrito en lenguaje Python, que provee una interfase de alto nivel que integra a otros programas y librerías pre-existentes. La sigla SAGE significa “Software for Algebra and Geometry Experimentation”. SAGE puede utilizarse desde un navegador web. El código de SAGE es fácil de entender y modificar, y no es necesario aprender un lenguaje específico para utilizarlo (De Nápoli, 2007).

4. Resultados

En una primera etapa, se comenzó a trabajar en los temas curvas paramétricas y superficies y curvas de nivel. Se muestran a continuación las herramientas diseñadas con los programas elegidos.

4.1. Aplicaciones con scilab

Cuando se trabaja con funciones vectoriales, en general se necesitan más de tres variables. Por ejemplo, el caso de una curva en el espacio definida por sus ecuaciones paramétricas, requiere cuatro variables para su definición, pero para visualizar la curva, basta con tres ejes. Cuesta muchas veces a los alumnos darse cuenta cómo graficar una curva de este tipo y, en general, se dedica poco tiempo a esto en clase, el alumno “se tiene que arreglar por su cuenta”.

Para graficar una curva, se puede por ejemplo realizar una tabla de puntos, e intentar graficar los mismos para tener una forma aproximada.

En algunos casos, se puede intentar obtener una ecuación cartesiana en un par de variables, para analizar la forma de la proyección sobre el plano coordenado correspondiente a ese par de variables, y así lograr una mejor estimación de la forma de la curva. Para internalizar en los alumnos esta forma de trabajo, se desarrolló en Scilab la ventana que se muestra en la Figura 1.

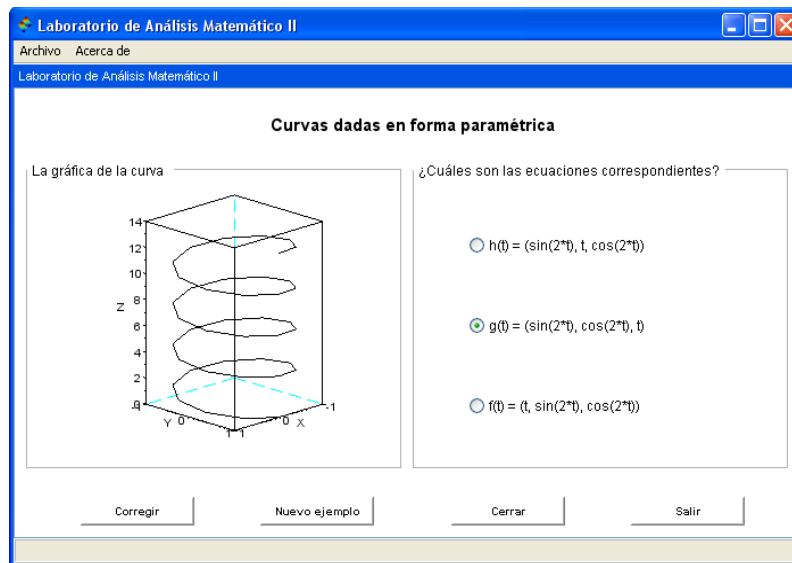


FIGURA 1. Ventana en Scilab para reconocer ecuaciones a partir de un gráfico

En ella, se brindan varios ejercicios en donde se muestra una curva y varias leyes, de las cuales se debe elegir la que se supone correcta. Pulsando el botón **Corregir**, se obtendrá un mensaje, que o bien indicará que la respuesta fue correcta, o se indicará una pista para volver a elegir otra solución, como la que se muestra en la Figura 2.

Como se puede ver en el ejemplo que se muestra en la Figura 1, las ecuaciones que se muestran son similares, el objetivo de este ejercicio interactivo es que el alumno, por sí solo, o con las ayudas que se brindan, se dé cuenta qué variables son las periódicas, qué variable es la que crece, o en otros ejemplos, cuál de las variables tiene un máximo, o es siempre creciente, entre otros casos.

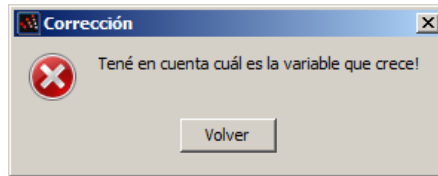


FIGURA 2. Mensaje de corrección

En la Figura 3, se presenta una ventana que permite hacer un trabajo inverso: dada la ecuación de una curva en forma paramétrica, identificar a cuál de las curvas corresponde.

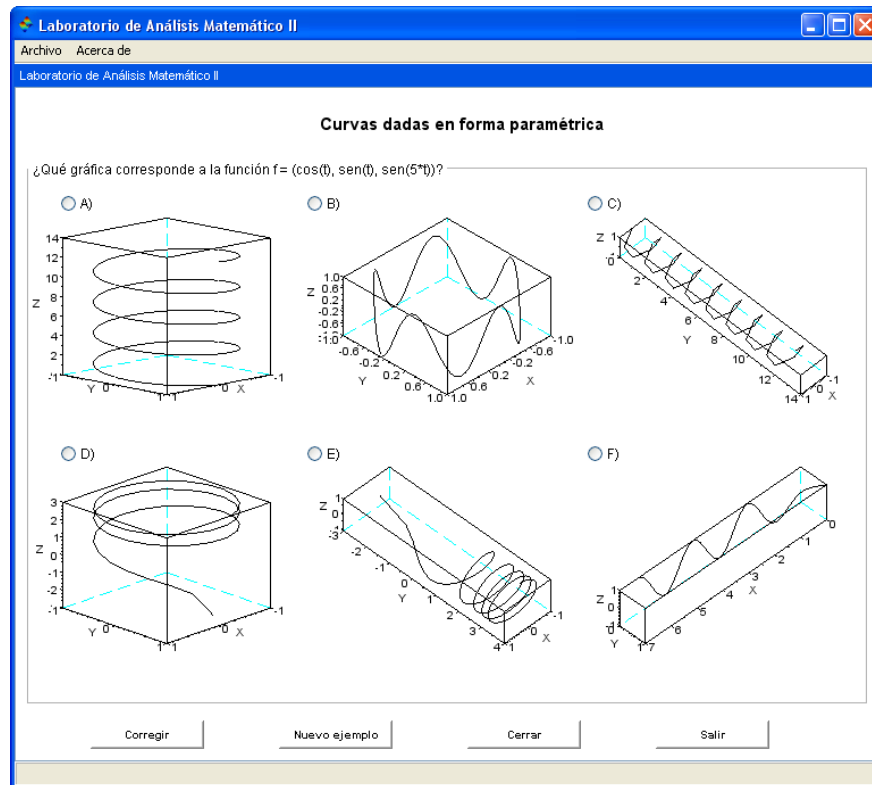


FIGURA 3. Ventana en Scilab para reconocer un gráfico a partir de una ecuación

4.2. Aplicaciones con sage

Otra cuestión importante en el cálculo en varias variables es graficar superficies. Para ello, la primera aproximación es graficar curvas de nivel, para analizar el comportamiento de la función. Como ejemplo, se presentan aquí dos ventanas, para afianzar la definición de curvas de nivel.

En la figura 4 se presenta una de las ventanas correspondientes a curvas de nivel en el plano. En la misma, se presenta la gráfica de una superficie en tres dimensiones, y una serie de gráficos de curvas de nivel asociados a distintas funciones.

