

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

DOCTORADO EN AGRONOMIA



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

Tesis doctoral

Influencia de distintos métodos de conservación sobre las características químicas- organolépticas de vinos cv. Malbec de Mendoza, Argentina

AUTOR

Ing. Alim. María Lourdes Giuffrida de Esteban

DIRECTORA

Dra. Viviana Jofré

CO-DIRECTOR

Dr. Martín Fanzone

Mendoza, Septiembre del 2026

A mi madre Q.E.P.D

Agradecimientos

“La gratitud es la memoria del corazón”. – Sta. María Eufrasia

¿Cómo poder plasmar en una hoja a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este estudio?, acá va el intento, esperando que nadie quede en el pensamiento.

Agradezco a:

A CONICET, por la beca Doctoral proporcionada que me permitió iniciarme en la investigación y desarrollar este proyecto.

A la Facultad de Agronomía de UNCuyo, por brindar los cursos acordes, necesarios para el desarrollo de esta tesis, por la paciencia en la espera de la presentación del manuscrito.

A la Estación Experimental INTA de Mendoza, por brindar las instalaciones y el capital humano para el desarrollo de este proyecto.

A la bodega Tapiz (Fincas Patagónica S.A), por brindar el vino, las barricas e instalaciones para efectuar el ensayo. Agradezco especialmente a Lucía Abdala, Matías Cervera y Fabián Valenzuela por su amplia colaboración en el proyecto

A la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, especialmente a la Dra. Cristina Úbeda y el Dr. Alvaro Peña-Neira por colaborar con el análisis de compuestos volátiles de las muestras.

Al Instituto Regional de Investigación Científica Aplicada de la Universidad de Castilla, principalmente al Dr. Sergio Gómez Alonso, por colaborar con el análisis de compuestos elágicos.

A la empresa NOMACORC por proveer el equipo Fibox 3-Trace-Nomasense utilizado en la medición de oxígeno.

Al Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) por facilitarnos el espectrómetro FT-IR para la medición de parámetros generales.

Mis agradecimientos a la Dra. Viviana Jofré y el Dr. Martín Fanzone, por confiarme este proyecto, por brindarme los recursos para realizarlo y el apoyo para poder concluirlo.

A Santiago Sari, Anibal Catania y Mariela Diaz por todo el acompañamiento en el Análisis Sensorial de los vinos, que fueron muchos!!! Y por supuesto también al panel de Análisis Sensorial del INTA.

A las chicas de Microbiología de la EEA Mendoza, INTA, principalmente la Dra. Laura Mercado y la Dra. Magali González.

A las chicas del Laboratorio de Aromas, Mariela Assof y Romina Castellanos, por tantos momentos lindos que compartimos... ¡Romi fuiste la mejor coequiper de añejamiento!

¡A Edith, por enseñarme a caminar más lento y tratar de desestructurarme, gracias Edith!
¡Apareciste en el momento justo!

A mis amigos, los que están siempre, los que me alentaban a cerrar esta etapa y los que hacían la pregunta incómoda ¿y la tesis?, que me hacía volver a pensar en esa ficha que faltaba para completar el rompecabezas...

Y cómo no agradecer a mi familia, a mi padre que tanto hizo por mis estudios, mi madre que tanta dicha tenía cuando recibí la beca doctoral, seguro me sonríe desde el cielo, mi hermano, ejemplo de constancia en la vida intelectual. Y a vos amor, Fernando (FJ), que junto a mi (ML), logramos las combinaciones más hermosas, Francisco Javier (FJ), María Faustina (MF), Lorenzo José (LJ) y María Loreto (ML), ustedes, mis pequeños maestros me enseñaron ampliamente el concepto de crianza, como es cuidar, observar, corregir y acompañar para que cada uno pueda desarrollar en plenitud el potencial para el que fue creado. Gracias por su paciencia, gracias por permitir encajar este deseo personal en nuestro ambicioso proyecto familiar.

Finalmente, a Dios, fuente de toda razón y justicia, que todo lo hiciste hermoso en su tiempo; y has puesto eternidad en nuestros corazones, sin que alcancemos a entender la obra que ha hecho desde el principio hasta el fin (Eclesiastés 3:11), por darme luz para asomarme a una pequeñísima parte de tu obra maravillosa, Ad maiorem Dei gloriam.

Lourdes

RESUMEN

Históricamente la vitivinicultura es la actividad económica agroindustrial principal de la provincia de Mendoza, Argentina. Asimismo, por el alto valor enológico del varietal Malbec se ha convertido en la cepa insignia de este país. Durante la crianza, la composición química y organoléptica de los vinos está sujeta a cambios según las condiciones de almacenamiento (utilización o no de barricas y características de las mismas, tiempo, temperatura, nivel de O₂, tipo de cierre). Sin embargo, el efecto combinado de estos factores sobre la composición química y organoléptica de los vinos Malbec aún no ha sido estudiado.

Durante la vendimia 2015 se vinificaron uvas Malbec (San Pablo, Tupungato, Mendoza) según protocolo estandarizado. Una parte del vino se fraccionó en botellas de 750 mL y la otra se añejó en barricas de roble francés (nuevas y de re-uso) durante 6, 12 y 18 meses. Los vinos conservados en barricas completaron su crianza luego en botellas hasta lograr un total de 24 meses de añejamiento. Las botellas se taparon con corcho natural y rosca y fueron conservadas en salas climatizadas a 15 y 25°C. El muestreo se efectuó a los 0, 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, y 24 meses del ensayo; y en cada punto se realizaron análisis químicos, microbiológicos y de rutina. Los análisis sensoriales se realizaron cada 6 meses desde el inicio hasta la finalización del estudio.

En general, tanto el tipo de cierre utilizado como el uso de la barrica no generaron diferencias significativas en la mayoría de las variables estudiadas. Solamente aquellos compuestos que se agotan con el uso de la barrica (taninos elágicos, furanoides, fenoles volátiles y lactonas de la madera); junto a la concentración de antocianinas, el índice de pigmentos poliméricos pequeños y la tonalidad de los vinos dependieron del uso de las barricas. Mientras que la temperatura de conservación fue un clave acelerador del proceso de envejecimiento de todos los vinos embotellados. A los 24 meses, los vinos Malbec cv. conservados a 15°C se asociaron

con altas percepciones en intensidad de color y matiz violeta, estos descriptores presentaron alta correlación positiva ($r \approx 1$) con azufre libre, taninos y antocianinas y saturación. Por el contrario, los vinos añejados a 25°C se asociaron con bajas percepciones en los descriptores de intensidad de color y tinte violeta y altas percepciones de aromas a vegetales secos (tabaco y té) y fruta deshidratada (mermelada de arándanos, frutilla y frambuesa). El vino Malbec (Mendoza, Argentina) analizado, resultó ser muy estable al tipo de cierre utilizado y al uso de la barrica, pero altamente sensible a la combinación de factores tiempo:temperatura de almacenamiento. El añejamiento entre 6-9 meses (mayor extracción de compuestos) en barricas nuevas solo se justificaría si se desearan diferencias en el perfil aromático del vino. Todo esto es clave en la toma de decisiones sobre el estilo de vino añejo buscado, y en los costos asociados a la selección de la barrica, y a la refrigeración de la botella hasta el momento del consumo de vino de alta calidad.

ABSTRACT

Historically, winemaking is the main agro-industrial economic activity in the province of Mendoza, Argentina. Furthermore, due to the high oenological value of the Malbec varietal, it has become the flagship strain of this country. During aging, the chemical and organoleptic composition of the wines is subject to changes depending on the storage conditions (whether or not barrels are used and their characteristics, time, temperature, O₂ level, type of closure). However, the combined effect of these factors on the chemical and organoleptic composition of Malbec wines has not yet been studied.

During the 2015 harvest, Malbec grapes (San Pablo, Tupungato, Mendoza) were vinified according to a standardized protocol. Part of the wine was bottled in 750 mL bottles and the other part was aged in French oak barrels (new and reused) for 6, 12, and 18 months. The wines kept in barrels completed their aging in bottles until they reached a total of 24 months of aging. The bottles were corked with natural cork and screw caps and were stored in rooms

with a temperature of 15 and 25°C. Sampling was carried out at 0, 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, and 24 months of the trial; and chemical, microbiological, and routine analyses were carried out at each point. Sensory analyses were carried out every 6 months from the beginning to the end of the study.

In general, neither the type of closure used nor the use of the barrel generated significant differences in most of the variables studied. Only those compounds that are depleted by the use of the barrel (ellagic tannins, furanoids, volatile phenols and wood lactones); together with the concentration of anthocyanins, the index of small polymeric pigments and hue of the wines depended on the use of the barrels. While the storage temperature was a key accelerator of the aging process of all bottled wines. At 24 months, the Malbec cv. wines stored at 15°C were associated with high perceptions of color intensity and violet tint, these descriptors presented a high positive correlation ($r \approx 1$) with free sulfur, tannins and anthocyanins and saturation. In contrast, wines aged at 25°C were associated with low perceptions of color intensity and violet tint descriptors and high perceptions of dried vegetable (tobacco and tea) and dehydrated fruit (blueberry, strawberry and raspberry jam) aromas. The Malbec wine (Mendoza, Argentina) analyzed was found to be very stable to the type of closure used and the use of the barrel, but highly sensitive to the combination of time:temperature storage factors.

Aging for 6-9 months (greater extraction of compounds) in new barrels would only be justified if differences in the aromatic profile of the wine were desired. All of this is key in making decisions about the style of aged wine sought, and in the costs associated with barrel selection, and refrigeration of the bottle until the moment of consumption of high-quality wine.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

Introducción

I.1. CONSIDERACIONES GENERALES	2
I.1.1 EL VINO Y SU HISTORIA	2
I.1.2 EVOLUCIÓN VITIVINÍCOLA ARGENTINA Y CONTEXTO ACTUAL DE MENDOZA	3
I.1.3 EL EMBLEMÁTICO VINO MALBEC ARGENTINO	4
I.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL VINO	5
I.2.1 COMPOSICIÓN FENÓLICA DEL VINO Y SU EVOLUCIÓN DURANTE LA CONSERVACIÓN	6
I.2.2 COMPOSICIÓN ODORANTE	8
I.3 ASPECTOS PROPIOS DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN	10
I.4 HIPÓTESIS	21
I.5 OBJETIVO GENERAL	21
I.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
BIBLIOGRAFÍA	22

CAPÍTULO II

Materiales y métodos experimentales

II.1 LUGAR DE TRABAJO	38
II.2 INSTRUMENTAL ANALÍTICO Y AUXILIAR	38
II.3 MATERIAL VOLUMÉTRICO DE VIDRIO Y MATERIAL AUXILIAR	40
II.4 REACTIVOS	41
II.4.1 ESTÁNDARES QUÍMICOS DE COMPUESTOS VOLÁTILES	42
II.4.2 ESTÁNDARES QUÍMICOS PARA EL ANÁLISIS DE TANINOS ELÁGICOS	42
II.4.3 OTROS	42
II.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS VINOS Y MÉTODOS DE VINIFICACIÓN	43
II.6 REGISTRO DE LA TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN	47
II.7 PARÁMETROS ENOLÓGICOS GENERALES Y ANHÍDRIDO SULFUROSO	48
II.8 DETERMINACIÓN DE OXÍGENO EN VINO	50
II.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	51
II.10 COMPOSICIÓN FENÓLICA Y COLOR	51
II.11 DETERMINACIÓN DE TANINOS ELÁGICOS	52
II.12 DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES	54

II.13 ANÁLISIS SENSORIAL	58
II.13.1 ANÁLISIS DISCRIMINATIVOS	59
II.13.1.1 Test triangular	59
II.13.1.2 Diferencia de un control	60
II.13.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	61
II.14 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	65
BIBLIOGRAFÍA	67

CAPÍTULO III

Evolución química y sensorial de vinos Malbec conservados en botella con distintos cerrres y temperaturas de almacenamiento

III.1 INTRODUCCIÓN	70
III.2 PARÁMETROS ENOLÓGICOS	72
III.3 OXÍGENO Y DIÓXIDO DE AZUFRE	73
III.4 COMPOSICIÓN FENÓLICA	76
III.5 COMPOSICIÓN VOLÁTIL	79
III.6 COLOR DEL VINO	84
III.7 ANÁLISIS SENSORIAL	86
III.8 CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES QUÍMICAS Y SENSORIALES	87
III.9 CONCLUSIONES PARCIALES	88
BIBLIOGRAFÍA	90

CAPÍTULO IV

Evolución química y sensorial de vinos Malbec durante 18 meses de conservación en barricas. Efecto del re-uso de la barrica

IV.1 INTRODUCCIÓN	102
IV.2 PARÁMETROS ENOLÓGICOS Y MICROBIOLÓGICOS	104
IV.3 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	107
IV.4 COMPOSICIÓN FENÓLICA Y COLOR	110
IV.5 TANINOS ELÁGICOS	115
IV.6 COMPOSICIÓN VOLÁTIL	118

IV.6.1 Ésteres, alcoholes y ácidos grasos.....	124
IV.6.2 Terpenoides	126
IV.6.3 Norisoprenoides.....	126
IV.6.4 Furanoides	127
IV.6.5 Lactonas	129
IV.6.6 Fenoles volátiles.....	129
IV.6.7 Otros compuestos	131
IV.7. ANÁLISIS SENSORIAL	133
IV.7.1 Seis meses de conservación en barricas.....	133
IV.7.2 Doce meses de conservación en barricas.....	134
IV.7.3 Dieciocho meses de conservación en barricas	135
IV.8 Conclusiones parciales.....	136
Bibliografía.....	138

CAPÍTULO V

Evolución química y sensorial de vinos Malbec conservados en botellas con distintos cierres y temperaturas de almacenamiento, provenientes de barricas nuevas y usadas.