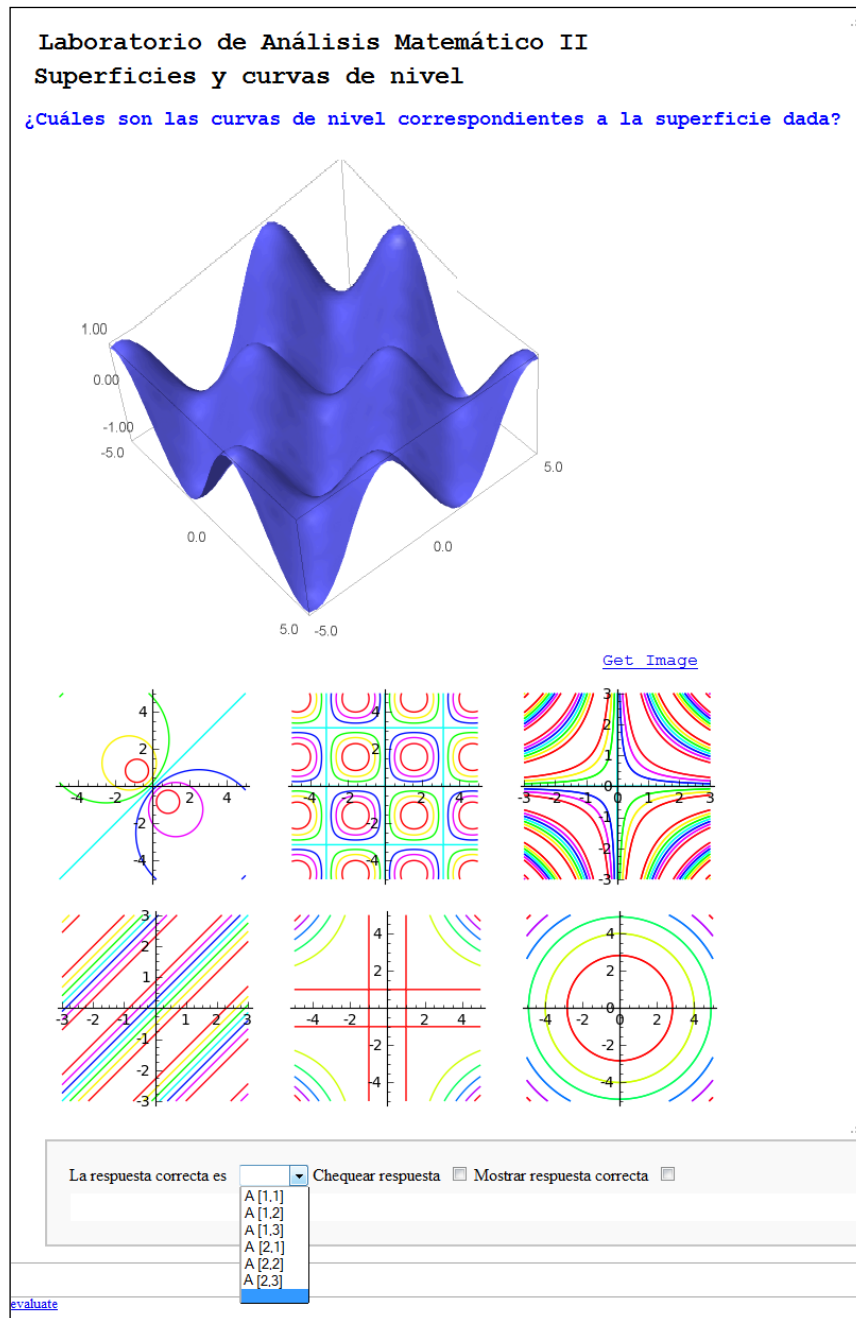


FIGURA 4. Aplicación en SAGE para vincular una superficie con sus curvas de nivel

En esta ventana, el alumno deberá asociar la superficie al gráfico de curvas de nivel que corresponda, simplemente eligiendo la respuesta adecuada de una lista desplegable. Mediante la opción **Chequear respuesta**, el alumno podrá corroborar si su opción fue la correcta. También puede pedirle al programa que le brinde directamente la respuesta correcta.

En la figura 5, se presenta una aplicación para realizar el proceso inverso: dado un conjunto de curvas de nivel asociados a una función de dos variables, encontrar a cuál de las superficies presentadas corresponde. También en este caso, se puede elegir obtener directamente la respuesta correcta.

Las ideas de los gráficos fueron tomadas del libro Cálculo (Stewart, 2006).

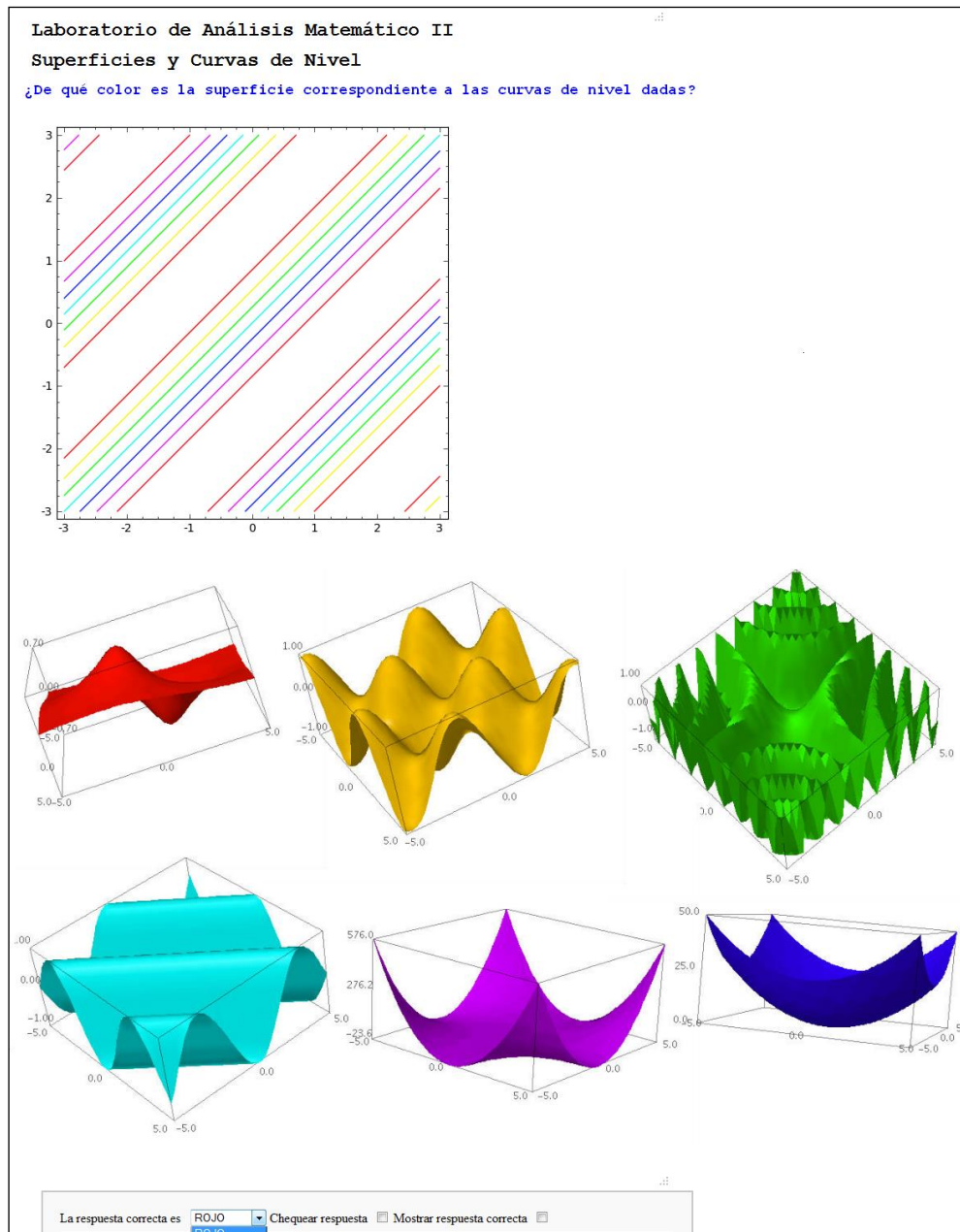


FIGURA 5. Otra aplicación en SAGE para vincular una superficie con sus curvas de nivel

5. Conclusiones

Es una realidad que la tecnología hoy es parte de la vida de los estudiantes, y este hecho debe ser tenido en cuenta por los docentes a la hora de diseñar sus clases.

Las clases deben pensarse teniendo en cuenta el medio y los recursos disponibles. El software libre es un recurso que está al alcance de todos, y en este trabajo se muestra que, con herramientas como SCILAB y SAGE, es posible desarrollar herramientas propias, para adecuarse a los estilos y ritmos de aprendizaje de los alumnos.

Los autores de este trabajo están convencidos de que el uso de recursos como los presentados en la enseñanza de distintos temas de matemática es productivo, ya que incentiva a los alumnos a dedicar mayor cantidad de tiempo a las materias con actividades que les resultan más interesantes que las rutinarias y permite mejorar la calidad de los aprendizajes. También consideran que el diseño de las herramientas debe estar

acompañado de una evaluación de su uso, para medir si los objetivos con que se diseñaron fueron alcanzados. Por ello, en el siguiente año lectivo se proyecta utilizar estas herramientas, y medir, como ya se ha hecho en otras oportunidades, los resultados del uso, mediante encuestas y entrevistas con los alumnos.

6. Referencias

Caligaris, M.; Rodríguez, G. y Laugero, L. (2010). Laboratorio de Análisis Numérico. En Cukierman, U. y Virgili, J. (Eds). La tecnología educativa al servicio de la educación tecnológica. Experiencias e investigaciones en la UTN. edUTecNe, pp. 583 – 606.

De Nápoli, P. (2008) Software Libre para enseñar o aprender Matemática. Por qué y Cómo. Conferencia. Jornadas Regionales de Software Libre 2008. Universidad de Belgrano. Buenos Aires, República Argentina

Gómez, P. (1997). Tecnología y Educación Matemática. Revista de Informática Educativa. Vol. 10, Núm. 1, pp. 93 – 111.

Stewart, J.(2006). Cálculo. Conceptos y contextos 3° edición. Ed. Thomson.

40TCE. ACERCAMIENTO AL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO DE CARGAS EN CAMPOS ELÉCTRICOS, MEDIADO POR TIC'S: UNA EXPLORACIÓN DESDE LA TEORÍA DE VERGNAUD

SERRANO, G.M.^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 343- (5600) San Rafael, Mendoza – Argentina

2. Instituto de Enseñanza Superior 9-011 – Maza 750- (5600) San Rafael, Mendoza – Argentina

gracielamariaserrano@gmail.com

Resumen: Se presentan resultados de la indagación exploratoria de tipo participante realizada con la totalidad de los alumnos de un curso de electromagnetismo básico de Nivel Superior no universitario. A estos alumnos se les presentaron diferentes situaciones tendientes a indagar sobre los posibles significados y representaciones que asignan al movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes, a fin de construir conocimiento no sólo sobre la formación de los conceptos en el Nivel Superior, sino también sobre las posibles situaciones que pueden ayudar a esta conceptualización, posicionándonos en la Teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud. Entre las situaciones especialmente diseñadas para esta indagación está el empleo de un simulador virtual de uso libre, mediado por preguntas abiertas y consignas para la elaboración de conjeturas. Los instrumentos de recolección de respuestas son los cuestionarios e informes presentados por todos los alumnos durante el desarrollo de las clases. Como conclusión puede afirmarse que los posibles significados previos al uso del simulador son los de vectores, gráficas de funciones, fuerza, trayectoria y velocidad, mientras que las relaciones empleadas tanto en lenguaje simbólico como verbal son el planteo y resolución de ecuaciones, fuerza y trayectoria. Luego del uso del simulador los alumnos parecieran adquirir mayor disponibilidad de conceptos, lo cual se manifiesta en las expresiones escritas de las relaciones entre significados matemáticos y físicos, y el uso de representaciones no sólo pictóricas, sino también lingüísticas y simbólicas.

1. Introducción

Cuando nos ocupamos del aprendizaje de las Ciencias en el Nivel Superior, y en particular de la Física, diferentes autores han señalado la existencia de dificultades por parte de los estudiantes por aprender significativamente conceptos físicos básicos (Moreira, 2003; Lancaqueo et al, 2003; Cudmani, 1996, 2000). La enseñanza-aprendizaje del movimiento cargas en campos eléctricos y magnéticos presenta obstáculos, los cuales se evidencian, entre otros aspectos por: dificultad de los alumnos de modelizar las situaciones relacionadas al tema, escasa capacidad de relacionar los fenómenos estudiados en dos campos conceptuales diferentes (la mecánica y el electromagnetismo) mediante la aplicación de leyes generales de la Física y la pobreza argumentativa al momento de dar cuenta de los razonamientos. Por otra parte, en general los alumnos adquieren habilidades mecánicas en la resolución de ejercicios de movimiento de proyectiles (movimiento de cuerpos en campos gravitatorios) al estudiar mecánica, pero no son capaces de relacionar de manera autónoma estas habilidades adquiridas con el estudio de movimiento de cargas en campos uniformes al estudiar electromagnetismo.

Así, la enseñanza del tema movimiento cargas en campos electromagnéticos uniformes requiere el diseño de estrategias didácticas que provean de situaciones que permitan acercar el concepto, al tiempo de modificar la estructura conceptual del alumno. Muchos investigadores han formulado sugerencias para mejorar el aprendizaje en diversos campos

de la Física (Martín y Solbes, 2001; Stipcih, 2007; Bohigas, 2010). Entre las sugerencias para ofrecer una propuesta superadora de la enseñanza de la Física está el uso de nuevos entornos de aprendizaje (Gonzalez, E. 2000; García Barneto, 2006; Martinho, 2009; Giacosa, 2008) y, en tal sentido, las TIC's podrían constituirse en una herramienta útil para la enseñanza, por cuanto si lo que los docentes pretendemos es lograr en los alumnos un aprendizaje significativo de los conceptos considerados clave de la Física, es fundamental que éstos se involucren activamente en la situación de aula, en un esfuerzo por incorporar a sus estructuras cognitivas los nuevos conceptos, o de reorganizar los ya existentes, siempre buscando comprender fenómenos físicos y los principios científicos que los explican. También resulta relevante plantear una "teoría de aprendizaje" que permita determinar de qué forma los alumnos van aprendiendo conforme avanzan por la Facultad. En este trabajo nos posicionamos en la Teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud.

Concebido el conocimiento como proceso de adaptación (Vergnaud, 1990), el conocimiento científico se construye. A este conocimiento científico lo consideramos organizado en **campos conceptuales** (los cuales se conciben como un conjunto de problemas y situaciones), de los que forman parte conceptos, representaciones simbólicas, operaciones del pensamiento y procedimientos. La Teoría de los campos conceptuales de Gerard Vergnaud es una teoría Psicológica que parte de la premisa que el conocimiento está organizado en grandes campos conceptuales. En el caso de la Física clásica podemos citar los campos conceptuales del Electromagnetismo, la Mecánica, la Termodinámica. El objetivo de la teoría es propiciar una estructura para la investigación sobre actividades cognitivas complejas, en especial el aprendizaje del conocimiento científico (Llancaqueo et al., 2003)

Estas **situaciones** que conforman los campos conceptuales, podemos pensarlas como una combinación de tareas y problemas; y el conocimiento adquiere sentido como resultado de la interacción entre la situación presentada y los sistemas de representaciones de que se disponga. Como ejemplos de situaciones podemos mencionar: la resolución de ejercicios, la interpretación de gráficos, la elaboración de conjeturas, la resolución de problemas.