V.1 INTRODUCCIÓN	150
V.2 PARÁMETROS GENERALES.....	152
V.3 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE OXÍGENO DISUELTO Y EN ESPACIO DE CABEZA	159
V.4 COMPOSICIÓN FENÓLICA Y COLOR.....	166
V.5 EVOLUCIÓN DE TANINOS ELÁGICOS.....	177
V.6 COMPOSICIÓN VOLÁTIL.....	180
V.6.1 Esteres, alcoholes y ácidos orgánicos en vinos conservados 6 meses en barricas nuevas y 18 meses en botellas con tapa a rosca.	182
V.6.2 Terpenoides, norisoprenoides, furanoides, lactonas y fenoles volátiles en vinos conservados 6 meses en barricas nuevas y 18 meses en botellas con tapa a rosca.	184
V.6.3 Efecto del tiempo sobre la composición volátil de vinos provenientes del añejamiento en barricas nuevas durante 12 y 18 meses y almacenados en botella con tapa a rosca a 15°C durante 12 y seis meses respectivamente.....	187

V.7 ANÁLISIS SENSORIAL.....	189
V.7.1 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 6 meses en barricas, durante los 18 meses de conservación en botella.	189
V.7.1.1 Seis meses en botella	189
V.7.1.2 Nueve meses en botella	192
V.7.1.3 Doce meses en botella	192
V.7.1.4 Dieciocho meses en botella	195
V.7.2 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 12 meses en barricas, durante los 12 meses de conservación en botella.	197
V.7.2.1 Seis meses botella.....	197
V.7.2.2 Doce meses botella	199
V.7.3 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 18 meses en barricas nuevas, durante los 6 meses de conservación en botella.	201
V.8 Conclusiones parciales.....	202
Bibliografía	203

CONCLUSIONES GENERALES, PERSPECTIVAS FUTURAS Y PUBLICACIONES.....	213
--	------------

ANEXOS.....	218
--------------------	------------

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIG.I.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS ÉSTERES MÁS IMPORTANTES PRODUCIDOS EN LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DEL VINO.	9
FIG.I.2. REACCIONES Y FENÓMENOS DE INTERCAMBIO MADERA-LÍQUIDO Y ATMÓSFERA QUE OCURREN DURANTE EL AÑEJAMIENTO EN BARRICA	13
FIG.I.3. ENTRADA DE OXÍGENO A TRAVÉS DEL CIERRE DE LAS BOTELLAS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS TAPONES	15

CAPÍTULO II

FIG.II.1. ESQUEMA DEL ENSAYO GLOBAL DE CONSERVACIÓN DE VINOS MALBEC.....	45
FIG. II.2. REGISTROS DE LAS TEMPERATURAS DE LAS CÁMARAS DE 15 Y 25°C DURANTE LOS 2 AÑOS DE CONSERVACIÓN DE LOS VINOS MALBEC.....	47
FIG. II.3. EQUIPO ESPECTRÓMETRO FT-IR COMPACTO	49
FIG. II.4. EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE ANHÍDRIDO SULFUROSO.....	49
FIG. II.5. DETERMINACIÓN DE OXÍGENO EN VINO.	51
FIG. II.6. ESPECTROFOTÓMETRO UV-VISIBLE Y CUBETAS UTILIZADAS EN LA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y PIGMENTOS POLIMÉRICOS.....	52
FIG.II.7. PERFIL CROMATOGRÁFICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS EN BOTELLA DURANTE 24 MESES, OBTENIDO POR SPME/GC-MS.	57

FIG. II.8. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC	58
FIG. II.9. MODELO UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DISCRIMINATIVO DE VINOS MALBEC MEDIANTE EL TEST TRIANGULAR... ..	59
FIG. II.10. PLANILLA UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DISCRIMINATIVO DE VINOS MALBEC EN EL TEST DIFERENCIA DE UN CONTROL.. ..	61
FIG. II.11. GUÍA DE ESTÁNDARES DE REFERENCIA, UTILIZADA POR LOS PANELISTAS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO DE VINOS MALBEC.....	62
FIG. II.12. ÁRBOL DE DECISIÓN PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS SENSORIALES.....	66

CAPÍTULO III

FIG. III.1. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO Y DIÓXIDO DE AZUFRE LIBRE	74
FIG. III.2. EVOLUCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN VINOS MALBEC DURANTE EL AÑEJAMIENTO A DOS TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO (15°C Y 25°C)	76
FIG. III.3. EFECTO DEL CIERRE, TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN EN EL CONTENIDO DE NORISOPRENOIDES DE VINOS MALBEC	83
FIG. III.4. PARÁMETROS CIELAB DURANTE LA CRIANZA EN BOTELLA DE VINOS MALBEC.....	84
FIG. III.5. ANÁLISIS POR REGRESIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS PARCIALES DE VARIABLES ANALÍTICAS Y SENSORIALES DE VINOS MALBEC A LOS 24 MESES DE CRIANZA.....	87

CAPÍTULO IV

FIG. IV.1. ESQUEMA DEL ENSAYO DE EVOLUCIÓN DEL VINO MALBEC EN BARRICAS.	103
FIG. IV.2. CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO RESIDUAL DE VINOS MALBEC ENVEJECIDOS DURANTE 18 MESES EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS.....	109
FIG. IV.3. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE TANINOS ELÁGICOS EN VINOS CONSERVADOS EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS DURANTE 18 MESES.....	115
FIG. IV.4. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ODORANTES EN VINOS CONSERVADOS EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS DURANTE 18 MESES.....	123
FIG. IV.5. PERFIL SENSORIAL DE LOS VINOS MALBEC ENVEJECIDOS DURANTE 6 MESES EN BARRICAS ..	134
FIG. IV.6. BIPLLOT DE LOS VINOS EVALUADOS SENSORIALMENTE POR 20 PANELISTAS NO ENTRENADOS, CON ELIPSES DE CONFIANZA DEL 95,00%... ..	135
FIG. IV.7. PERFIL SENSORIAL DE LOS VINOS MALBEC ENVEJECIDOS DURANTE 18 MESES EN BARRICAS	136

CAPÍTULO V

FIG. V.1. ESQUEMA DEL ENSAYO REALIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y SENSORIALES DURANTE LA CONSERVACIÓN EN BOTELLAS DE VINOS PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.	151
FIG. V.2. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE ETANOL (%V/V) DE VINOS MALBEC DURANTE EL TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA.....	154
FIG. V.3. EVOLUCIÓN DE VARIABLES ASOCIADAS A LA ACIDEZ DE VINOS MALBEC DURANTE EL TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA.....	156
FIG. V.4. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIPO DE BARRICA SOBRE EL ANHÍDRIDO SULFUROSO LIBRE DE VINOS MALBEC DURANTE LA CONSERVACIÓN EN BOTELLA DE VINOS PROVENIENTES DE BARRICAS.	157

FIG. V.5. EVOLUCIÓN DEL OXÍGENO DISPONIBLE DE VINOS MALBEC CONSERVADOS DURANTE 12 MESES EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS Y 12 MESES EN BOTELLA SELLADOS CON CORCHO NATURAL Y ROSCA A 15 Y 25°C.....	163
FIG. V.6. EVOLUCIÓN DEL OXÍGENO CONSUMIDO DE VINOS MALBEC SEGÚN LA INTERACCIÓN DE FACTORES CON ELEVADO PORCENTAJE DE VARIABILIDAD EXPLICADA	165
FIG. V.7. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 6, 12 Y 18 MESES DE BARRICA Y ALMACENADOS EN BOTELLA.....	169
FIG. V.8. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE TANINOS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 6, 12 Y 18 MESES DE BARRICAS Y ALMACENADOS EN BOTELLA.....	171
FIG. V.9. EVOLUCIÓN DE PIGMENTOS POLIMÉRICOS GRANDES (LPP) Y PEQUEÑOS (SPP) EN VINOS MALBEC EMBOTELLADOS, PROVENIENTES DE 6, 12 Y 18 MESES DE BARRICAS Y ALMACENADOS 18,12 Y 18, 12 Y 6 MESES EN BOTELLA RESPECTIVAMENTE.....	172
FIG. V.10. EVOLUCIÓN DE VARIABLES ASOCIADAS AL COLOR DE VINOS MALBEC EMBOTELLADOS, PROVENIENTES DE 6, 12 Y 18 MESES DE BARRICAS Y ALMACENADOS 18, 12 Y 6 MESES EN BOTELLA RESPECTIVAMENTE... ..	175
FIG. V.11. UBICACIÓN EN EL PLANO CIELAB DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS, FINALIZADA LA CONSERVACIÓN EN BOTELLAS.. ..	177
FIG. V.12. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE TANINOS ELÁGICOS TOTALES DURANTE LOS 18 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 6 MESES DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS U USADAS.....	178
FIG. V.13. BIPLLOT DE LOS VINOS EVALUADOS SENSORIALMENTE POR 20 PANELISTAS NO ENTRENADOS, CON ELIPSES DE CONFIANZA DEL 95,00%... ..	190
FIG.V.14. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 6 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS DURANTE 6 MESES.	191
FIG. V.15. VARIACIÓN DE VALORES MEDIOS EN ATRIBUTOS SENSORIALES SIGNIFICATIVOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 6 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS DURANTE 6 MESES... ..	192
FIG.V.16. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 12 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS DURANTE 6 MESES.....	193
FIG. V.17. VARIACIÓN DE VALORES MEDIOS EN ATRIBUTOS SENSORIALES SIGNIFICATIVOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 12 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS DURANTE 6 MESES.	194
FIG.V.18. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 18 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS DURANTE 6 MESES.....	196
FIG. V.19. VARIACIÓN DE VALORES MEDIOS EN ATRIBUTOS SENSORIALES SIGNIFICATIVOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 18 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS DURANTE 6 MESES.....	196
FIG.V.20. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 6 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS DURANTE 12 MESES.....	198
FIG. V.21. VARIACIÓN DE VALORES MEDIOS EN ATRIBUTOS SENSORIALES SIGNIFICATIVOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 6 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS DURANTE 12 MESES.....	199
FIG.22. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 12 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS DURANTE 12 MESES.....	200

FIG. V.23. VARIACIÓN DE VALORES MEDIOS EN ATRIBUTOS SENSORIALES SIGNIFICATIVOS DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE VINOS MALBEC CONSERVADOS 12 MESES EN BOTELLAS Y PROCEDENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS DURANTE 12 MESES.....	201
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

TABLA.II.1. FRECUENCIA DE MUESTREOS UTILIZADA EN EL ENSAYO DE CONSERVACIÓN DE VINOS MALBEC PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS (Q), MICROBIOLÓGICOS (M) Y SENSORIALES (S).	46
TABLA II.2. VALORES MEDIOS Y DE DISPERSIÓN PARA EL REGISTRO DE TEMPERATURAS DE LAS CÁMARAS DE 15 Y 25°C DE CONSERVACIÓN DE VINOS MALBEC.....	47
TABLA II.3. PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN VINOS MALBEC.....	55
TABLA II.4.NÚMERO MÍNIMO DE RESPUESTAS CORRECTAS DEL TEST TRIANGULAR, PARA ESTABLECER SIGNIFICANCIA	60
TABLA II.5. ATRIBUTOS Y ESTÁNDARES DE REFERENCIA USADOS EN ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO DE VINOS MALBEC.....	63

CAPÍTULO III

TABLA III.1. EVOLUCIÓN DE DIFERENTES FAMILIAS QUÍMICAS VOLÁTILES EN VINOS MALBEC DURANTE LA CONSERVACIÓN A DOS TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO (15°C Y 25 °C).....	80
---	----

CAPÍTULO IV

TABLA IV.1. EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS ENOLÓGICOS DE VINOS MALBEC DURANTE EL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.	104
TABLA IV.2. CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN FENÓLICA Y COLOR DE VINOS MALBEC ENVEJECIDOS DURANTE 18 MESES EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS.....	114
TABLA IV.3. VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN DE ELAGITANINOS INDIVIDUALES Y TOTALES PARA LOS DISTINTOS PERÍODOS DE EVALUADOS.	117
TABLA IV.4. EFECTO DEL USO DE LA BARRICA Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN SOBRE LOS COMPUESTOS ODORANTES DE VINOS MALBEC AÑEJADOS EN BARRICAS DURANTE 18 MESES..	119
TABLA IV.5. EVOLUCIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN VINOS CONSERVADOS EN BARRICAS NUEVAS Y USADAS DURANTE 18 MESES.....	132

CAPÍTULO V

TABLA V.1. EFECTO DEL USO DE LA BARRICA, TIPO DE CIERRE, TEMPERATURA, TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA SOBRE LOS PARÁMETROS ENOLÓGICOS GENERALES DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.	152
TABLA V.2. EFECTO DEL USO DE LA BARRICA, TIPO DE CIERRE, TEMPERATURA, TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA SOBRE EL OXÍGENO RESIDUAL DISPONIBLE, EN ESPACIO DE CABEZA, TOTAL Y CONSUMIDO EN VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS... ..	161
TABLA V.3. EFECTO DEL USO DE LA BARRICA, TIPO DE CIERRE, TEMPERATURA, TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA SOBRE LA COMPOSICIÓN FENÓLICA Y EL COLOR DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.	168

TABLA V.4. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN EN BOTELLA CON TAPA A ROSCA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE FAMILIAS QUÍMICAS VOLÁTILES DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO DURANTE 6 MESES BARRICAS NUEVAS.	181
TABLA V.5. EVOLUCIÓN DE LAS DIFERENTES FAMILIAS QUÍMICAS VOLÁTILES DURANTE LOS 18 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS CON TAPA A ROSCA DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 6 MESES DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS.	181
TABLA V.6. EVOLUCIÓN DE LAS DIFERENTES FAMILIAS QUÍMICAS VOLÁTILES DURANTE LOS 12 Y 6 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS CON TAPA A ROSCA A 15°C DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 12 Y 18 MESES RESPECTIVAMENTE DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS..	187

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO CAPÍTULO I.....	219
COMPUESTOS FENÓLICOS PRESENTES EN EL VINO	
FIG. SUP 1. ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS	219
FIG. SUP 2. ÁCIDOS FENÓLICOS EN UVAS Y VINOS.....	219
Fig. SUP 3. Trihidroxi-3.5,4'-estilbeno (resveratrol).....	219
FIG. SUP 4. ESTRUCTURA Y NUMERACIÓN DE LOS FLAVONOIDES.....	220
FIG. SUP 5. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LAS ANTOCIANINAS PRESENTES EN VINOS.	220
FIG. SUP 6. ESTRUCTURA QUÍMICA DE CATEQUINAS PRESENTES EN UVAS Y VINOS.	221
FIG. SUP 7. ESTRUCTURA QUÍMICA DE FLAVONOIDES.....	221
COMPUESTOS ODORANTES PRESENTES EN EL VINO	
FIG. SUP 8. MONOTERPENOS MÁS IMPORTANTES ENCONTRADOS EN UVAS Y VINOS	222
FIG. SUP 9. PRINCIPALES METOXIPIRAZINAS ENCONTRADAS EN UVAS Y VINOS.....	222
FIG. SUP 10. PRINCIPALES DERIVADOS C13-NORISOPRENOIDES ENCONTRADAS EN UVAS.	223
FIG. SUP 11. FORMACIÓN DE FENOLES VOLÁTILES DURANTE LA VINIFICACIÓN Y EL AÑEJAMIENTO.	223
FIG. SUP.12. VÍA DE FORMACIÓN DE HMF (5-HIDROXIMETILFURFURAL) POR DESHIDRATACIÓN DE AZÚCAR CATALIZADA EN MEDIO ÁCIDO..	224
FIG. SUP 13. FORMACIÓN DE HMF (5-HIDROXIMETILFURFURAL) POR REACCIÓN DE MAILLARD.	224
FIG. SUP 14. ESTRUCTURA DE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES IDENTIFICADOS EN EXTRACTOS DE MADERA DE ROBLE SIN TOSTAR	225
FIG. SUP 15. DIVERSOS COMPUESTOS QUE PUEDEN DESARROLLARSE POR LA DEGRADACIÓN DE POLISACÁRIDOS DURANTE EL TOSTADO DEL ROBLE	225
ANEXO CAPÍTULO III.....	226
ANEXO III.1. EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS ENOLÓGICOS EN VINOS MALBEC DURANTE DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.	226
ANEXO III.2. EVOLUCIÓN DE LA ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE VINOS MALBEC DURANTE DIFERENTES CONDICIONES DE AÑEJAMIENTO.....	227

ANEXO III.3. ESTUDIOS CINÉTICOS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE ANTOCIANINAS A DIFERENTES TEMPERATURAS: ÓRDENES DE REACCIÓN (N) Y CONSTANTES DE VELOCIDAD ESPECÍFICAS (KV)..	227
ANEXO III.4. EVOLUCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES INDIVIDUALES EN VINOS MALBEC DURANTE CONDICIONES DIFERENTES DE CONSERVACIÓN.....	228
ANEXO CAPÍTULO IV.....	232
ANEXO IV.1. EVOLUCIÓN MICROBIOLÓGICA DE VINOS MALBEC DURANTE EL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.....	232
ANEXO IV.2. EVOLUCIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN VINOS CONSERVADOS EN BARRICAS DURANTE 18 MESES.	233
ANEXO IV.3. EFECTO DEL USO DE LA BARRICA SOBRE EL PERFIL DE VINOS MALBEC AÑEJADOS EN BARRICAS DURANTE 18 MESES.	235
ANEXO CAPÍTULO V	236
ANEXO V.1. EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS ENOLÓGICOS DURANTE LA CONSERVACIÓN EN BOTELLAS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.....	236
ANEXO V.2. EVOLUCIÓN MICROBIOLÓGICA DE VINOS MALBEC CONSERVADOS DURANTE 6, 12 Y 18 MESES EN BARRICAS Y 18,12 Y 6 MESES EN BOTELLA RESPECTIVAMENTE.....	240
ANEXO V.3. EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN FENÓLICA Y EL COLOR, DURANTE LA CONSERVACIÓN EN BOTELLAS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO EN BARRICAS.....	241
ANEXO V.4. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE TANINOS ELÁGICOS INDIVIDUALES DURANTE 18 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DEL AÑEJAMIENTO DURANTE 6 MESES BARRICAS NUEVAS U USADAS... ..	245
ANEXO V.5 EVOLUCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES INDIVIDUALES DURANTE LOS 18 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS CON TAPA A ROSCA DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 6 MESES DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS.	247
ANEXO V.6 EVOLUCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES INDIVIDUALES DURANTE LOS 12 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS CON TAPA A ROSCA A 15°C DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 12 MESES DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS... ..	251
ANEXO V.7 EVOLUCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES INDIVIDUALES DURANTE LOS 6 MESES DE CONSERVACIÓN EN BOTELLAS CON TAPA A ROSCA A 15°C DE VINOS MALBEC PROVENIENTES DE 18 MESES DE AÑEJAMIENTO EN BARRICAS NUEVAS.	252
ANEXO V.8. EFECTO COMBINADO DEL USO DE LA BARRICA, TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN Y CIERRE EMPLEADO EN LAS BOTELLAS, SOBRE EL PERFIL SENSORIAL DE VINOS MALBEC... ..	254
ANEXO V.9. ANÁLISIS SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS EN BOTELLAS, PROCEDENTES DE DISTINTOS PERIODOS DE CONSERVACIÓN EN BARRICAS.....	255



Capítulo I

INTRODUCCIÓN

*El vino alegra el corazón del
hombre" (Sal 104, 15)*

I.1.Consideraciones generales

I.1.1 El vino y su historia

La elaboración del vino tiene raíces profundas en la historia de la humanidad, remontándose a más de 6.000 años a.C. en Georgia, considerada la cuna de la viticultura moderna. Allí se desarrollaron métodos rudimentarios pero efectivos, como el uso de recipientes de arcilla llamados *kvevri* para la fermentación. Este conocimiento, perpetuado por tradiciones locales, marcó los inicios de una práctica que trascendería fronteras y épocas (O. Clarke, 2015).