El **esquema** mental del alumno se reconstruye a partir de la interacción entre la situación y la representación que hace de la misma (condicionada a sus conocimientos, capacidad de vinculación con conocimientos anteriores, habilidades representación, etc.). Podemos considerar que diferentes elementos permiten organizar el esquema del alumno: **objetivos** y **anticipaciones** (el esquema permite reconocer el objetivo de las actividades, ver que se espera); las **reglas de acción** (formuladas a través de condicionales que le permiten anticipar respuestas a partir de la información identificada, dadas en la forma "Sí... entonces..." son las que dan continuidad al proceso de transformación de lo real para poder lograr una conclusión); **invariantes operatorios** (formados por la base conceptual que posee el sujeto, constituidos por *conceptos* y *teoremas*, son los que permiten seleccionar la información relevante y los criterios para transformarla, seleccionando las reglas de acción más adecuadas para lograr una interpretación final) y la **posibilidad de inferencia** (es decir el conjunto de razonamientos que es capaz de formular el alumno, están en su esquema, y le permiten anticiparse desde una actividad concreta para elaborar una solución o conclusiones).

Los **invariantes operatorios** (fuertemente implícitos) podemos considerarlos como el nexo entre lo implícito en el esquema del alumno (las representaciones) y lo explícito (las conductas observables); de modo que poder identificar los posibles invariantes operatorios a través de las conductas, nos permitiría inferir de manera provisoria las posibles representaciones que, sobre el concepto, tienen los alumnos.

Estos invariantes operatorios, constituidos por **conceptos en acción** (o conceptos-en-acto) y **teoremas en acción** (o teoremas-en-acto), considerados como **conocimiento en acción**,

serán nuestro “objeto de estudio”, y por lo tanto las **situaciones** diseñadas intencionalmente por el docente han de permitir evidenciar la mayor cantidad y diversidad de estos conocimientos en acto, de manera que el “mapeo” de las representaciones que se haga de los alumnos, sobre el concepto en particular, sea lo más cercano posible al real.

Los **conceptos en acción** son objetos, atributos, relaciones, considerados como fundamentales o muy relevantes al momento de dar explicaciones; en tanto los **teoremas en acción** son propiedades consideradas como verdaderas sobre un fenómeno o hecho; estos teoremas son muy fuertes en el sentido que su validez es indiscutida por el alumno y muchas veces, surgen de la propia experiencia cotidiana siendo muy resistentes a la instrucción, en tanto la misma no pruebe su falibilidad y permita la sustitución por nuevos teoremas.

Desde la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, un **concepto** pueden definirse como un triplete formado por las **situaciones** que le dan sentido, los **invariantes operatorios** que permiten la operacionalidad del esquema del alumno, y las **representaciones** o formas de lenguaje que permiten representar simbólicamente el concepto : $C = \{S, IO, R\}$. Las situaciones (S) corresponden a la realidad, mientras que los invariantes operatorios (IO) y su representación (R) son aspectos de pensamiento (Llancaqueo, 2003). El concepto va construyéndose conforme el individuo le asigna significados, los cuales deberán hacerse explícitos mediante las representaciones; esta asignación de significados se logra mediante la realización de tareas (entendidas siempre como conjunto de situaciones y problemas).

En nuestro estudio, y adhiriendo a la organización propuesta por Llancaqueo (2006) para indagar sobre el concepto de “campo”, el concepto científico a indagar, correspondiente al campo conceptual del movimiento de cargas en campos, podemos verlo como $C_{\text{movimiento}} = \{S, IO, R\}$, entendiendo por:

S: conjunto de situaciones (fenómenos – problemas – ejercicios) físicas que se le presentarán al alumno de manera intencional. Serán las que darán sentido al concepto, el referente. Este conjunto estará conformado por: ejemplos de movimiento de cargas en campos eléctricos y magnéticos, problemas de interacción de cargas con campos eléctricos y magnéticos uniformes; simulaciones de movimientos de cargas en campos. Lo caracterizaremos $S = \{FFyPF\}$, donde indicamos FF al conjunto de fenómenos físicos, y PF al conjunto de los problemas físicos.

IO: conjunto de invariantes operatorios, que involucra no sólo los correspondientes a la Física sino también a la Matemática. Así $IO = \{IOF, IOM\}$. Los **IOF** son: significados de magnitudes físicas de posición, velocidad, aceleración, fuerza, masa, carga, campo eléctrico y campo magnético, energía, así como las relaciones, leyes y teoremas que establecen vínculos aceptados entre estas magnitudes (leyes de Newton, ecuaciones de movimiento, leyes de conservación, ley de Coulomb, ley de atracción y repulsión entre cargas, conservación de la carga, cuantización de la carga, relación entre fuerza conservativa y energía). En tanto los **IOM** son los significados del Álgebra clásica (ecuación, solución de una ecuación), los significados del Álgebra vectorial (de los conceptos de vector, escalar), los significados del Cálculo (conceptos de función, gráfico de una función, campo vectorial, función vectorial, rotor, divergencia, gradiente); las operaciones del Álgebra clásica (resolución de ecuaciones, interpretación de soluciones); las operaciones del Álgebra vectorial (suma de vectores gráfica y analíticamente, producto de un escalar por un vector); las operaciones del Cálculo (graficar funciones vectoriales, graficar funciones escalares, graficar campos vectoriales, obtención de límites, obtención de derivadas, cálculo de integrales, resolver ecuaciones diferenciales, verificar soluciones de ecuaciones diferenciales). También forman los IO las propiedades del Álgebra clásica (simplificación, elementos neutro, simétricos...); propiedades del Álgebra

vectorial (propiedad asociativa de la suma, propiedad del módulo del producto de un escalar por un vector); propiedades del Cálculo (derivada, teorema de Gauss de la divergencia, Teorema de Stokes del rotor).

R: es el conjunto de todas las representaciones (**simbólicas y pictóricas**)¹⁰ de los conceptos, principios y leyes de la Física, así como de los conceptos, operaciones y propiedades matemáticas, usadas en problemas y fenómenos físicos, es decir representaciones de fenómenos físicos (R de FF), representaciones de problemas físicos (R de PF), representaciones de invariantes operatorios físicos (R de IOF) y representaciones de invariantes operatorios matemáticos (R de IOM). Así $R = \{R \text{ de FF, } R \text{ de PF, } R \text{ de IOF, } R \text{ de IOM}\}$. Entre las representaciones encontramos: representaciones geométricas (flechas para indicar magnitudes vectoriales, líneas de campo para campos vectoriales, líneas para trayectorias), representaciones algebraicas (fórmulas de funciones, ecuaciones, soluciones), representaciones pictóricas (gráficos, esquemas, diagramas, tablas), representaciones verbales (proposiciones de la forma “sí... entonces”, conjeturas, preguntas, afirmaciones, declaraciones de validez).

Para analizar los posibles esquemas mentales de los alumnos, tanto invariantes operatorios como teoremas en acto, puede recurrirse al análisis de los argumentos que éstos formulan, considerando que argumentar es ofrecer una serie de pruebas o razones que avalen una conclusión (Toulmin, 1979).

2. Objetivos

- 1) Caracterizar los posibles invariantes operatorios que utilizan los alumnos en diferentes tareas vinculadas al movimiento de cargas puntuales en campos eléctricos uniformes antes de usar recursos virtuales.
- 2) Identificar los posibles invariantes operatorios empleados por los alumnos al resolver problemas luego de usar una herramienta virtual.