Los relatos bíblicos también destacan el cultivo de la vid, atribuyendo a Noé la creación del primer viñedo en las montañas del Cáucaso después del Diluvio. Posteriormente, griegos y romanos perfeccionaron el arte del vino, estableciendo viñedos en regiones claves de Europa y sistematizando prácticas enológicas que siguen vigentes. Egipto, con su meticuloso etiquetado de jarras de vino, dejó evidencia de una industria organizada desde el año 1480 a.C. (O. Clarke, 2015).

La expansión del cristianismo jugó un papel crucial en la propagación de la viticultura, ya que el vino es imprescindible para la celebración de la misa. Con la llegada de los europeos a América en el siglo XV, la vid se introdujo en el continente, destacando inicialmente en el Virreinato del Perú. Regiones como el Valle de Ica se convirtieron en polos de producción hasta que factores como terremotos, pestes y cambios económicos reorientaron la industria hacia otros cultivos (Barea Suarez, 2003) .

En Argentina y Chile, la viticultura floreció a partir del siglo XVII gracias al impulso de los jesuitas, quienes introdujeron conocimientos avanzados y establecieron viñedos emblemáticos. En Mendoza, el desarrollo vitivinícola adquirió un carácter transformador en el siglo XIX con la llegada de inmigrantes europeos, el ferrocarril y la implementación de leyes de tierras y aguas. Estas innovaciones consolidaron a la región como una potencia vitivinícola, marcando un legado de perseverancia y evolución en la industria del vino (Lacoste, 2004).

Entre fines del siglo XVI y comienzos del XVII, Chile ya se perfilaba como futura potencia vitivinícola. A comienzos del siglo XVII Santiago produjo un volumen de 14 millones de litros de vino, para lo cual se necesitaban por lo menos 7.000.000 de cepas. (Carborani, 2008; Lacoste, 2004; Montaña, 2007)

Este recorrido histórico evidencia cómo el vino, más que una bebida, es un símbolo cultural y económico que ha moldeado civilizaciones a lo largo del tiempo.

I.1.2 Evolución vitivinícola argentina y contexto actual de Mendoza

Argentina se posiciona como uno de los principales actores en la industria vitivinícola mundial, gracias a sus condiciones agroecológicas excepcionales que permiten la producción de vinos de alta calidad y diversidad de estilos. Estas ventajas le han otorgado el quinto lugar global como productor de vinos.

Durante el siglo XX, el cultivo de vid en Mendoza creció significativamente, impulsado por el consumo interno de vinos comunes. Sin embargo, a mediados del siglo, el sector enfrentó una crisis debido a políticas económicas, competencia de otras bebidas y cambios en los patrones de consumo. En la década de 1990, una transformación estructural orientó la industria hacia la calidad, eliminando variedades de baja calidad y promoviendo cepas como Malbec, Bonarda y Cabernet Sauvignon. Esta reconversión fue acompañada por inversiones en tecnología, riego por goteo, análisis de suelos y asesoramiento técnico, fortaleciendo la competitividad de la región (Montaña, 2007; Neiman, 2017; Vigil et al., 2003).

Mendoza, que concentra el 70% de la producción nacional, lidera la industria vitivinícola argentina (INV, 2018a; Observatorio de comercio exterior, 2020). La provincia ha sido clave en la expansión de la exportación de vinos finos, logrando un crecimiento exponencial: de exportaciones de USD 125 millones en 2000 a USD 680 millones en 2020. A nivel nacional, el sector incluye más de 900 bodegas activas y es uno de los 10 principales exportadores del país (INV, 2018b; Observatorio de comercio exterior, 2020).

El desarrollo del sistema cooperativo ha permitido que pequeños productores se integren a la cadena de valor, mientras que políticas como la Ley de Denominación de Origen Controlada y el Plan Estratégico Vitivinícola 2020 han promovido el posicionamiento global del vino argentino. Estos esfuerzos, junto con el aumento del consumo interno y la resiliencia frente a la pandemia, consolidan a la industria vitivinícola como un pilar económico y cultural de Argentina (Pandolfi & Cuello, 2005; Rocco, 2014).

I.1.3 El emblemático vino Malbec argentino

El vino Malbec es un símbolo destacado de Argentina, reconocido internacionalmente como una de sus mayores contribuciones culturales (Exeter International, 2017). Originario de Cahors, Francia, el Malbec fue introducido en Argentina en el siglo XIX por Michel Aimé Pouget. Se adaptó excepcionalmente bien a las condiciones agroecológicas del país, especialmente en Mendoza, que concentra el 84,8% de su producción nacional (CataDelVino, 2015; INV, 2026; Lacoste, 2010).

Argentina produce el 85% del Malbec mundial, con Mendoza liderando la producción en regiones como Luján de Cuyo y el Valle de Uco. En 2025, el Malbec representó el 71,9 % de las ventas de vinos varietales argentinos, con exportaciones a mercados clave como Reino Unido, Estados Unidos y Brasil, generando más de 486 millones de dólares (CataDelVino, 2015; INV, 2026).

El Malbec argentino se destaca por su diversidad, influenciada por factores agroecológicos como altitud, radiación solar y estrés hídrico. Estudios recientes muestran cómo estas variables afectan la composición fenólica y sensorial del vino. Por ejemplo, técnicas como el control de riego y el uso de ácido abscísico mejoran la calidad enológica del Malbec (Alonso et al., 2021; Assof, 2019; Capraro et al., 2008; de Rosas et al., 2017; Fanzone et al., 2010; Gil et al., 2013; Goldner & Zamora, 2007; González et al., 2019; Murcia et al., 2017; Urvieta et al., 2021).

La investigación en microbiología enológica ha explorado la utilización de levaduras *Saccharomyces* y no-*Saccharomyces* durante el proceso fermentativo, el impacto de levaduras en el perfil sensorial y la reducción de alcohol en el Malbec (Fanzone et al., 2020; Maturano et al., 2015; Mercado et al., 2007; Merín & Morata de Ambrosini, 2020; Mestre et al., 2019; Pérez et al., 2018). Mientras que innovaciones tecnológicas han optimizado procesos como la maceración y conservación, contribuyendo a mejorar la calidad y estabilidad del vino (Agazzi et al., 2018; Casassa et al., 2016; Casassa & Sari, 2015; Catania, 2009; Fanzone et al., 2013; Vila, 2002).

A pesar de su relevancia económica y cultural, se identifican áreas de investigación pendientes, como el análisis integral de las condiciones de añejamiento en las características químico-sensoriales del Malbec, que sigue siendo un tema clave para asegurar su excelencia y competitividad global.

I.2 Composición química del vino

Un vino de mesa seco es una solución hidroalcohólica ácida (pH 3-4) cuyos componentes principales son el agua y el etanol, que normalmente representan alrededor del 97% (p/p). Los compuestos restantes, responsables de la mayor parte del sabor y el color del vino, generalmente están presentes en concentraciones $<10 \text{ g.L}^{-1}$, y muchos aromas se encuentran en concentraciones de parte por trillón (ng.L^{-1}) (Waterhouse et al., 2016b).

Se conoce como añejamiento al tiempo que transcurre desde la finalización de la fermentación hasta la venta del vino. Durante este periodo, acontecen cambios fisicoquímicos que modifican las características organolépticas del vino, transformando la típica frescura y aspereza del vino joven en la complejidad y estabilidad deseada de un vino añejo. Luego de esta etapa, los vinos pueden presentar cambios en el contenido de alcohol, un menor contenido de ácidos fijos y una mayor acidez volátil. La crianza de los vinos tintos puede estar formada por dos etapas diferenciadas: el añejamiento en madera (oxidativa) y la conservación en botella (reductora)

(Blazer, 1991; Carpena et al., 2020; Jackson, 2008; Ma et al., 2022; Ribéreau-Gayon et al., 2006b; Tao et al., 2014) .

I.2.1 Composición fenólica del vino y su evolución durante la conservación

Los compuestos fenólicos (Anexo I Fig. Suplementaria 1) son determinantes en las características sensoriales del vino, como el color, el sabor amargo y la astringencia. Se clasifican como flavonoides (que son más abundantes) y no flavonoides. Los compuestos fenólicos incluyen ácidos fenólicos, estilbenos, antocianinas y taninos condensados, cada uno con estructuras y funciones específicas que contribuyen a las propiedades organolépticas y estabilidad del vino (Flanzy, 2000; Waterhouse et al., 2016c).

Clasificación de los compuestos fenólicos (Zamora, 2003):

1. **Fenoles no flavonoides:** Comprenden ácidos benzoicos, cinámicos (Anexo I Fig. Suplementaria 2) y estilbenos. Se localizan en la pulpa y el hollejo de las bayas. Los estilbenos, como el trans-resveratrol (Anexo I Fig. Suplementaria 3), destacan por sus beneficios para la salud, aunque no influyen directamente en el color o sabor (Kennedy et al., 2006; Rentzsch et al., 2009).

2. **Flavonoides:** Este grupo es esencial en el color y sabor del vino (Terrier et al., 2009). Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 4. Incluye:

- **Antocianinas:** Presentes en los hollejos de las uvas, responsables del color rojo-azulado. Su estabilidad depende del pH, temperatura y otras interacciones químicas (Monagas & Bartolomé, 2009; Ribéreau-Gayon et al., 2006c). Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 5.

- **Flavanoles:** Estructuras básicas de los taninos condensados, abundantes en semillas y hollejos, responsables del amargor, la astringencia y reacciones de pardeamiento oxidativo

(Terrier et al., 2009; Zamora, 2003). Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 6.

- Flavonoles: Están presentes en las pieles de las bayas, contribuyen al color en vinos blancos y tintos mediante reacciones de copigmentación con antocianos (Ribéreau-Gayon et al., 2006c). Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 7.

El proceso de conservación, tras la fermentación maloláctica, implica procesos de degradación y estabilización de antocianinas libres. Estas reacciones dependen de la interacción con taninos, ácidos cinámicos, acetaldehído y factores ambientales como temperatura y oxidación (Kilmister et al., 2014; Ribéreau-Gayon et al., 2006c).

- Degradación: La malvidina y otras antocianinas se degradan por oxidación o calor, generando pigmentos naranjas (piroantocianos), insensibles al SO₂ y las variaciones de pH (Fulcrand et al., 2006).

- Estabilización: Involucra reacciones directas (entre antocianinas y taninos) e indirectas (mediante etanal), formando pigmentos estables de tonos rojizos y anaranjados (Fulcrand et al., 2006; Ribéreau-Gayon et al., 2006c; Waterhouse et al., 2016a).

Las temperaturas de conservación superiores a 20°C son un factor crítico, debido a que favorecen reacciones de polimerización y degradación térmica, afectando negativamente la intensidad y estabilidad del color. Además, estas temperaturas benefician la interacción de compuestos fenólicos con polisacáridos y otros componentes lo que puede influir en la calidad sensorial final del vino (Ribéreau-Gayon et al., 2006c; Zamora, 2019).

Un conocimiento profundo del efecto de las condiciones de conservación es crucial para optimizar el proceso y garantizar la calidad organoléptica y estética de los vinos durante el envejecimiento.

I.2.2 Composición odorante

El aroma del vino resulta de la interacción de compuestos químicos presentes en concentraciones traza. Se reconocen tres fuentes principales de aromas: primarios (varietales), secundarios (de la fermentación) y terciarios (envejecimiento). La composición odorante varía con factores como el tipo de uva, el proceso enológico y las condiciones de almacenamiento (R. Clarke & Bakker, 2004; Ferreira González, 2007).

Aromas primarios: Los compuestos varietales, como los terpenos, pirazinas y norisoprenoides, provienen de la uva y el terroir. Estos se encuentran en formas odorantes libres y como precursores no odorantes, que se transforman en compuestos volátiles durante la fermentación y el envejecimiento (Baumes, 2009; Bayonove et al., 2000; Jackson, 2008).

Destacan:

- Terpenos: Responsables de aromas florales y cítricos, comunes en variedades como Moscatel. Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 8 (Ribéreau-Gayon et al., 2006d).
- Pirazinas: Asociadas a notas herbáceas como el pimiento verde, típicas de Cabernet Sauvignon. Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 9. (Bayonove et al., 2000; Jackson, 2008).
- Norisoprenoides: Derivados de carotenoides, aportan aromas únicos como el queroseno (TDN, 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno) en vinos añejados. Su estructura química se presenta en el Anexo I Fig. Suplementaria 10 odoríferos (Bayonove et al., 2000; Ribéreau-Gayon et al., 2006d).

Aromas secundarios y terciarios: comenzado el proceso enológico pueden aparecer aldehídos y alcoholes en C6 (hexanal, n-hexanol, (Z)-3-hexen-1-ol, (E)-2-hexen-1-ol, etc.) debido a fenómenos bioquímicos de oxidación e hidrólisis durante la extracción del jugo y durante la

maceración, pueden tener un efecto perjudicial sobre la calidad del vino debido a sus olores herbáceos (Bayonove et al., 2000; Robinson et al., 2014).

Durante la fermentación alcohólica y maloláctica, se generan ésteres, alcoholes superiores, ácidos grasos y compuestos azufrados. Estos compuestos confieren notas frutales, florales y especiadas, pero en exceso pueden ser perjudiciales (Figura I.1). En esta etapa también pueden aparecer compuestos carbonílicos y fenoles volátiles (por acción de las bacterias lácticas). En la crianza, fenómenos como la esterificación y oxidación transforman los compuestos aromáticos, llevando a perfiles más complejos en vinos añejos (Baumes, 2009; Carpena et al., 2021; Ruiz Rodríguez et al., 2020; Vilela, 2020).

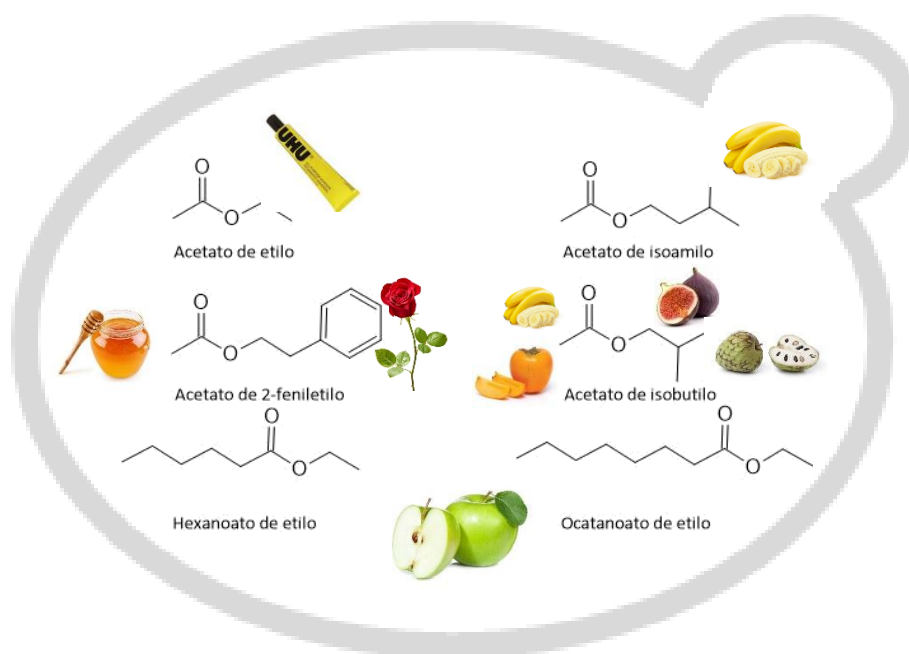


Fig.I.1. Representación esquemática de los ésteres más importantes producidos en la fermentación alcohólica del vino: acetato de etilo (aroma pegamento), acetato de isoamilo (aroma de banana), acetato de 2-feniletilo (aromas a rosas y miel), acetato de isobutilo (aroma a frutas dulces) y caproato de etilo y etilo (manzana verde). Adaptación de Vilela (2020).

La conservación del vino implica procesos en barricas de roble y botellas. En las barricas, el contacto con la madera aporta compuestos fenólicos y volátiles, como vainillina y lactonas, que mejoran el aroma y la estabilidad del vino. En botella, factores como el tipo de cierre, temperatura y tiempo influyen en la evolución química y sensorial (Bayonove et al., 2000; Cassino et al., 2019; Jackson, 2008; Moreno & Peinado, 2012).

- *Barricas*: Las barricas nuevas aportan compuestos aromáticos más intensos, mientras que las usadas disminuyen la intensidad pero favorecen el equilibrio (Ribéreau-Gayon et al., 2006c; Zamora, 2019).

- *Botellas*: El tipo de cierre (corcho o rosca) y la temperatura afectan la oxidación y la degradación de compuestos claves, como los antocianos y ésteres (Scrimgeour et al., 2015).

La comprensión de las interacciones fisicoquímicas que ocurren durante la conservación es esencial para garantizar la calidad y la tipicidad del vino Malbec. Factores como el manejo de la temperatura, el oxígeno disuelto y el tipo de barrica o cierre deben ser optimizados para preservar las características sensoriales deseadas y el impacto económico del varietal en el mercado.

Se propone un enfoque integral que evalúe las transformaciones químico-sensoriales del Malbec bajo diversas condiciones de conservación, contribuyendo a un manejo enológico más eficiente y sostenible.

I.3 Aspectos propios del proceso de conservación

Históricamente los vinos tintos se han conservado en botellas de vidrio transparente por la inercia química de este material (O. Clarke, 2015; Jackson, 2008).

El proceso de conservación está marcado por un cambio de pérdida de frescura del vino joven a ganancia en complejidad del vino añejo, asociado a reacciones de hidrólisis y esterificación de ésteres, hidrólisis de los glicósidos monoterpénicos y norisoprenoidicos, isomerización,

ciclación, hidratación, deshidratación y oxidación de monoterpenoles. Además, puede producirse la desaparición de compuestos indeseados como fenoles volátiles mediante la adición de etanol al doble enlace, formando etoxietilfenoles que no generan notas aromáticas en los vinos (Anexo I Fig. Suplementaria 11). También, se caracteriza, por aumento de derivados furfúricos debido a la degradación de azúcares. Estos se generan por dos mecanismos, la enolización del azúcar y posterior eliminación de agua y la reacción de Maillard (entre los azúcares reductores y una sustancia que contiene un grupo amino), estas reacciones pueden observarse en el Anexo I Fig. Suplementaria 12 y 13 respectivamente (Bayonove et al., 2000; Linsenmeier et al., 2010; Moreno & Peinado, 2012; Waterhouse et al., 2016d).

Durante el proceso de envejecimiento del vino tinto, el **oxígeno** disponible se torna el principal agente oxidante, reduciéndose a agua oxigenada y finalmente a agua, el hierro actúa como catalizador del proceso y el dióxido de azufre como el principal antioxidante (Danilewicz & Standing, 2018; Kunsági-Máté et al., 2008). Por otra parte, los principales sustratos consumidores de oxígeno son los compuestos fenólicos (para polimerización de antocianos y taninos mediada por etanal), ácido ascórbico, etanol, ácido tartárico y taninos elágicos. El fenol se oxida hasta llegar a un compuesto llamado quinona, que a su vez puede reaccionar con nucleófilos presentes en vino (fenoles). Además, un mol de fenol en el vino blanco consume 5,5 veces más de O_2 que en el vino tinto, debido a que el vino tinto presenta altas concentraciones de los derivados de la malvidina que no son directamente oxidables con O_2 . Una proporción justa de O_2 , durante el envejecimiento, favorece las reacciones de polimerización mediada por acetaldehído y de formación de piranoantocianos que estabilizan el color por sus pigmentos rojos resistentes al blanqueo, aunque su exceso combinado con altas temperaturas favorece la aparición de tonos amarillos por descomposición de taninos y sobrepolimerización con precipitación de materia colorante. (Cejudo-Bastante et al., 2011; M. Du Toit, 2006).

El oxígeno modifica ampliamente el perfil odorante de vinos blancos durante el añejamiento, mientras que en los vinos tintos antocianinas y SO_2 , desempeñarían un rol fundamental como protectores de la oxidación. El ambiente oxidativo de la barrica favorecería la formación de sotolón, fenilacetaldehído, 5-(etoximetil)-furfural y de aromas a café, frutal y plátano (acetato de isoamilo). Otros compuestos que se forman por envejecimientos oxidativos son el sulfuro de dimetilo (trufa, metales, membrillo), la dimetilsulfona y TDN. Excesivas cantidades de oxígeno conducirían a la degradación de TDN, vitispirano (aromas a eucalipto) β -ionona y β -damascenona (violetas) (Cejudo-Bastante et al., 2011; M. Du Toit, 2006; Lee et al., 2011).

Por otra parte, ambientes reductores debido a la falta de oxígeno favorecen el desarrollo de aromas azufrados como sulfuro de hidrógeno (H_2S), mercaptanos y disulfuros que confieren aromas desagradables de “huevo podrido” o “repollo podrido”, que se asocian generalmente a botellas cerradas con tapa a rosca. Además, la presencia de cobre puede dar lugar a una mayor producción de estos compuestos después de largos períodos de almacenamiento, ya que se liberan los complejos cobre/azufre en ambientes reductores. La síntesis y acumulación de compuestos reductores en condiciones de añejamiento anóxico se debería a varias reacciones posibles, como la reducción de sulfato o sulfito, la hidrólisis de tioacetatos o la degradación de Strecker de los aminoácidos ricos en azufre metionina y cisteína (Echave et al., 2021).

El añejamiento en barricas de roble permite la permeación natural de oxígeno desde el ambiente, además de otros fenómenos que ocurren en estos recipientes y pueden resumirse en la Figura I.2.

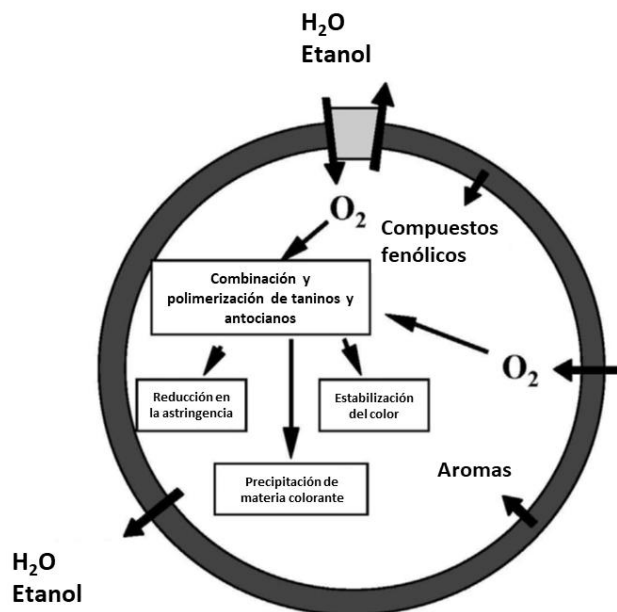


Fig.I.2. Reacciones y fenómenos de intercambio madera-líquido y atmosfera que ocurren durante el añejamiento en barrica. Adaptado de (Zamora, 2019).

El oxígeno presente en el aire ingresa al vino contenido en las barricas principalmente a través de las duelas, las juntas, el tapón y los poros de la madera (Junqua et al., 2021). Las maderas húmedas y gruesas reducen la difusión de oxígeno por los poros de la madera (Álamo-Sanza & Nevares, 2014, M. Du Toit, 2006).

Por otra parte, de la madera se extraen los taninos elágicos o elagitaninos que se hidrolizan a ácido elágico y además tienen una alta capacidad para captar el oxígeno, protegiendo así a los antocianos de la oxidación y facilitando la hidroperoxidación de los constituyentes del vino. Esto conduce a reacciones de condensación entre taninos y antocianos mediadas por acetaldehído con aumento de la estabilidad del color, la claridad y la suavidad del vino (Jordão et al., 2008; Vivas, 1996; Zamora, 2019).

Además, la madera aporta una serie de compuestos volátiles que tipifican al vino que es conservado en este recipiente (Zamora, 2019). Existen una serie de compuestos que la madera aporta naturalmente (metil-octalactona, eugenol, vainillina, siringaldehído, coniferaldehído y

sinapaldehído), mientras que otros derivan del proceso de secado y tostado a la que es sometida. Las estructuras químicas de los mismos pueden observarse en Anexo I Fig. Suplementaria 14 y 15 respectivamente. Los compuestos obtenidos del proceso de torrefacción se clasifican según de qué componente de la madera provengan (Cacho, 2009). En primer lugar, la degradación térmica de los polisacáridos produce **aldehídos furánicos** que incluyen el furfural, 5-metilfurfural (aromas de almendras tostadas) e 5-(hidroxi)metilfurfural (inodoro). Sin embargo, estos aldehídos furánicos están presentes en el vino en concentraciones muy por debajo de sus umbrales de percepción olfativa, por lo que tienen poco impacto en los matices empíreumáticos de los vinos envejecidos en barrica. El calentamiento también produce compuestos enólicos con un carácter tostado a caramelo (cicloteno, maltol e isomaltol).

En segundo lugar, los compuestos resultantes de la degradación de la lignina que incluyen los **aldehídos fenólicos** (siringaldehído, vainillina), **fenilcetona** (acetovainillona, acetocetona, propiovainillona, butiivainillona) y **fenoles volátiles** (4-etilfenol, 4-etilguayacol, eugenol, metil guayacol y guayacol). La vainillina es el único de estos que influye en el aroma del vino con un característico sabor a vainilla y un umbral de detección olfativa de 0,32 mg/L en vino tinto. Asimismo, el guayacol y sus 4-etil y 4-vinil derivados, junto con el eugenol y el isoeugenol son los principales fenoles volátiles que aportan aromas especiados, tostados, ahumado y a roble (Pérez-Coello & Díaz-Maroto, 2009).

Finalmente, los compuestos resultantes de la degradación de lípidos son los isómeros de metil-octalactona (trans-whiskylactona, cis-whiskylactona). Esta reacción aumenta en proporción a la intensidad del calentamiento. Los umbrales de detección para estos dos isómeros son 0,092 mg.L⁻¹ para el isómero cis y 0,49 mg.L⁻¹ para el isómero trans. Su aroma ha sido identificado como la fuente del olor típico de la crianza en barrica de roble y ha sido descrito como “roble” o “coco”. El isómero cis más odorífero, ya que predomina en la madera no tostada, representa

una proporción aún mayor de los isómeros en el roble tostado. Este compuesto es sensible al calor y desaparece después de 15 minutos (tostado fuerte) (Pérez-Coello & Díaz-Maroto, 2009; Ribéreau-Gayon et al., 2006a).

La madera cede compuestos de interés al vino y también absorbe muchos compuestos del vino (Ramirez Ramirez et al., 2001). Asimismo, muchos de estos analitos se agotan con el reuso de las barricas (Garde et al., 2002; Navarro et al., 2016, 2018).

Otro aspecto de relevante consideración es el **cierre** utilizado en las botellas, que regula el pasaje de gases (O_2) y vapores (agua y alcohol) desde y hacia el interior. El oxígeno se transporta por difusión y permeación debido a la diferencia de presiones parciales entre el interior de la botella y el aire exterior, esto es regido por la Ley de Fick (Brazinha et al., 2013; Echave et al., 2021; Lequin, 2010). Estas interacciones entre el medio y el vino contenido en la botella se muestran en la Figura I.3.

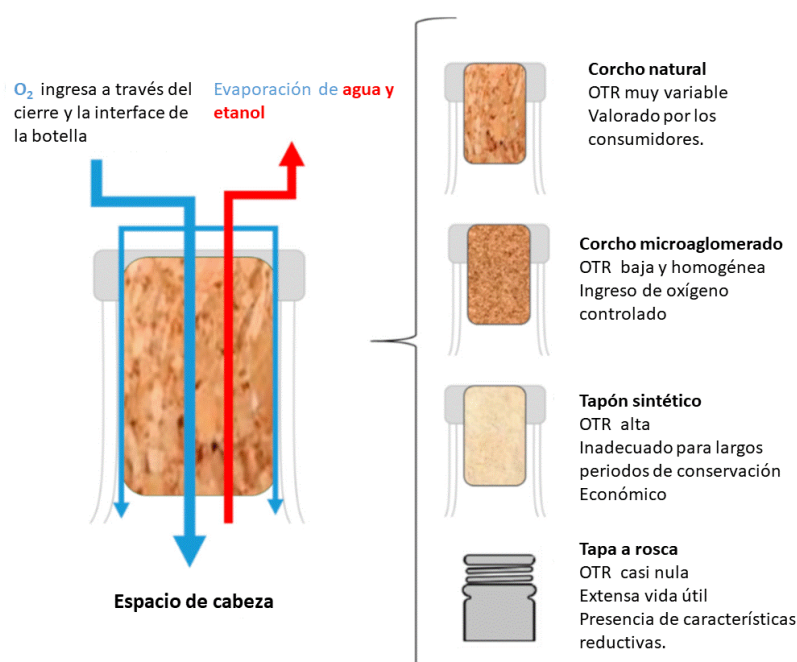


Fig.I.3. Entrada de oxígeno a la botella a través del cierre y características de los distintos tapones. Adaptado de Echave et al. (2021). OTR: velocidad de transferencia de oxígeno.