3. Metodología

Para este trabajo se consideraron las respuestas de la totalidad de los alumnos que cursaron Física II en una carrera de Profesorado, de Nivel Superior no universitario, en una indagación participante y de tipo exploratoria. Entre estos alumnos se indagará, a modo de estudio de casos, la prevalencia de posibles invariantes operatorios conforme avanza el cursado de Física II. A todo el grupo se les presenta un conjunto de situaciones especialmente diseñadas, y se espera poder chequear, además de las respuestas a los objetivos de la indagación, la posible influencia de la formación matemática previa de los alumnos no universitarios, en las representaciones empleadas en la formación del concepto.

Se diseñaron especialmente tres grupos de actividades: una diagnóstica general (S1), tres relativas al movimiento en campo eléctrico (SE1, SE2, SE3), también tres relativas al movimiento en campo magnético (SB1, SB2, SB3), y una actividad final de integración

¹⁰ Para Lombardi, Caballero, Moreira en <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1596-1601.pdf>

“[...] construir un discurso para describir los fenómenos naturales exige utilizar representaciones externas lingüísticas (REL) y pictóricas (REP). Ejemplo de las últimas son: fotografías (F), dibujos (D), gráficos cartesianos (GC), tablas (T).”

(SEB1). Estas cuatro últimas actividades están pendientes de realización a la fecha. Brevemente, describimos a continuación estas situaciones:

S1 (diagnóstico general de invariantes operatorios)

SE1 (diagnóstico previo para el movimiento de cargas en campo eléctrico uniforme)

SE2 (laboratorio virtual de movimiento de cargas en campo eléctrico)

SE3 (actividades post laboratorio de movimiento en campo eléctrico)

SB1 (diagnóstico para el movimiento de cargas en campo magnético uniforme)

SB2 (laboratorio virtual de movimiento de cargas en campo magnético uniforme)

SB3 (actividades post laboratorio de movimiento en campo magnético).

SEB4 (actividad de integración de ambos movimientos).-

4. Resultados e interpretación

Situación diagnóstica S1: Las respuestas de los alumnos nos permitieron definir tres categorías de análisis en el ítem correspondiente a la clasificación y fundamentación de magnitudes escalares y vectoriales. La totalidad de los alumnos opera correctamente con vectores. En la categoría I se ubica a los alumnos que pueden justificar correctamente porqué son magnitudes escalares o vectoriales: más de la mitad de los alumnos de Profesorado están en esta categoría. En la categoría II se ubican las respuestas con selección correcta en las que la justificación se da desde la definición operacional o razonamientos tautológicos: aproximadamente el 15% se encuentra en esta categoría. La categoría III corresponde a las respuestas en las que el alumno selecciona incorrectamente la posición como magnitud escalar, mientras que lo hace correctamente con las demás: aproximadamente el 10%. La magnitud “posición” lo mismo que “distancia” parece presentar dificultades, evidenciadas por su incorrecta clasificación o fundamentación. El ítem correspondiente a la interpretación de gráfica muestra pobreza argumentativa en la elaboración de conjeturas, así como dificultades en la interpretación de la información: casi la tercera parte de las respuestas son incorrectas, otra tercera parte son respuestas derivadas exclusivamente de la “lectura” textual de la gráfica, y una proporción inferior al 25% elabora conjeturas con significado físico. En esta situación pareciera que los invariantes operatorios físicos son posición, distancia, altura, velocidad, aceleración, fuerza, velocidad; en tanto a los invariantes matemáticos son: vector, gráfico, máximos, derivada.

Situación SE1: El 75% de los alumnos pareciera tener una representación del concepto mediante la identificación de los ejes coordenados; sin embargo sólo la mitad reconoce el fenómeno físico en la representación pictórica gráfica. Si bien parecen reconocer la relación que vincula dos significados físicos: trayectoria y velocidad, al momento de expresarse por escrito manifiestan escasa disponibilidad de conceptos pues no están en condiciones de fundamentar el comportamiento predicho. Poco más de la mitad de los alumnos, que reconocían en la S1 a la fuerza como magnitud vectorial, son los que la representan correctamente, como flecha, en la trayectoria, es decir parecen relacionar el significado de fuerza, trayectoria y vector. Algunos de estos alumnos también reconocen la magnitud vectorial y le asignan nombre y una expresión matemática. Los alumnos acuden como significado relevante en sus explicaciones al matemático de parábola, pero no parecieran integrar este significado al concepto de movimiento en estudio, pues no vinculan los parámetros de la parábola con significados físicos como aceleración o velocidad: pocos alumnos operan con los conceptos físicos de velocidad y alcance para emitir afirmaciones; son escasas también las representaciones simbólicas de los significados y sus relaciones formales. Tres cuartas partes de los alumnos reconoce el significado de velocidad, como vector tangente a la trayectoria, en la curva presentada, pero es menor el porcentaje de alumnos que logra ajustar la trayectoria ante el cambio de parámetros, es decir: si bien algunos alumnos reconocen a la velocidad en la información

presentada, no parecieran tener la disponibilidad conceptual para hacer inferencias, ya sea mediante representaciones lingüísticas o simbólicas. Los posibles invariantes físicos empleados en las explicaciones son: posición, trayectoria, movimiento, fuerza, velocidad, masa, gravedad, ángulo de lanzamiento en tanto que como relaciones en el ámbito de la física surgen: alcance y ángulo de lanzamiento. Desde los invariantes matemáticos mencionamos como significados: función cuadrática, y como relaciones la proporcionalidad directa. Respecto a las representaciones pictóricas, está la gráfica, mientras que las representaciones verbales están las referidas a las “ramas de la parábola” o la “abertura”.

Situación SE2: En esta situación los alumnos deben responder cuestionarios con preguntas abiertas y elaborar conjeturas, tomando como soporte el simulador. Como invariantes operatorios matemáticos tenemos el uso de relaciones funcionales, correspondientes a invariantes físicos (segunda ley de Newton, alcance, ecuación horaria); en la mitad de los informes se recurre a los objetos matemáticos (vectores) para completar el argumento, mientras que el resto se explica en forma verbal. Si bien todos los alumnos mostraban en la situación S1 saber operar correctamente con vectores, no los usan como posibles significados matemáticos al momento de fundamentar. El significado físico de aceleración se pone en juego, correctamente, al diferenciarlo de velocidad para predecir movimientos. La mitad de los alumnos establece como posible teorema en acto la relación entre fuerza y campo eléctrico, mientras que el resto sigue explicando a partir de la ley de interacción de cargas; es escaso el número de alumnos que traduce al lenguaje simbólico algebraico y vectorial los significados empleados. Como significado peculiar se observa el hablar de “campo positivo”, significado que permite justificar una trayectoria. La mayoría de los alumnos recurre a relaciones matemáticas para fundamentar representaciones pictóricas, como las gráficas de trayectoria al modificar diversos parámetros.

Situación SE3: en este conjunto de actividades post laboratorio, se observa que una relación usada por la mitad del grupo para explicar la trayectoria mostrada por la carga negativa es la interacción carga-campo, por ejemplo citando que la fuerza es opuesta al campo; posibles invariantes; algunos de estos alumnos también mencionan como justificación la interacción de cargas de diferente signo (son poco menos de la mitad). El resto recurre a justificación de tipo tautológica. Al momento de predecir la trayectoria al duplicar la velocidad de lanzamiento, el 40% de los alumnos no puede hacerlo correctamente, mientras que el resto predice “ramas más abiertas”, “misma trayectoria pero más abierta”, en todos los casos sin cuantificar el efecto de duplicar un parámetro. Al tomar decisiones sobre la modificación de la fuerza al duplicar la velocidad de lanzamiento, tres cuartas partes de los alumnos responde correctamente indicando que la fuerza no depende de la velocidad, o recurriendo al lenguaje matemático dando la expresión $F = q E$. Entre las respuestas incorrectas está la de tipo lineal, dada por el 25% de los alumnos “a mayor velocidad, mayor aceleración y mayor fuerza”; en estos alumnos la noción de cambio no parece estar incorporada.