Los tapones son ampliamente utilizados como cierre de las botellas durante la conservación de los vinos. La porosidad del corcho natural permite un adecuado ingreso de oxígeno, mientras que la tapa rosca y los tapones sintéticos producen una limitada y excesiva incorporación de oxígeno (respectivamente) que provoca caracteres más reductivos u oxidación prematura del vino correspondientemente. Las unidades de OTR (velocidad de transferencia de oxígeno) generalmente se dan como mg o ml de O₂ por día, mes o año. Esto permite predecir qué cantidad de oxígeno se añade al vino durante envejecimiento en botella, pero la heterogeneidad natural del corcho hace que presente un amplio espectro de OTR (Diéval et al., 2011; Karbowiak et al., 2010; Lequin, 2010; Silva et al., 2011). Muchos autores han observado diferencias químicosensoriales por la utilización de diferentes tipos de cierres (Blake et al., 2009; Gao et al., 2015; Godden et al., 2001; Guaita et al., 2013; Han et al., 2015; Hart & Kleinig, 2005; McRae et al., 2015; Sanctis, 2013; Skouroumounis et al., 2005; Wirth et al., 2010). Han et al. (2015), encontró que utilizando dos tapones con distintos valores de OTR durante los 5 años de conservación de vinos Cabernet Sauvignon, se producían diferencias en el contenido de SO₂, mayores valores de OTR generaron mayor intensidad colorante porque el O₂ favorece la acumulación de pigmentos resistentes al blanqueo y menores concentraciones de fenoles como quercetina y flavonoles debido a que son fácilmente oxidables. Hopfer et al. (2013), encontró que vinos Cabernet Sauvignon presentaron diferencias en 17 atributos sensoriales según el tipo de cierre y envase utilizado, aunque los vinos solo podían diferenciarse por los tapones utilizados, cuando eran almacenados a altas temperaturas (40°C).

Por otra parte, el varietal del vino afectará al modo en que se produzcan los cambios durante el envejecimiento prolongado en el entorno botella-cierre. En el caso de los vinos tintos, su mayor concentración de compuestos fenólicos favorece la oxidación del vino, aunque simultáneamente los hace más resistentes al oxígeno en comparación con los vinos blancos. En estos últimos, el contacto con el oxígeno suele considerarse negativo debido a que provoca alteraciones en el aroma, el color y el sabor (Azevedo et al., 2022; Mota et al., 2025).

Finalmente, el tipo de cierre no solo genera cambios propiamente en el vino, sino que condiciona la elección del comprador por la preferencia de los corchos naturales y de vidrio respecto a los sintéticos y la tapa a rosca (Reynolds et al., 2018).

Otro aspecto relevante en la conservación de los vinos es la **temperatura de almacenamiento** de las botellas. Se considera óptimo un intervalo de temperatura de 15 a 17°C. Las temperaturas más bajas ralentizarán el proceso de envejecimiento, mientras que, intuitivamente, las temperaturas elevadas (>20°C) acelerarán las reacciones oxidativas (Scrimgeour et al., 2015).

La temperatura de almacenamiento, afecta a las reacciones de manera distinta, las concentraciones de ésteres de acetato, como los acetatos de isoamilo y hexilo, son estables a 0°C, mientras que estos compuestos hidrolizan rápidamente a 30°C. En cambio, la formación de ésteres etílicos es rápida a 30°C, pero insignificante a 0°C. La liberación de aromáticos norisoprenoides de sus precursores glucosídicos (como el trimetil-1,5-dihidronaftaleno, TDN) se favorece a 30°C frente a 15°C, así como el contenido y los tipos de alcoholes monoterpénicos presentes en algunos vinos. Las altas temperaturas también favorecen la degradación de azúcares a furfurales y pirroles (Jackson, 2011).

Estos cambios de temperatura probablemente se producirán durante el almacenamiento y transporte del minorista. Las principales características no deseadas de la temperatura de almacenamiento elevada incluyen la degradación de los pigmentos antocianínicos, la formación de sales de xanthylum y la degradación de compuestos aromáticos (tioles, ésteres y aldehídos). Además, conduce a la pérdida de sabor frutal, y la aparición de compuestos aromáticos oxidativos no deseados como TDN o acetaldehído, lo que produce pérdida de calidad (Cejudo-Bastante et al., 2013; Hopfer et al., 2013; Scrimgeour et al., 2015).

La temperatura del vino también influye en el nivel de saturación de O₂ disuelto, ya que a temperaturas más bajas se disuelven mayores cantidades de este gas. Entre 5 y 35°C, la

cantidad de O₂ necesaria para saturar el vino disminuye de 10,5 mg/L a 5,6 mg/L. (W. J. Toit et al., 2006).

En general, se considera que una temperatura constante y ligeramente baja es la mejor para almacenar los vinos, tanto para su envejecimiento como para su conservación, lo que justifica su almacenamiento en bodega (Butzke et al., 2012; Gómez-Plaza et al., 2002; Robinson et al., 2010; Tarasov et al., 2021).

La interacción **tiempo-temperatura**, ejercería un efecto significativo en las velocidades de las reacciones que acontecen durante el almacenamiento de los vinos en botella. Esto es debido, a la dependencia de la constante de velocidad de la temperatura, que es expresado en la ecuación de Arrhenius (Waterhouse et al., 2016d). Así, la velocidad de formación de quinonas aumenta con el incremento de la temperatura, aunque la cinética de esta reacción es independiente de esta variable (W. J. Toit et al., 2006) .

Diversos autores han estudiado el efecto de la temperatura de almacenamiento de los vinos embotellados (Arapitsas et al., 2014; Butzke et al., 2012; Cejudo-Bastante et al., 2013; Garde et al., 2008; Gómez-Plaza et al., 2000; Lago-Vanzela et al., 2014; Pereira et al., 2011, 2014; Pérez-Coello et al., 2003; Puech et al., 2006; Recamales et al., 2011; Robinson et al., 2010).

En los últimos estudios, Zhao et al. (2018) evaluaron el efecto de la exposición de botellas con vino tinto y blanco a temperaturas extremas de 40°C durante 15 días, comparándolas con un vino control mantenido a 20°C. Encontraron que estas temperaturas extremas produjeron vinos apagados y desequilibrados, con retrogusto corto. Químicamente presentaron concentraciones significativamente menores de potenciales contribuyentes al aroma afrutado y floral, como ésteres, β-damascenona y linalol.

Por otra parte, Hopfer et al. (2012, 2013) encontró tanto vinos Chardonnay como Cabernet Sauvignon eran almacenados a 40°C podían diferenciarse según el tipo de cierre y envase,

mientras que a temperaturas menores de almacenamiento no, demostrando la importancia del análisis conjunto de estas variables.

Además, cada tipo de vino (varietal, estilo) tiene un comportamiento específico respecto a la temperatura de almacenamiento. Respeto a ello, Jung et al. (2021) expusieron 5 tipos de vinos a un rango de temperaturas entre 15 y 40°C, y un control de 15°C durante 42 días. Encontraron que los vinos de estilo afrutado y ligero (en el caso de su estudio Pinot Noir y Sauvignon Blanc) fueron más sensibles que los vinos con mayor graduación alcohólica y crianza en madera (vinos tintos Burdeos y Chardonnay).

A diferencia de otros alimentos, el vino no presenta fecha de vencimiento. Sin embargo, lo que es una vida útil apropiada o aceptable para un vino puede ser inaceptable para otro, eso dependerá de las características del varietal y del estilo de vino que se desea lograr. Para un vino joven, las propiedades deseadas serán la retención de los atributos sensoriales expresados en el embotellado (fragancia fresca, de fruta a floral, con un sabor no agresivo), mientras que, para los vinos premium se espera que un almacenamiento prolongado mejore la calidad sensorial y desarrolle un bouquet rico y complejo. Vinos tintos de alta vida útil (5-10 años), se logran combinando prácticas vitícolas (cultivo en climas fríos, cosecha temprana), condiciones de vinificación (fermentación del mosto en contacto con semillas y hollejos) pH bajo (sabor fresco, promueven la estabilidad microbiana, reducen el potencial de pardeamiento y disminuyen la necesidad de añadir SO₂) y las condiciones del vino embotellado (que el ingreso de oxígeno, no supere el potencial antioxidante-natural o añadido- presente en el vino, lo cual es muy difícil de predecir), temperatura de almacenamiento (constante de unos 10°C, permite la retención prolongada de la mayoría de los ésteres frutales, sin inhibir excesivamente otras reacciones de envejecimiento deseadas) (Jackson, 2011).

La falta de alienación con el consumidor, se traduce en pérdidas económicas directas, relacionadas con las devoluciones de botellas e indirectas, asociadas con la pérdida de ventas

repetidas. El pardeamiento oxidativo es universalmente inaceptable entre los profesionales de la industria vitivinícola, sin embargo los consumidores no consideran este problema con la misma importancia. El rechazo suele estar asociado a defectos de olor (corcho, avinagrado, ciruela seca causado por la 3-metil-2,4-nonanediona, horneado) y sabor. Técnicas como la RMN y la espectroscopia son prometedoras para evaluar la presencia de compuestos aromáticos, olores desagradables, aditivos y contaminantes en botellas sin abrir, que indiquen la pérdida de vida útil de un vino (Jackson, 2011).

Profundizar los efectos de los diversos factores que afectan la calidad de un vino en particular (Malbec, Mendoza Argentina) durante el proceso de conservación no solo se traduce en mejorar la vida útil del mismo (aumento de ventas), sino que impactaría directamente en los costos de producción de los mismos ya que la crianza o conservación es responsable en un 23% de los defectos de calidad que aparecen en los vinos. Además, la estrategia de reutilización de las barricas frente a la reinversión por adquisición de barricas nuevas, generaría un ahorro en la bodega que ronda entre un 80-90% y una reducción del problema ambiental que produce la tala de árboles (Alturria et al., 2008; Franson, 2010).

Hoy se proponen métodos nuevos de envejecimiento (microoxigenación, utilización de fragmentos de roble, depósitos alternativos como terracota y cemento, técnicas como el tratamiento con ultrasonidos y campos eléctricos y métodos innovadores como el envejecimiento bajo el agua) frente a los métodos tradicionales que presentan un ciclo de producción largo, una gran superficie de planta y altos costos, lo que afecta seriamente la capacidad de producción y los beneficios económicos de las bodegas (Sun, Li, et al., 2016).

Sin embargo, urge conocer el comportamiento del varietal Malbec, que tanto impacta en la economía regional, en una etapa clave de del proceso enológico como es el clásico envejecimiento del vino en botellas y barricas. Actualmente, no existen estudios que analicen el efecto combinado de múltiples factores (cierre, temperatura y tiempo) sobre la evolución

en botella de este varietal. Además, tampoco se ha observado el comportamiento químico y sensorial de este vino cuando es añejado en periodos prolongados en barricas nuevas o de reuso. Un estudio profundo del problema planteado se pretende abordar con esta tesis.

1.4 Hipótesis

-Los vinos jóvenes Malbec durante su conservación en barrica y botella modifican su composición química por fenómenos fisicoquímicos que están relacionados con la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto.

-Existen condiciones de conservación definidas y específicas que posibilitan el desarrollo y la estabilidad de las características químicas-sensoriales particulares de los vinos Malbec, según el estilo buscado.

1.5 Objetivo general

Identificar los factores que inciden en la conservación de vinos Malbec en barrica y en botella.

1.5.1 Objetivos específicos

-Evaluar las transformaciones químicas y sensoriales producidas durante la conservación de vinos Malbec en botella con tapa rosca y corcho natural, y a dos temperaturas de almacenamiento (15°C y 25°C).

-Evaluar las transformaciones químicas y sensoriales producidas durante conservación de vinos Malbec en barrica nuevas y barricas usadas (1 año de uso).

-Evaluar las transformaciones químicas y sensoriales producidas durante la conservación de vinos Malbec en botella con tapa rosca y corcho natural, y a dos temperaturas (15°C y 25°C) provenientes de barricas nuevas y barricas usadas.

Bibliografía

- Agazzi, F. M., Nelson, J., Tanabe, C. K., Doyle, C., Boulton, R. B., & Buscema, F. (2018). Aging of Malbec wines from Mendoza and California: Evolution of phenolic and elemental composition. *Food Chemistry*, 269(March), 103–110.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.142>
- Álamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2014). Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8892–8899. <https://doi.org/10.1021/jf502333d>
- Alonso, R., Berli, F. J., Fontana, A., Piccoli, P., & Bottini, R. (2021). Absciscic acid's role in the modulation of compounds that contribute to wine quality. *Plants*, 10(5).
<https://doi.org/10.3390/plants10050938>
- Alturria, L., Antonioli, E., Ceresa, A., Solsona, J., & Winter, P. (2008). Elaboración de vinos: defectos que originan costos de no calidad. *FCA UNCuyo*, 1, 16.
<https://observatoriova.com/2008/07/elaboracion-de-vinos-defectos-en-el-proceso-que-originan-costos-de-no-calidad/>
- Arapitsas, P., Speri, G., Angeli, A., Perenzoni, D., & Mattivi, F. (2014). The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics*, 10(5), 816–832.
<https://doi.org/10.1007/s11306-014-0638-x>
- Assof, M. V. (2019). *Composición nitrogenada de mostos y vinos de Mendoza (Argentina) y su relación con la composición volátil*.
- Azevedo, J., Lopes, P., Mateus, N., & de Freitas, V. (2022). Cork, a Natural Choice to Wine? *Foods*, 11(17), 1–17. <https://doi.org/10.3390/foods11172638>
- Barea Suarez, E. (2003). *Historia del Vino I*.
[Http://Grupogastronomicogaditano.Com/Articulos/HistoriaVino1.Htm](http://Grupogastronomicogaditano.Com/Articulos/HistoriaVino1.Htm).
- Baumes, R. (2009). *Wine Aroma Precursors*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Bayonove, C., Baumes, R., Cruzet, J., & Gunata, Z. (2000). Aromas. In *Enología: fundamentos*

- científicos y tecnológicos*. AMV Ediciones.
- Blake, A., Kotseridis, Y., Brindle, I. D., Inglis, D., Sears, M., & Pickering, G. J. (2009). Effect of closure and packaging type on 3-Alkyl-2-methoxypyrazines and other impact odorants of riesling and cabernet franc wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4680–4690. <https://doi.org/10.1021/jf803720k>
- Blazer, R. M. (1991). Influence of environment- Wine evaporation from barrels. *Practical Winery & Vineyard*, 11, 20–22.
- Butzke, C. E., Vogt, E. E., & Chacón-Rodríguez, L. (2012). Effects of heat exposure on wine quality during transport and storage. *Journal of Wine Research*, 23(1), 15–25. <https://doi.org/10.1080/09571264.2011.646254>
- Cacho, J. (2009). *El roble, la barrica y la crianza del vino tinto* (I. «Fernando el Católico» (ed.)).
- Capraro, F., Schugurensky, C., Vita, F., Tosetti, S., Lage, A., & Patiño, D. (2008). Intelligent irrigation in grapevines: a way to obtain different wine characteristics. In *IFAC Proceedings Volumes* (Vol. 41, Issue 2). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20080706-5-kr-1001.00496>
- Carborani, S. (2008). Los jesuitas vitivinicultores mendocinos: a 400 años de su presencia en Mendoza. *SEMINARIO DE PATRIMONIO AGROINDUSTRIAL*.
- Carpaena, M., Fraga-Corral, M., Otero, P., Nogueira, R. A., Garcia-Oliveira, P., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Secondary aroma: Influence of wine microorganisms in their aroma profile. *Foods*, 10(51), 1–26. <https://doi.org/10.3390/foods10010051>
- Carpaena, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Wine aging technology: Fundamental role of wood barrels. *Foods*, 9(9), 1–25. <https://doi.org/10.3390/foods9091160>
- Casassa, F., Bolcato, E. A., Sari, S. E., Fanzone, M. L., & Jofré, V. P. (2016). Combined effect of prefermentative cold soak and SO₂ additions in Barbera D'Asti and Malbec wines: Anthocyanin composition, chromatic and sensory properties. *LWT - Food Science and*

- Technology*, 66, 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.026>
- Casassa, F., & Sari, S. E. (2015). Sensory and chemical effects of two alternatives of prefermentative cold soak in Malbec wines during winemaking and bottle ageing. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(4), 1044–1055. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12572>
- Cassino, C., Tsolakis, C., Bonello, F., Osella, D., & Osella, D. (2019). Wine evolution during bottle aging, studied by 1H NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Food Research International*, 116, 566–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.075>
- CataDelVino. (2015). *Argentina, el mayor productor de Malbec del mundo*. <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/vinos-de-argentina/argentina-el-mayor-productor-de-malbec-del-mundo>
- Catania, A. (2009). Influencia de cuatro alternativas de crianza en roble sobre el color, la composición fenólica y las características organolépticas de vinos malbec y cabernet sauvignon. In *Tesis*.
- Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., & Pérez-Coello, M. S. (2013). Accelerated Aging against Conventional Storage: Effects on the Volatile Composition of Chardonnay White Wines. *Journal of Food Science*, 78(4). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12077>
- Cejudo-Bastante, M. J., Pérez-Coello, M. S., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2011). Effect of wine micro-oxygenation treatment and storage period on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 866–874. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.015>
- Clarke, O. (2015). *The history of wine in 100 bottles*.
- Clarke, R., & Bakker, J. (2004). Volatile components. In *Wine flavour chemistry* (pp. 120–188). <https://doi.org/10.1002/9781444346022>
- Danilewicz, J. C., & Standing, M. J. (2018). *Reaction Mechanisms of Oxygen and Sulfite in Red Wine*. 1–22. <https://doi.org/10.5344/ajev.2018.17095>

- de Rosas, I., Ponce, M. T., Malovini, E., Deis, L., Cavagnaro, B., & Cavagnaro, P. (2017). Loss of anthocyanins and modification of the anthocyanin profiles in grape berries of Malbec and Bonarda grown under high temperature conditions. *Plant Science*, 258, 137–145.
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.01.015>
- Diéval, J. B., Vidal¹, S., & Aagaard, O. (2011). Measurement of the Oxygen Transmission Rate of Co-extruded Wine Bottle Closures Using a Luminescence-Based Technique. *Packaging and Technology and Science*, 24:(February), 375–385. <https://doi.org/10.1002/pts>
- Du Toit, M. (2006). The effect of oxygen on the composition and microbiology of red wine. *Faculty of Agrisciences. Dept. of Viticulture and Oenology., PhD(Agric)*(April).
[https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/1145/Du Toit, W J.pdf?sequence=1](https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/1145/Du%20Toit,%20W%20J.pdf?sequence=1)
- Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Bottle aging and storage of wines: A review. *Molecules*, 26(3).
<https://doi.org/10.3390/molecules26030713>
- Exeter International. (2017). *Country perceptions mapped*. Recuperado el 21 de agosto de 2026 de, <https://blog.winesofargentina.com/destacadas/argentina-is-synonymous-with-malbec-this-is-what-the-world-has-to-say-on-the-internet/>
- Fanzone, M. L., Peña-Neira, Á., Jofre, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2388–2397. <https://doi.org/10.1021/jf903690v>
- Fanzone, M. L., Peña-Neira, Á., Jofré, V., Assof, M., & Zamora, F. (2013). Efecto de la técnica de sangrado sobre la composición fenólica de vinos cv. Malbec. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(1), 199–209.
- Fanzone, M. L., Sari, S. E., Mestre, M. V., Catania, A. A., Catelén, M. J., Jofré, V. P., González-Miret, M. L., Combina, M., Vazquez, F., & Maturano, Y. P. (2020). Combination of pre-fermentative and fermentative strategies to produce Malbec wines of lower alcohol and pH, with high chemical and sensory quality. *Oeno One*, 54(4), 1041–1058.

<https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2020.54.4.4018>

Ferreira González, V. (2007). La base química del aroma del vino: Un viaje analítico desde las moléculas hasta las sensaciones olfato-gustativas. *Revista de La Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 62, 7–36.

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2572189&info=resumen&idioma=SPA>

Flanzy, C. (2000). *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos*.

Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289–297.

Gao, Y., Tian, Y., Liu, D., Li, Z., Zhang, X. X., Li, J. M., Huang, J. H., Wang, J., & Pan, Q. H. (2015). Evolution of phenolic compounds and sensory in bottled red wines and their co-development. *Food Chemistry*, 172, 565–574.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.115>

Garde, T., Marsellés-fontanet, A. R., Arias-gil, M., Ancín, C., & Martín-belloso, O. (2008). Effect of storage conditions on the volatile composition of wines obtained from must stabilized by PEF during ageing without SO₂. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.05.002>

Garde, T., Rodríguez Mozaz, S., & Ancín, C. (2002). Volatile composition of aged wine in used barrels of French oak and of American oak. *Food Research International*, 35(7), 603–610. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00151-X)

Gil, M., Bottini, R., Berli, F., Pontin, M., Silva, M. F., & Piccoli, P. (2013). Volatile organic compounds characterized from grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Malbec) berries increase at pre-harvest and in response to UV-B radiation. *Phytochemistry*, 96, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.08.011>

Godden, P., Francis, L., Field, J., Gishen, M., Coulter, A., Valente, P., Høj, P., & Robinson, E. (2001). Wine bottle closures: physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine 1. Performance up to 20 months post-bottling.

Australian Journal of Grape and Wine Research, 7(2), 64–105.

<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2001.tb00196.x>

Goldner, M. C., & Zamora, M. C. (2007). Sensory characterization of vitis vinifera cv. Malbec wines from seven viticulture regions of Argentina. *Journal Sensory Studies*, 22(5), 520–532. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00123.x>

Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J. M., & Martínez, A. (2000). Color and phenolic compounds of a young red wine. Influence of wine- making techniques, storage temperature, and length of storage time. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 736–741. <https://doi.org/10.1021/jf9902548>

Gómez-Plaza, E., Gil-Muoz, R., López-Roca, J. M., Martínez-Cutillas, A., & Fernández-Fernández, J. I. (2002). Maintenance of colour composition of a red wine during storage. Influence of prefermentative practices, maceration time and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 35(1), 46–53. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0809>

González, C. V., Jeréz, D. N., Jofré, M. F., Guevara, A., Prieto, J., Mazza, C., Williams, L. E., & Giordano, C. V. (2019). Blue light attenuation mediates morphological and architectural acclimation of Vitis vinifera cv. Malbec to shade and increases light capture. *Environmental and Experimental Botany*, 157, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.09.023>

Guaita, M., Petrozziello, M., Motta, S., Bonello, F., Cravero, M. C., Marulli, C., & Bosso, A. (2013). Effect of the closure type on the evolution of the physical- chemical and sensory characteristics of a Montepulciano d'Abruzzo rosé wine. *Food Chemistry*, 78(2), C160–C169. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12022>

Han, G., Ugliano, M., Currie, B., Vidal, S., Di??val, J. B., & Waterhouse, A. L. (2015). Influence of closure, phenolic levels and microoxygenation on Cabernet Sauvignon wine composition after 5 years' bottle storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 36–43. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6694>

- Hart, A., & Kleinig, A. (2005). The Role of Oxygen in the Aging of Bottled Wine. *Wine Press Club of New South Wales: Australia*, 1, 1–14.
- Hopfer, H., Buffon, P. A., Ebeler, S. E., Heymann, H., Bu, P. A., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2013). The combined effects of storage temperature and packaging on the sensory, chemical, and physical properties of a cabernet sauvignon wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(13), 3320–3334. <https://doi.org/10.1021/jf3051736>
- Hopfer, H., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2012). The combined effects of storage temperature and packaging type on the sensory and chemical properties of chardonnay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 10743–10754.
- INV. (2018a). Análisis de la evolución de superficie de vid por provincias – Años 2000-2008-2017. In *Instituto nacional de Vitivinicultura INV*. Recuperado el 21 de agosto del 2026 de, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/evolucion_superficie_de_vid_en_argentina_2000-2008-2017.pdf.
- INV. (2018b). *Comportamiento de las exportaciones de vino fraccionado en los países destino periodo 2008-2017*. Recuperado el 21 de agosto del 2026, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/comportamiento_exportaciones_vino_fraccionadosx.pdf
- INV. (2026). *Informe de Variedad Malbec*. Recuperado el 21 de agosto del 2026, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/informe_malbec_2025.pdf
- Jackson, R. S. (2008). Chemical Constituents of Grapes and Wine. In *Wine Science* (pp. 270–323). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373646-8.50004-4>
- Jackson, R. S. (2011). Shelf life of wine. In *Food and beverage stability and shelf life* (pp. 540–570). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092540.3.540>
- Jordão, A. M., Ricardo-Da-Silva, J. M., Laureano, O., Mullen, W., & Crozier, A. (2008). Effect of ellagitannins, ellagic acid and volatile compounds from oak wood on the (+)-catechin, procyanidin B1 and malvidin-3-glucoside content of model wines. *Australian Journal of*

- Grape and Wine Research*, 14(3), 260–270. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00029.x>
- Jung, R., Kumar, K., Patz, C., Rauhut, D., Tarasov, A., & Schü, C. (2021). Influence of transport temperature profiles on wine quality. *Food Packaging and Shelf Life*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100706>
- Junqua, R., Zeng, L., & Pons, A. (2021). Oxygen gas transfer through oak barrels: A macroscopic approach. *Oeno One*, 55(3), 53–65. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.3.4692>
- Kennedy, J. A., Saucier, C., & Glories, Y. (2006). Grape and wine phenolics: History and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 239–248.
- Kilmister, R. L., Mazza, M., Baker, N. K., Faulkner, P., & Downey, M. O. (2014). A role for anthocyanin in determining wine tannin concentration in Shiraz. *FOOD CHEMISTRY*, 152, 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.007>
- Kunsági-Máté, S., Stampel, E., Kollár, L., & Pour Nikfardjam, M. S. (2008). The effect of the oxidation state of iron ions on the competitive complexation of malvidin by caffeic or ellagic acid. *Food Research International*, 41(7), 693–696. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.05.001>
- Lacoste, P. (2004). La vid y el vino en América del Sur: el desplazamiento de los polos vitivinícolas (siglos XVI al XX). *Universum (Talca)*, 19(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-23762004000200005>
- Lacoste, P. (2010). *Historia del Malbec , cepa insignia de Argentina*. Wines of Argentina. www.winesofargentina.com
- Lago-Vanzela, E. S., Procópio, D. P., Fontes, E. A. F., Ramos, A. M., Stringheta, P. C., Da-Silva, R., Castillo-Muñoz, N., Hermosín-Gutiérrez, I., Pierotti, D., Aparecida, E., Fontes, F., Mota, A., César, P., Da-Silva, R., Castillo-Muñoz, N., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Aging of red wines made from hybrid grape cv. BRS Violeta: Effects of accelerated aging conditions on phenolic composition, color and antioxidant activity. *Food Research International*, 56,

- 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.030>
- Lee, D. H., Kang, B. S., & Park, H. J. (2011). Effect of oxygen on volatile and sensory characteristics of Cabernet Sauvignon during secondary shelf life. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11657–11666. <https://doi.org/10.1021/jf200759d>
- Linsenmeier, A. W., Rauhut, D., & Sponholz, W. R. (2010). Ageing and flavour deterioration in wine. In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing wine quality: Volume 2: Oenology and wine quality* (pp. 459–493). <https://doi.org/10.1533/9781845699987.2.459>
- Ma, T., Wang, J., Wang, H., Zhao, Q., Zhang, F., Ge, Q., Li, C., Gutiérrez-Gamboa, G., Fang, Y., & Sun, X. (2022). Wine aging and artificial simulated wine aging: Technologies, applications, challenges, and perspectives. *Food Research International*, 156(March), 111079. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111079>
- Maturano, Y. P., Mestre, M. V., Esteve-Zarzoso, B., Nally, M. C., Lerena, M. C., Toro, M. E., Vazquez, F., & Combina, M. (2015). Yeast population dynamics during prefermentative cold soak of Cabernet Sauvignon and Malbec wines. *International Journal of Food Microbiology*, 199, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.01.005>
- McRae, J. M., Day, M. P., Bindon, K. A., Kassara, S., Schmidt, S. A., Schulkin, A., Kolouchova, R., & Smith, P. A. (2015). Effect of early oxygen exposure on red wine colour and tannins. *Tetrahedron*, 71(20), 3131–3137. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2014.08.059>
- Mercado, L., Dalcero, A., Masuelli, R., & Combina, M. (2007). Diversity of *Saccharomyces* strains on grapes and winery surfaces: Analysis of their contribution to fermentative flora of Malbec wine from Mendoza (Argentina) during two consecutive years. *Food Microbiology*, 24(4), 403–412. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.06.005>
- Merín, M. G., & Morata de Ambrosini, V. I. (2020). Application of a grape surface majority pectinolytic species, *Aureobasidium pullulans*, to low-temperature red winemaking: development and stability of wine colour. *Journal of Wine Research*, 31(3), 218–239. <https://doi.org/10.1080/09571264.2020.1816534>

- Mestre, M. V., Maturano, Y. P., Gallardo, C., Combina, M., Mercado, L., Toro, M. E., Carrau, F., Vazquez, F., & Dellacassa, E. (2019). Impact on sensory and aromatic profile of low ethanol malbec wines fermented by sequential culture of *Hanseniaspora uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae* native yeasts. *Fermentation*, 5(3).
<https://doi.org/10.3390/fermentation5030065>
- Monagas, M., & Bartolomé, B. (2009). Anthocyanins and Anthocyanin-Derived Compounds. In *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 439–462). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Montaña, E. (2007). Identidad regional y construcción del territorio en Mendoza (Argentina): camemorias y olvidos estratégicos. *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, 36(2), 277–297. <https://doi.org/10.4000/bifea.3778>
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012). Aging. In *Enological Chemistry* (pp. 389–403).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-388438-1.00022-4>
- Mota, J., Viana, A., Martins, C., Pais, A. C. S., Santos, S. A. O., Silvestre, A. J. D., Machado, J. P., & Rocha, S. M. (2025). Pairing Red Wine and Closure: New Achievements from Short-to-Medium Storage Time Assays. *Foods*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/foods14050783>
- Murcia, G., Fontana, A., Pontin, M., Baraldi, R., Bertazza, G., & Piccoli, P. N. (2017). ABA and GA3 regulate the synthesis of primary and secondary metabolites related to alleviation from biotic and abiotic stresses in grapevine. *Phytochemistry*, 135, 34–52.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.12.007>
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Miquel, J., Hermosín-Gutiérrez, I., & Zamora, F. (2016). Influence of the botanical origin and toasting level on the ellagitannin content of wines aged in new and used oak barrels. *Food Research International*, 87, 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.016>
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez, S., García, E., Joan, R., Canals, M., Hermosín, I., & Zamora, F. (2018). Influence of the volatile substances released by oak barrels into a

- Cabernet Sauvignon red wine and a discolored Macabeo white wine on sensory appreciation by a trained panel. *European Food Research and Technology*, 244(2), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2951-x>
- Neiman, G. (2017). La “nueva vitivinicultura” en la provincia de Mendoza. *Estudios Sociales Contemporáneos*, 16, 41–200.
- Observatorio de comercio exterior. (2020). *Reporte Especial : Informe de Comercio Exterior, Vinos 2020*. Recuperado el 21 de agosto del 2026, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inv-minagri-2020_export_vinos_2020.pdf
- Pandolfi, C., & Cuello, I. (2005). Reseña de la vitivinicultura argentina. *ACENOLOGÍA*. https://www.acenologia.com/ciencia69_03/
- Pereira, V., Albuquerque, F. M., Ferreira, A. C., Cacho, J., & Marques, J. C. (2011). Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating conditions. *Food Research International*, 44(1), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.011>
- Pereira, V., Cacho, J., & Marques, J. C. (2014). Volatile profile of Madeira wines submitted to traditional accelerated ageing. *Food Chemistry*, 162, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.039>
- Pérez-Coello, M. S., & Díaz-Maroto, M. C. (2009). Volatile compounds and wine aging. In *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 295–311). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Pérez-Coello, M. S., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Díaz-Maroto, M. C., Cabezudo, M. D., Garc, E., Pérez-Coello, M. S., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Díaz-Maroto, M. C., & Cabezudo, M. D. (2003). Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wines. *Food Control*, 14(5), 301–306. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00094-4)
- Pérez, D., Capaldi, C., Mercado, L., Malizia, A., & Sari, S. (2018). Efecto combinado de cepa de