5. Conclusiones

Los alumnos en general son capaces de reconocer las magnitudes escalares y vectoriales, aunque no todos pueden caracterizarlas con explicaciones adecuadas. Al momento de hacer inferencias relacionando significados físicos (fuerza, trayectoria, velocidad, movimiento) con significados matemáticos (parábola, función, ecuación) parecieran tener escasa disponibilidad de los mismos, lo cual se manifiesta por pobreza argumentativa en las representaciones lingüísticas, simbólicas, pictóricas y algebraicas. De todas las representaciones, las más accesibles al alumnado son, en un primer momento, las pictóricas. En tal sentido, el uso de un simulador virtual como estrategia de enseñanza

pareciera fomentar la búsqueda de estas relaciones entre los significados físicos y matemáticos, propiciando el uso de diferentes representaciones. De esta etapa de la investigación inherente al movimiento en campo eléctrico uniforme puede concluirse que los posibles invariantes operatorios de este grupo son trayectoria, carga, parábola, fuerza, velocidad y ley de cargas; el concepto de campo para dar cuenta de la interacción eléctrica es usado por la mitad del alumnado en las actividades post laboratorio, posiblemente por ser un concepto nuevo y no intuitivo. Queda para indagar de qué modo estos posibles invariantes son asimilados a la estructura conceptual del alumno para explicar comportamientos vinculados al movimiento en campos magnéticos y la resolución de problemas más generales.

6. Bibliografía

- Bohigas, X. y Periago, M. (2010) Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de Ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico. REDIE [online]. vol.12, n.1 [citado 2011-08-26], pp. 1-15 . Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412010000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1607-4041.
- Cudmani, L.; Salinas y Pesa, M. (1991) La generación autónoma de conflictos cognoscitivos para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física. Enseñanza de las Ciencias, 9 (3). Versión digital en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39897/93144> (encontrado 30/3/2011)
- Llancaqueo, A.; Caballero, M.; Morerira, M. (2003) El Aprendizaje del Concepto de Campo en Física: una Investigación Exploratoria a Luz de la Teoría de Vergnaud. Versión digital en: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n4/a11v25n4.pdf> (encontrado 30/3/2011)
- Martín, J., Solbes, J. (2001) Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. Enseñanza de las Ciencias, 19 (3); 393-403.
- Moreira, M (2000) La teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud, la Enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. Versión digital en: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf> (encontrado 30/3/2011)
- Vergnaud, G. 1990. La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didatique des Mathématiques, 10 (23); 133-170.

41TCE. DESARROLLO DE CATALIZADORES SOPORTADOS A PARTIR DE POLVOS INDUSTRIALES Y SU VALOR DIDACTICO EN LA TRANSPOSICION DE CONOCIMIENTOS

LOPEZ DOMINGUEZ, M.¹; SEPULVEDA, M.¹; QUARANTA, N.³; OSIGLIO, L.²; VAZQUEZ, P.²

¹ Estudiante del Profesorado de Química - Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Universidad Nacional de La Plata. Calle 48 e/ 6 y 7 - (1900) La Plata (Argentina)

² Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas "Dr. Jorge Ronco" (CINDECA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 47 N°257 (1900) La Plata (Argentina)

³ Grupo de Estudios Ambientales. Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 (2900) San Nicolás (Argentina). Investigador CIC.

E-mail: mariela_ld@hotmail.com

Resumen. Es inevitable la producción de residuos que constituyen el último eslabón de cualquier actividad industrial. El incremento en el volumen de descartes industriales, la simultánea disminución de los espacios de disposición de residuos, así como todos los problemas asociados con la contaminación que esto implica, son temas de urgencia que demandan la atención de científicos y tecnólogos. Se han propuesto y aplicado cambios en los procesos productivos con las denominadas tecnologías limpias y de minimización, que tienden por un lado a reducir en origen la generación de residuos, y por el otro a reutilizarlos transformándolos en subproductos y materia prima de otras industrias. Frente a nuevos desafíos tecnológicos que contribuyan a preservar el ambiente, mejorar costos de producción y utilizar menos recursos naturales, se investigaron polvos industriales de distintos orígenes para reutilizarlos en catálisis heterogénea. Este trabajo se encuentra en una primera faceta de estudio y se ha establecido el uso de los residuos sin tratamiento posterior a su desecho. Asimismo se emplea el trabajo para argumentar su importancia en la formación docente permitiendo profundizar, con sentido crítico, en las concepciones científicas esenciales tan necesarias en el aprendizaje significativo de los alumnos.

1. Introducción

A fin de poder analizar la dinámica de este proyecto innovador en el área de la catálisis heterogénea partimos de un acuerdo general: ampliar las fronteras disciplinarias para permitir una mejor articulación entre los conocimientos científicos y los conocimientos escolares estructurantes que subyacen en la propia experiencia. La investigación está orientada hacia la reutilización de polvos industriales mediante un proceso catalítico; y en ella convergen distintos campos teóricos e instrumentos de prácticas.

La complejidad que hoy presenta el campo educativo hace que sea necesario reducir la brecha entre las reflexiones académicas y la puesta en marcha. "Un objeto de investigación, por más parcial y parcelario que sea, no puede ser definido y construido sino en función de una problemática teórica que permita someter a un sistemático examen todos los aspectos de la realidad puestos en relación por los problemas que le son planteados" (Bourdieu, 1990). Desde esta perspectiva abordamos el trabajo.

El final abierto que plantea un proyecto de investigación puede ser empleado para delinear estrategias de acción en el campo educativo. La búsqueda de criterios orientadores en el desarrollo de la experiencia cobra relevancia. Así entonces se elige este proyecto, por su impacto social y por considerarlo permeable a reflexiones y reconsideraciones que abarcan

diferentes campos disciplinares.

El formato alternativo de enseñanza-aprendizaje que proporciona el trabajo colaborativo entre el investigador y el futuro docente se identifica en Elliot cuando dice: “Los estudios de caso proporcionan el contexto para desarrollar tanto una teoría parcial del caso como los constructos teóricos de una disciplina” (Elliot, 1990). Pero no debemos olvidar que una de las variables más frecuentes que lleva al fracaso de estas experiencias conjuntas es la distancia que existe entre el interés de los distintos campos. El interés técnico del que daba cuenta Habermas (1998) al sostener que “el tipo de teoría que caracteriza a las ciencias experimentales nos alumbró la realidad bajo la guía de un interés por el posible aseguramiento y por la posible ampliación de la acción controlada por el tipo de éxito que los éxitos experimentales prefiguran” continúa marcando muchas prácticas didácticas. Entendemos por transposición didáctica al “proceso de adaptaciones sucesivas de los saberes por las cuales el conocimiento erudito se transforma en conocimiento a enseñar y éste en conocimiento enseñado” (Frigerio y Poggi, 1992). Pero precisamos compartir con Cecilia Bravlsky (1999) que el perfil del profesor no puede ser la reproducción de lo que aprende y cómo lo aprende. Entre las competencias básicas que ella enumera nos interesa especialmente la que llama “competencia especificadora”. En ella señala que no basta con un buen dominio de los contenidos, ni un conjunto de metodologías adecuadas sino que hay que saber adaptar esto al entorno y a la práctica real. Para ello, también es necesario, conocer la epistemología del conocimiento a tratar.

La intención al desarrollar este proyecto es abordarlo desde múltiples miradas ampliando sus intereses desestimando una lógica unidireccional.

2. Objetivos

1-Investigar polvos industriales para su uso como soportes de catalizadores ácidos. Este trabajo es innovador en el área de la catálisis, se encuentra en una primera faceta de estudio y se ha establecido el uso de los residuos sin tratamiento posterior a su desecho.

2-Argumentar la importancia que tiene este proyecto en la formación de futuros docentes.

3-Extraer los conceptos científicos esenciales para su valoración didáctica y social.

3. Metodología

Durante el desarrollo experimental se tomó registro de los conceptos científicos, considerados estructurantes, más utilizados en el campo educativo. Del mismo modo se hizo con las prácticas específicas y los equipos empleados.

Soportes: Origen de los residuos: lodos de altos hornos, siderurgia (Muestra 1), cenizas volantes de centrales termoeléctricas (Muestra 2), arena de moldeo de fundición (Muestra 3), cenizas gruesas de centrales termoeléctricas (Muestra 4). Todos los residuos fueron usados sin ningún tratamiento posterior a su recolección en el lugar de origen de cada uno.

Preparación de catalizadores. Primero se procedió a lavar los soportes mencionados con tres solventes distintos (agua caliente, etanol y acetona). Estos materiales en polvo fueron impregnados con una solución de ácido fosfomolibdico (MPA), dopado con Vanadio (MPVA). La concentración de la solución impregnante de MPVA, fue de 110 mg Mo/ml, usando el método de impregnación en equilibrio, para obtener aproximadamente un 20 % (p/p) en cada sólido. Aunque se agregó 1 ml del solvente usado para aumentar la difusión de precursor en el sólido. Las muestras se dejaron una semana en contacto con la solución impregnante, sin agitación y luego se secaron a temperatura ambiente. *Caracterización de soportes y catalizadores soportados.* Determinación de Acidez mediante Titulación Potenciométrica. La titulación se llevó a cabo mediante el agregado de 0,05 ml de una solución de n-butylamina en acetonitrilo (0,05 N) a 0,05 g del sólido de interés previamente

suspendido en acetonitrilo (90 ml) por una agitación de 3 h. La variación del potencial (mV) fue medido en un potenciómetro digital Instrumentalia S.R.L, con un electrodo de Ag/AgCl. La Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) se hizo con un microscopio Philips 505 y se colocó una película de carbón para aumentar la resistencia y la calidad de la imagen. Las propiedades texturales se determinaron usando un equipo Micromeritics Accusorb 2100. Difracción de rayos X (DRX). Los diagramas de rayos X se realizaron con un equipo Philips modelo PW-1714 con registrador gráfico de barrido incorporado. Las propiedades texturales se determinaron usando un equipo Micromeritics Accusorb 2100.

4. Resultados

En particular los residuos de la industria metalúrgica tales como escorias o barros rojos de alto horno, han sido utilizados para diversas aplicaciones tales como producción de cementos, concretos, ladrillos para pisos o recubrimientos de paredes, materiales cerámicos y vitrocerámicos e inclusive como bases de adsorción o matrices de fijación de metales pesados. A modo de ejemplo, se presentan los estudios de la Muestra 1 que presenta una distribución granulométrica de los barros de alto horno que fue obtenida de los lodos sometidos a un proceso de secado a 100 °C (Tabla 1).

Tabla 1. Granulometría de la Muestra 1

Malla	Tamaño (µm)	% en peso	% acumulado
1/4"	> 6300	0,00	0,0
6	6300 – 3350	0,23	0,2
12	3350 – 1700	1,04	1,3
20	1700 – 850	0,81	2,1
30	850 – 600	0,23	2,3
50	600 – 300	0,29	2,6
60	300 – 250	0,81	3,4
100	250 – 150	6,12	9,5
200	150 – 75	36,56	46,1
Fondo		53,90	100,0

Se observa que más del 50% del material de descarte original, posee un tamaño de grano inferior a 75 µm. El contenido de humedad en los barros del alto horno estudiados es del 1,0 %. La pérdida de peso por calcinación a 800 °C durante 3 h es del 34,75%. Esta pérdida de peso se relaciona directamente con el contenido de material carbonoso de los lodos. Por otra parte, los diagramas de difracción de rayos X de los lodos calcinados presentan numerosos picos pequeños de difracción entre los que se destacan los correspondientes a las fases hematita-Fe₂O₃, (pdf. 871166), y cuarzo-SiO₂ (pdf. 851054).

Los sólidos usados como soportes se caracterizaron mediante sus propiedades texturales, las que se presentan en la Tabla 2, y son enumerados a continuación de acuerdo al valor de la S_{BET} en sentido decreciente. El volumen de poros de los sólidos (Tabla 2) es semejante en todas las medidas realizadas y se acercan a valores no cuantificables por el Método BET o BJH. Si se comparan los valores obtenidos para la S_{micro} estos demuestran una gran variedad en el porcentaje que puede asignarse al área de micro poros. En relación a los valores de diámetro de poros, estos varían desde 159,9 Å (Muestra 3) a 36,9 Å (Muestra 4)

A, para el método BET y desde 104,6 (Muestra 3) a 48,5 (Muestra 2) Å, para el método BJH, esta disparidad podría deberse al origen tan diverso de las muestras en lo referente a la formación de los poros durante el proceso de obtención influyendo en la formación de los poros intra- y extra-partícula. Las isothermas de adsorción de las muestras obtenidas mediante la ecuación *BET*, desarrollada por Brunauer, Emmett y Teller (no mostradas por razones de espacio), podrían clasificarse en el tipo II de isothermas, pero el fenómeno de histéresis que presentan las clasifica dentro del tipo IV. La razón podría ser diferente para cada muestra en particular. Este punto seguirá siendo objetivo de estudio.

Tabla 2. Propiedades Texturales de los sólidos usados como soportes

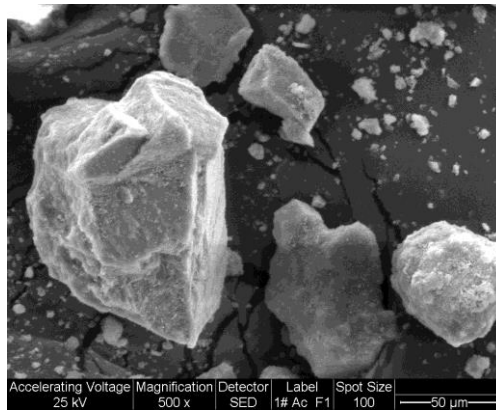
Sólido	S_{BET} (m ² /g)	S_{micro} (análisis t-plot) (m ² /g)	Diámetro Poros BET (Å)	Diámetro Poros Método BJH desorción (Å)	Volumen Poral Método BJH (m ³ /g)
Muestra 1	9,42	0,6	79,44	79,1	0,02
Muestra 2	9,97	2,6	44,5	48,5	0,00
Muestra 3	0,73	1,05	159,9	104,5	0,00
Muestra 4	20,0	8,5	36,9	57,0	0,00

Antes de llevar a cabo la impregnación se realizaron pruebas de mojabilidad con etanol, acetona y agua (caliente) de los sólidos mencionados. El pH del agua es de 6 y el de etanol de 5, respectivamente. La variación del pH es notoria para las diferentes muestras, ya que presentan propiedades hidrófobas al contacto con los solventes polares. Cabe destacar, que de todas formas la lixiviación que se produce no ha sido estudiada en profundidad en las muestras, aunque en promedio se tiene una pérdida en agua del 0,30%.