- levadura y Terroir en vinos Malbec de Mendoza. *XII Congreso Internacional Terroir*, 50, 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002005>
- Puech, C., Vidal, J. C., Pegaz, J. F., Riou, C., & Vuchot, P. (2006). Influence of the storing conditions on the evolution of bottled wines. *Revue Des Oenologue*, 121, 13–16.
- Ramirez Ramirez, G., Lubbers, S., Charpentier, C., Feuillat, M., & Chassagne, D. (2001). Aroma compound sorption by oak wood in a model wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3893–3897.
- Recamales, A. F., Gallo, V., Hernanz, D., Gonzalez-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2011). Effect of time and storage conditions on major volatile compounds of zalema white wine. *Journal of Food Quality*, 34(2), 100–110. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00371.x>
- Rentzsch, M., Wilkens, A., & Winterhalter, P. (2009). Non-flavonoid phenolic compounds. In *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 509–521). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Reynolds, D., Rahman, I., Bernard, S., & Holbrook, A. (2018). What effect does wine bottle closure type have on perceptions of wine attributes? *International Journal of Hospitality Management*, 75(May), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.05.023>
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006a). Aging Red Wines in Vat and Barrel: Phenomena Occurring During Aging. In *Handbook of Enology* (pp. 388–428).
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006b). Organic Acids in Wine. In *Handbook of Enology* (pp. 3–37).
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006c). Phenolic Compounds. In *Handbook of Enology* (2nd Editio, Vol. 2, Issue 1, pp. 142–203).
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006d). Varietal aroma. In *Handbook of Enology* (2nd Editio, pp. 205–230).
- Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., & Ebeler, S. E. (2014). *Origins of Grape and Wine Aroma . Part 1 . Chemical Components and Viticultural*

- Impacts*. 1, 1–24. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.12070>
- Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S., & Trengove, R. D. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347.
- Rocco, A. (2014). *Vid y sus productos*. Recuperado el día 21 de agosto del 2026, de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/html/40/40_05_Bebidas_Vid_productos.htm
- Ruiz Rodríguez, L. G., Mendoza, L. M., Van Nieuwenhove, C. P., Pescuma, M., & Mozzi, F. B. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. *Alimentos Fermentados: Microbiología, Nutrición, Salud y Cultura*, 273–306. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/120385>
- Sanctis, F. De. (2013). Evolution of phenolic compounds and astringency during aging of red wine: effect of oxygen exposure before and after bottling. *J Agric Food Chem*. 2013 Feb 27;61(8):1618-27. doi: 10.1021/jf302822b. Epub 2012 Nov 12. PMID: 23110349.
- Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R. R., & Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(December 2015), 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
- Silva, M. A., Julien, M., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2011). Impact of closures on wine post-bottling development: A review. *European Food Research and Technology*, 233(6), 905–914. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1603-9>
- Skouroumounis, G., Kwiatkowski, M. J., Francis, I. L., Oakey, H., Capone, D. L., Duncan, B., Sefon, M. A., & Waters, E. J. (2005). The impact of closure type and storage conditions on the composition, colour and flavour properties of a Riesling and a wooded Chardonnay wine during five years' storage. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11(3):369-377. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00035.x>

- Tao, Y., García, J. F., & Sun, D.-W. (2014). Advances in Wine Aging Technologies for Enhancing Wine Quality and Accelerating Wine Aging Process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 817–835. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.609949>
- Tarasov, A., Garzelli, F., Schuessler, C., Fritsch, S., Loisel, C., Pons, A., Patz, C. D., Rauhut, D., & Jung, R. (2021). Wine storage at cellar vs. Room conditions: Changes in the aroma composition of riesling wine. *Molecules*, 26(20). <https://doi.org/10.3390/molecules26206256>
- Terrier, N., Poncet-Legrand, C., & Cheynier, V. (2009). Flavanols , Flavonols and Dihydroflavonols. In *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 463–507). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Toit, W. J., Marais, J., Pretorius, I. S., & Du Toit, M. (2006). Oxygen in must and wine: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 27(1), 76–94. http://academic.sun.ac.za/viti_oenol/2006-01_DuToitW_SA_JnlEnolVit.pdf
- Urvieta, R., Jones, G., Buscema, F., Bottini, R., & Fontana, A. (2021). Terroir and vintage discrimination of Malbec wines based on phenolic composition across multiple sites in Mendoza, Argentina. *Scientific Reports*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82306-0>
- Vigil, A., Ruiz de Peña y Lillo, A. M., & Vila, H. (2003). NUEVAS ESTRUCTURAS DE VITIVINICULTURA. ARGENTINA. In J. R. Díaz-Álvarez & O. Laureano (Eds.), *A Vitivinicultura nos Países Ibero-americanos : Impacto económico, social e técnico-científico* (pp. 7–34).
- Vila, H. (2002). Efecto del tiempo de maceración sobre el color, la composición tánica y la astringencia de vinos Cabernet Sauvignon y Malbec. In *Tesis de Grado de Master Scientiae*.
- Vilela, A. (2020). Wine Aroma and Flavor Compounds. *Encyclopedia*, 1–7.
- Vivas, N. (1996). Role of oak Wood ellagitannins in the oxidation process of red wines during aging. *American Journal of Enology and Viticulture* 47(1), 103–107.

- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016a). Anthocyanins. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 361–455).
<https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016b). Introduction. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 131–139).
<https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016c). Introduction to Phenolics. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 99–104).
<https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016d). Topics Related to Aging. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 294–317).
<https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Wirth, J., Morel-Salmi, C., Souquet, J. M., Dieval, J. B., Aagaard, O., Vidal, S., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2010). The impact of oxygen exposure before and after bottling on the polyphenolic composition of red wines. *Food Chemistry*, 123(1), 107–116.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.008>
- Zamora, F. (2003). *Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos*. (Mundi-Prensa (ed.).
- Zamora, F. (2019). Barrel Aging; Types of Wood. In *Red Wine Technology* (pp. 125–147).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00009-8>
- Zhao, P., Wang, H., & Li, H. (2018). Characterization of the effect of short-term high temperature and vibration on wine by quantitative descriptive analysis and solid phase microextraction- gas chromatography-mass spectrometry. *Acta Alimentaria*, 47(2), 236–244. <https://doi.org/10.1556/066.2017.0007>



Capítulo II

MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

*“Yo soy la vid, vosotros los
sarmientos. Quien permanece en Mí,
Yo en él, lleva mucho fruto, porque
separados de Mí no podéis hacer
nada” (Jn 15, 5-7)*



En este capítulo se presentan, por un lado, todos los materiales utilizados para la realización de las determinaciones analíticas y sensoriales y por el otro la metodología seguida en el proceso de vinificación y en los diferentes análisis realizados.

II.1 Lugar de trabajo

El ensayo de añejamiento de vinos Malbec se llevó a cabo se realizó en el Laboratorio de Aromas y Sustancias Naturales de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza (EEA Mendoza) del Centro Regional Mendoza-San Juan, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) conjunto a la bodega TAPIZ de Fincas Patagónicas.

Las determinaciones analíticas de compuestos odorantes, por cromatografía gaseosa GS-MS se realizaron entre:

- Laboratorio de Aromas y Sustancias Naturales (EEA Mendoza, INTA)
- Laboratorio de Cromatografía del Departamento de Agroindustria y Enología, Facultad de

Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile (Santiago, Chile), por la Dra. Cristina Úbeda, bajo la dirección del Dr. Alvaro Peña-Neira.

Las determinaciones analíticas de compuestos elágicos, por cromatografía líquida de alta resolución HPLC se realizaron entre:

- Laboratorio de Aromas y Sustancias Naturales (EEA Mendoza, INTA).
- Instituto Regional de Investigación Científica Aplicada de la Universidad de Castilla (La Mancha, Ciudad Real, España) Dr. Sergio Gómez Alonso.

II.2 Instrumental analítico y auxiliar



- Espectrofotómetro UV-Visible Perkin-Elmer serie Lambda 25 (PerkinElmer, Hartford, CT, Estados Unidos).
- Cromatógrafo en fase gaseosa Agilent modelo 7890B sistema acoplado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo, Agilent 5977 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). Sistema de procesamiento de datos MS ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EE. UU.)
- Columna cromatográfica para GC DB Wax capillary column (60 m x 0.25 mm, 0.25 μm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)
- Fibra para SPME de 50/30- μm Carboxen/DVB/PDMS (Supelco, Bellefonte, PA, USA).
- Cromatógrafo en fase líquida Agilent serie 1100 (Agilent, Waldbronn, Alemania) equipado con detector de arreglo de diodos modelo G1315B y un espectrómetro de masas (ESI-MSn) de ionización por electrospray LC/ MSD Trap VL (G2445C VL) y acoplados a un sistema de procesamiento de datos Agilent ChemStation (ChemStation para sistemas LC 3D, Rev. B.01.03 [204], Agilent Technologies 2001–2005).
- Columna cromatográfica para HPLC de tamaño de partícula pequeño de núcleo fundido (Ascentis Express C18, 150 x 4,6 mm, tamaño de partícula de 2,7 μm) termostaticada a 40°C.
- Cartuchos de extracción en fase sólida (SPE) de gel de exclusión por tamaño empaquetados a mano [Sephadex LH-20, (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, USA)].
- Agitador magnético Ret Control Visc IKAMAG Safety Control (IKA, Wilmington, Estados Unidos).
- Balanza analítica Mettler Toledo AL54 (Mettler-Toledo AG, Laboratory and Weighing Technologies, Greifensee, Suiza).
- Sistema de ultrapurificación de agua Rio/Elix3-Sinergy185 (Millipore, San Pablo, Brasil).
- Centrífuga 5810R Eppendorf (Eppendorf, Hamburg, Alemania).



- Vortex CK-Tech (CK-Tech, Buenos Aires, Argentina).
- pHmetro Altronix TPX1 (Altronix, Buenos Aires, Argentina).
- Freezer horizontal Bosch HC55B (Bosch, San Pablo, Brasil).
- Heladera Bosch EcoPlus 430 (Bosch, San Pablo, Brasil).
- Ultrafreezer ScienTemp (Adrian, Miami, Estados Unidos).
- Sensores de temperatura (LogTag Recorder, Auckland, New Zealand).
- Equipo medidor de oxígeno Fibox 3 Trace fiber-optic (PreSens, GmbH, Regensburg, Germany).
- Instrumento Bruker ALPHA Wine Analyzer (Bruker Optics GmbH, Ettlingen, Germany).
- Equipo medidor de dióxido de azufre FIAstar™5000 (Foss Analytical, Hillerød, Denmark).

II.3 Material volumétrico de vidrio y material auxiliar.

- Cubetas de vidrio de 1 mm y 1 cm, UV/VIS spectroscopy cells, Perkin Elmer Instruments (Perkin Elmer Inc., Beaconsfield, Massachusetts, Estados Unidos).
- Erlenmeyers de 250 mL (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Matraces aforados certificados de 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500 mL (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Probetas graduadas de 50, 100 y 500 mL (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Vasos de precipitado de 50, 100, 250 y 500 mL (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Pipetas aforadas (doble aforo) certificadas de 1, 2, 3, 4, 5 y 10 mL (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Pipetas automáticas de volumen variable de 10, 100, 200, 1000 y 5000 mL (Eppendorf Research, Eppendorf, Hamburg, Alemania).



- Embudos de vidrio (IVA, Buenos Aires, Argentina).
- Termómetro de inmersión de mercurio (Ludwig Schneider, Alemania).
- Tubos plásticos de 15 mL con tapa a rosca.
- Frascos de vidrio ámbar con tapa a rosca de 50, 100, 250 mL.
- Membranas de celulosa de 3 mm de tamaño de poro (Microclar, Buenos Aires, Argentina).
- Parafilm M (Pechiney Plastic Packaging, Chicago, IL, Estados Unidos).
- Tips para pipetas automáticas (Eppendorf Research, Hamburg, Alemania).
- Cubetas plásticas de 1,5 mL de 1 cm de paso óptico. (Kartell, Noviglio, Italia).
- Tubos eppendorf fondo-cónicos de plástico de 1,5 mL.
- Gas nitrógeno (Linde S.A., Mendoza, Argentina).
- Bidones plásticos, de uso alimentario, de 30L para trasvase de vino de las barricas a las botellas.
- Tanque de acero inoxidable para vinificación de 500 hL, con cierre hermético y sistema de incorporación de gas inerte.
- 6 Barricas de roble francés (selección de bosques Alliers, Tronçais, Nevers, Vosges y Centro) de 225L, grano fino, secado natural, tostado por convección prolongada línea AMBROSIA (Tonelería Nacional, Chile). Las barricas fueron provistas por la bodega Tapiz, 3 de ellas nuevas y 3 de 1 año de uso.
- Botellas de vidrio transparentes de 750 mL línea Burdeos Cuyana con picada (Saint Gobain Rayen Cura, Mendoza, Argentina).
- Corchos naturales calidad “Súperflor” de 24 x 45 mm (Portocork, CA, USA).
- Tapas a rosca de 30 x 60 mm con sello Saran/Tin (Astro, Arpex Internacional, Mendoza, Argentina).
- Sensor de oxígeno Planar Oxygen-Sensitive Spot-PSt3 (PreSens, Germany).

II.4 Reactivos



II.4.1 Estándares químicos de compuestos volátiles

Butirato de etilo, 2-metilbutirato de etilo, hexanoato de etilo, heptanoato de etilo, octanoato de etilo, decanoato de etilo, succinato de etilo, 2-fenilacetato de etilo, acetato de isoamilo, acetato de hexilo, acetato de 2-feniletilo, octanoato de metilo, isobutanol, butanol, 3- metil-1-butanol, 2 etil-1-hexanol, 3-metil-1-pentanol, hexanol, heptanol, 2,3- butanediol, 2-feniletanol, linalol, α -terpinol, E-nerolidol, nerol, citronellol, ácido hexanoico, ácido octanoico, ácido decanoico, furfural, 4-etilfenol, 4-metilguaiaicol, Z y E wiskylactonas fueron provistos por Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany).

El estándar interno empleado fue el 4-metil-2-pentanol, además el ácido acético, acetato de etilo y el cloruro de sodio se adquirieron en Merck (Darmstadt, Germany).

II.4.2 Estándares químicos para el análisis de taninos elágicos

Todos los solventes que se utilizaron fueron de calidad LC/MS y los reactivos químicos de grado analítico (>99%). Castalagina, vescalagina, grandinina, roburina A, roburina BC, roburina E proporcionados por ADERA (Pessac, Francia)

II.4.3 Otros

Trietanolamina, cloruro férrico hexahidratado, seroalbúmina bovina (BSA), y Dodecil sulfato de sodio (SDS), fueron adquiridos en Sigma (Steinheim, Alemania); ácido acético glacial, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio en Merck (Darmstadt, Alemania). Biftalato de potasio de Cicarelli (Cicarelli, Argentina), y metabisulfito de sodio de Alkemit (Alkemit, Argentina). Levaduras comerciales EC1118 (Lallemand, Montreal, Canadá). Bacterias lácticas comerciales *Oenococcus oeni* (VP-41, Lallemand). Etanol absoluto pro análisis (Merck, Darmstadt, Alemania), agua ultrapura (RiO/Elix3-Sinergy185, Millipore, San Pablo, Brasil).