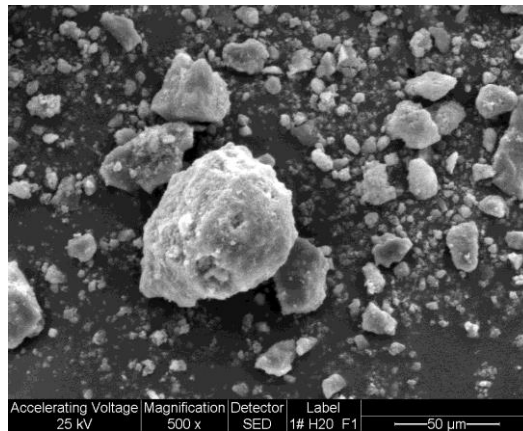
El análisis de la morfología de las partículas lavadas con los tres solventes realizada por SEM, muestra la presencia de partículas base muy pequeñas, de tamaño de unos pocos micrones, y aglomeraciones de las mismas con características típicas de los procesos de sinterización. No se observan partículas esféricas como las habituales en procesos de fusión (Figura 1). A modo comparativo se usa la Muestra 1, lavada con etanol (a), lavada con acetona (b) y con agua (c), respectivamente.



Figura 1. Muestra 1, a) lavada con etanol (500x 50 micrones)

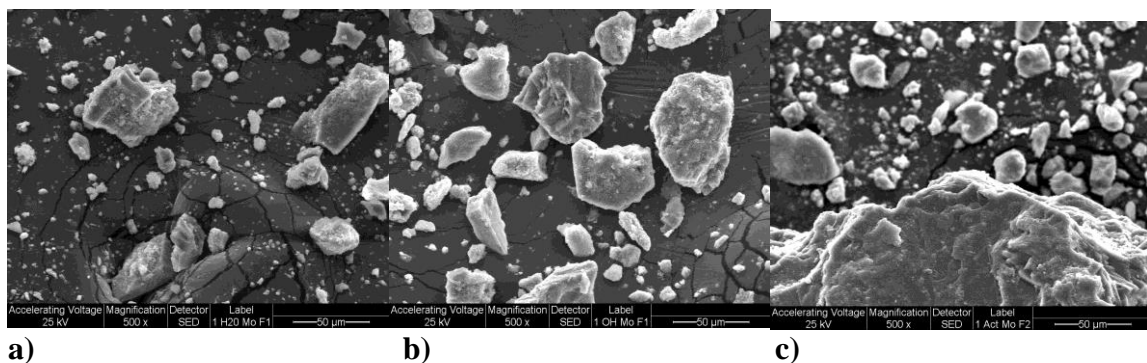


b) lavada con acetona (500x 50 micrones)



c) lavada con agua (500x 50 micrones)

Frente a estos resultados parciales se decidió realizar las impregnaciones con una mezcla de etanol y agua, como solvente de la solución impregnante, a los sólidos antes mencionados. Se realizaron diferentes caracterizaciones como titulación potenciométrica, rayos X y SEM. Pero como técnica más accesible a los alumnos para su inicio, comparando visualmente, se pone como ejemplo la misma muestra ya impregnado el ácido MPVA (Figura 2)



a) b) c)
Figura 2. Muestra 1, impregnada con MPVA usando como solvente: a) Agua, b) Etanol y c) Acetona

Desde el campo educacional hemos detectado los siguientes saberes científicos para trabajar con ellos en el aula y facilitar su comprensión.
Velocidad de una reacción química: Leyes que la gobiernan

Parámetros de preparación de muestras: pH, concentración, temperatura de trabajo, volumen de impregnación
Concepto de fase. La fase activa
Catálisis: homogénea, heterogénea, soportada, ácida
Requisitos de un buen soporte
Operaciones unitarias tales como: lavado, filtrado, secado, molido, decantado
Concepto de titulación, adsorción química, morfología
Cálculos de conversión de unidades, empleo de gráficos
Radiaciones electromagnéticas. Rayos X
Medidas de higiene y seguridad en el laboratorio
Diferencia entre tecnología disponible y tecnología sustentable
Saberes científicos valorados socialmente
Factibilidad. Evaluación técnica/ambiental/financiera/socio-económica. Rol del Estado.
Estos temas planteados pueden colaborar a orientar y direccionar la práctica docente en la medida que se haga un seguimiento en el contexto escolar.

5. Conclusiones

Los resultados desde el punto de vista de los catalizadores obtenidos son parciales y por ello lo más destacable como conclusión es la viabilidad de usar residuos industriales como soportes para catalizadores cumpliendo con una de las reglas vitales para el cuidado del medio ambiente: residuo convertido en materia prima de nuevos procesos.

Podemos remarcar que el trabajo colaborativo entre quienes trabajan en investigación científica y aquellos que median en el traspaso del conocimiento generado, permite que se asuman compromisos comunes. Trabajar por una ciencia crítica para su valoración social hace necesario un cambio de agenda. Esto es argumentado desde una perspectiva constructivista donde el conocimiento científico-tecnológico es útil para comprender la realidad e intervenirla. Mientras el docente profundiza en los rasgos procedimentales con instrumental pocas veces encontrados fuera de los centros de investigación, públicos o privados, los investigadores socializan su saber con aquel agente multiplicador de conocimientos significativos. Capacitan en la organización de las etapas del proyecto, el planteamiento de hipótesis, el control de las variables, la preparación de informes. Ambos actores deben innovar. Proponemos que a partir de los conceptos y habilidades adquiridas se planteen problemas cotidianos que le den significado a la práctica. Se busca promover en los alumnos la autonomía y la creatividad mientras se anclan los nuevos contenidos.

6. Bibliografía

- Bourdieu, P., Chamboredon, J.C. y Passeron, J.C. (1990) *El oficio del sociólogo*, México: Siglo Veintiuno Editores
- Braslavsky, C. (1999) *Bases, orientaciones y criterios para el diseño de programas de formación de profesores*. Revista Iberoamericana de Educación (19): Formación Docente. enero - abril 1999
- Cajas, F. (2001) *Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico*. Enseñanza de las Ciencias, 19(2), 243-254.
- 4 Carretero, M. (Comp.) (1996) *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Bs. As: Aique
- Coll, C. (1994) *Psicología y Currículo*. Buenos Aires: Paidós
- Dewey, J. (1967) *Experiencia y educación*. Buenos Aires: Losada. Cap. I y II
- Díaz Barriga, F. (2010). *Los profesores ante las innovaciones curriculares*, en Revista Iberoamericana de Educación Superior, México, Universia, vol. 1, núm.1, pp. 37-57.

- Durkheim, E. (1975) *Educación y sociología*. Editorial Península
- Elliot, J. (1994) *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- Feldman, D. *Enseñanza y escuela*. Buenos Aires: Paidós.
- Frigerio, G. y Poggi, M.(1992) *Las instituciones educativas. Cara y Ceca*. Bs. As.: Troquel.
- Gil Pérez, D., (1993) *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación*. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 11(2), 197-212.
- Giroux, H. (1997) *Los profesores como intelectuales: hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Barcelona: Paidós
- Gutierrez Pérez, F. y Prieto Castillo, D. (1999) *La mediación pedagógica*. Buenos Aires: Ediciones Ciccus – La Crujía.
- Habermas, J. (1998) *Conocimiento e interés*. Madrid: Turus
- Lacueva, A. (2000) *Ciencia y tecnología en la escuela*. Madrid: Editorial Popular
- Merino, G. (2004) *Tejer una trama*. Serie pedagógica. No 4-5 p. 305-318. Disponible en http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.401/pr.401.pdf
- Olson, M. (comp.) (1991) *La investigación-acción entra al aula*. Buenos Aires: Aique
- Pozo, J. I. (1997) *Teorías cognitivas del Aprendizaje*. Madrid: Morata
- Sanmartí, N. (2002) *Conectar la investigación y la acción: el reto de la enseñanza de las ciencias*. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 34: 17-29.