II.5 Características de los vinos y métodos de vinificación

Las uvas Malbec (San Pablo, Tupungato, Mendoza) fueron cosechadas manualmente en bines, cuando llegaron a su momento óptimo de maduración (24°Brix) y se vinificaron siguiendo los protocolos enológicos estandarizados para este cepaje de la bodega Fincas Patagónicas S.A. Se realizó molienda con cinta de selección y agregado de metabisulfito y enzimas pectinolíticas. La maceración se realizó con la técnica tradicional de encubado en tanque de acero inoxidable cerrado con hielo seco. El mosto se homogenizó mecánicamente por remontaje y se corrigió la acidez. La fermentación alcohólica se condujo con levaduras comerciales (*Saccharomyces cerevisiae*, Uvaferm CGC62, Lallemand-Inc., Canada), con seguimiento diario de remontajes (oxigenación) y de la temperatura de fermentación. Una vez completado el proceso de maceración (21 días), el vino flor de prensa se descubó y se almacenó en otro tanque donde se realizó la fermentación maloláctica con cultivos comerciales. Posteriormente, el vino fue separado de las lías, se ajustó su SO_2 libre a 40 mg.L^{-1} , se realizó estabilización tartárica por frío ($0-1^\circ\text{C}$). Este vino terminado fue el vino inicial (Vi) del esquema del estudio de conservación del Malbec que se muestra en la Figura II.1. En esta instancia, una parte del vino se fraccionó industrialmente (sin filtración) en botellas de 750 mL. Asimismo, otra parte de este vino (Vi) se conservó en 3 barricas nuevas (BN) y en 3 barricas de un año de re-uso (BU), durante 18 meses (máximo tiempo de añejamiento de Malbec en barricas) y en dos barricas de rellenos, nueva y usada. El vino añejado en BN y BU fue embotellado a los 6 (B6), 12 (B12) y 18 (B18) meses de conservación originando los vinos BN6 y BU6; BN12 y BU12; y BN18 y BU18 respectivamente como muestra la Figura II.1. Las botellas se cerraron con tapas a rosca (R) y corchos naturales (C). Los tiempos totales de conservación de los vinos embotellados (con o sin barrica), fueron 24 meses. Todas las manipulaciones de los vinos Malbec se realizaron con nitrógeno gaseoso de alta pureza. Esto incluye: el purgado con nitrógeno de las botellas vacías para evitar la incorporación de aire en el



vino y la remoción del aire del espacio de cabeza antes del sellado de las botellas. Para ambos tipos de cierres empleados (c), el espacio de cabeza fue de 5,09 ml. Los vinos Malbec embotellados se mantuvieron en cámaras termostatizadas a dos temperaturas de almacenamiento (T): $15 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$ (15°C) y $25 \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ (25°C) durante 2 años para los vinos TK y 18, 12 y 6 meses para B6, B12 y B18 respectivamente. Se llenaron un total de 220 botellas con Vi, 141 de BN6 y de BU6, 90 de BN12 y de BU12 y 48 de BN18 y de BU18 para los controles químicos, microbiológicos y sensoriales durante los diferentes periodos de conservación. La frecuencia en que fueron realizados los muestreos del vino en barricas y del vino embotellado, se observa en la Tabla II.1. Los análisis químicos y microbiológicos se realizaron por triplicado (3 muestras por cada tratamiento).

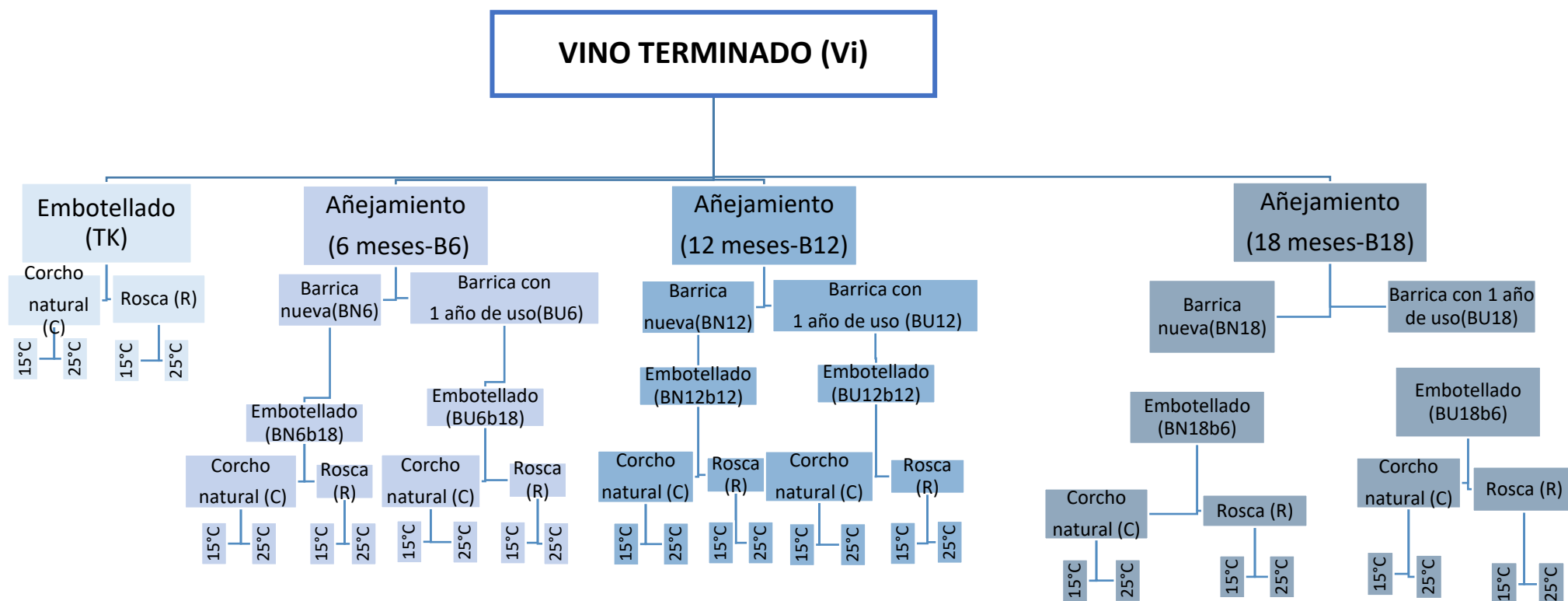


Fig.II.1. Esquema del ensayo global de conservación de vinos Malbec.

Vi: Vino inicial

TK: vino conservado durante 2 años en botella.

BN6 y BU6: Vino inicial conservado 6 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente. BN6b18 y BU6b18: Vino Malbec conservado durante 18 meses en botellas, proveniente de 6 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente.

BN12 y BU12: Vino inicial conservado 12 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente. BN12b12 y BU12b12: Vino Malbec conservado durante 12 meses en botellas, proveniente de 12 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente.

BN18 y BU18: Vino inicial conservado 18 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente. BN18b6 y BU18b6: Vino Malbec conservado durante 6 meses en botellas, proveniente de 18 meses en barricas nuevas y de re-uso respectivamente.

C, botellas cerradas con corcho natural.; R, botellas cerradas con rosca.

15 y 25 °C, temperaturas de almacenamiento de los vinos Malbec embotellados.



Tabla II.1. Frecuencia de muestreos utilizada en el ensayo de conservación de vinos Malbec para los análisis químicos (Q), microbiológicos (M) y sensoriales (S).

Muestreo	Botella (TK)								Barrica (6meses)								Barrica (12meses)								Barrica(18meses)							
(meses)	Tapa Rosca				Corcho																											
	T 15°C		T 25°C		T 15°C		T25°C		Q y M				A																			
	Q y M	S	Q y M	S	Q y M	S	Q y M	S																								
0	x	x	x	x	x	x	x	x	x																							
2	x		x		x		x		x																							
3		x		x		x		x																								
4	x		x		x		x		x																							
6	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x																		
									Tapa Rosca (BN6 y BU6)				Corcho (BN6 y BU6)				Q y M				S											
									T 15°C		T 25°C		T 15°C		T 25°C																	
									Q y M	S	Q y M	AS	Q y M	S	Q y M	S																
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		x																	
12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
																	Tapa Rosca (BN12 y BU12)				Corcho (BN6 y BU6)				Q y M				S			
																	T 15°C		T 25°C		T 15°C		T 25°C									
																	Q y M	AS	Q y M	AS	Q y M	S	Q y M	S								
15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														
18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														
																									Tapa Rosca (BN18y BU18)				Corcho (BN18 y BU18)			
																									T 15°C		T 25°C		T 15°C		T 25°C	
																									Q y M	AS	Q y M	AS	Q y M	AS	Q y M	S
21	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x			
24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		



II.6 Registro de la temperatura de conservación

El registro de la temperatura de las cámaras en que fueron conservados los vinos, se realizó con sensores LogTag, que fueron programados para tomar valores cada media hora. El total de registros efectuados en las cámaras termostatizadas, junto a los valores medios y de dispersión de las temperaturas de cada cámara se observan en la Tabla II.2. Asimismo, la Figura II.2 muestra en una nube de puntos, los registros efectuados. La franja roja, corresponde a la cámara de 25°C y la zona azul a la de 15°C.

Tabla II.2. Valores medios y de dispersión para el registro de temperaturas de las cámaras de 15 y 25°C de conservación de vinos Malbec.

n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
35386	14,4	1,95	0,02	10,5	7,6	21,1
35129	24,53	2,36	0,01	9,62	15,6	33,3

n, número de registro de temperatura. D.E, Desviación estándar. CV, coeficiente de variación.

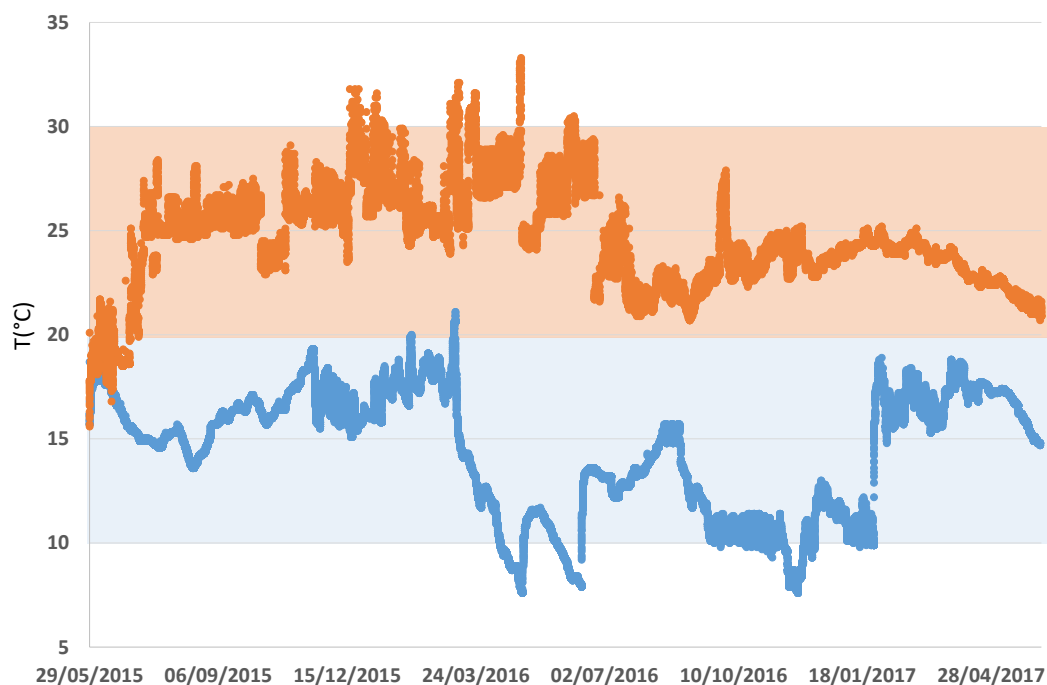


Fig. II.2. Registros de las temperaturas de las cámaras de 15 y 25°C durante los 2 años de conservación de los vinos Malbec.



Además, con los datos obtenidos de los registros, se calculó la temperatura cinética media (TK) que pondera los picos de temperatura respecto a los valores normales o deseados del proceso, esta se calculó a partir de la Ecuación II.1 (Gallardo et al., 2004). Los valores obtenidos de TK, considerando un ΔH medio de 800 KJ/mol, fueron 14,43°C y 24,55°C para las cámaras de 15 y 25°C respectivamente. Lo cual indicaría que los vinos se mantuvieron a las temperaturas requeridas en el estudio de conservación abordado.

Ecuación II.1

$$T_K = \frac{\frac{\Delta H}{R}}{-\ln \left(\frac{e^{\frac{-\Delta H}{kT_1}} + e^{\frac{-\Delta H}{kT_2}} + \dots + e^{\frac{-\Delta H}{kT_n}}}{n} \right)}$$

Donde

TK, es la temperatura cinética media en Kelvin.

ΔH , es la energía de activación (normalmente entre 60-100KJ/mol para sólidos o líquidos).

R, es la constante universal de los gases ideales.

T_1 a T_n , son las temperaturas registradas en Kelvin.

n, es el número de registros de temperatura.

II.7 Parámetros enológicos generales y anhídrido sulfuroso

Los parámetros enológicos generales (concentración de etanol, pH, acidez total y volátil y las concentraciones de ácido málico, tartárico, láctico y cítrico) de los vinos Malbec se determinaron usando un espectrómetro FT-IR compacto y modular del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) Bruker Alpha. Se tomó con jeringa, 0,5mL de vino previamente centrifugado y cada muestra se inyectó en la celda del módulo de muestreo de reflexión simple ATR (reflexión total atenuada) del equipo que se muestra la Figura II.3A. El principio de funcionamiento del equipo es el siguiente, la luz infrarroja pasa a través de un cristal de diamante y es reflejada en ángulo recto y parcialmente absorbida por la muestra como muestra el esquema de la Figura II.B. Asimismo, la luz IR se atenúa



según las características de absorción de la muestra. Esta atenuación es medida por un detector y transformada en un espectro infrarrojo medio (MIR). Los espectros MIR (Figura II.3C) de las muestras se registraron mediante el software OPUS (Bruker Optics).

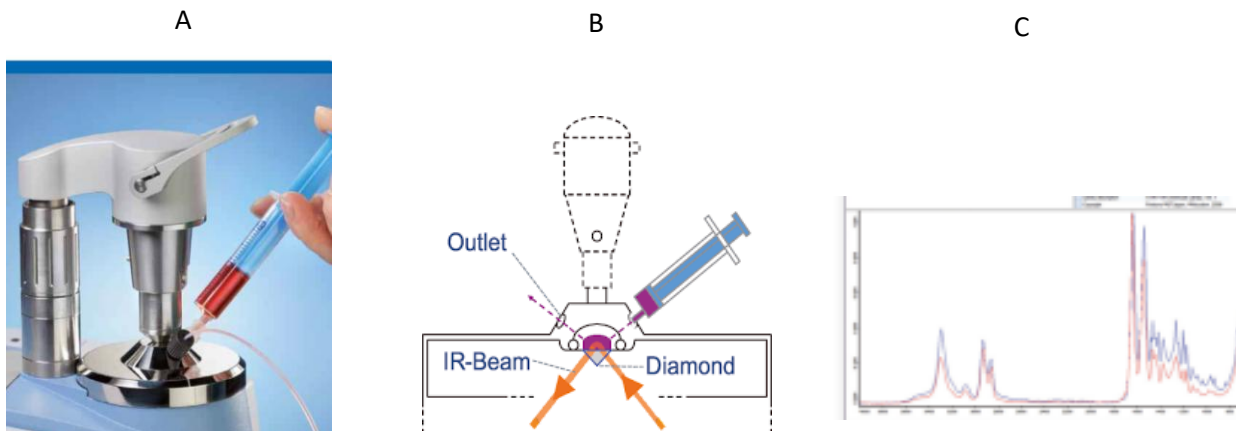


Fig. II.3. Equipo espectrómetro FT-IR compacto Bruker Alpha. A) Inyección de la muestra a la celda del equipo. B) Esquema de la celda de flujo ATR. C) Espectro MIR obtenido.

Por otra parte, el análisis de dióxido de azufre libre y total de las muestras lo realizó una empresa terciarizada, con el equipo FIAstar™5000. El equipo es un fotómetro digital de longitud de onda dual con corrección automática de fondo. Como se observa en la Figura II.4, se inyecta una muestra en un flujo continuo de una solución portadora que se mezcla con otras soluciones de flujo continuo antes de llegar al detector. Por su diseño de inyección de flujo, permite el análisis automático y simultáneo del anhídrido sulfuroso libre y total de 50 muestras/hr.

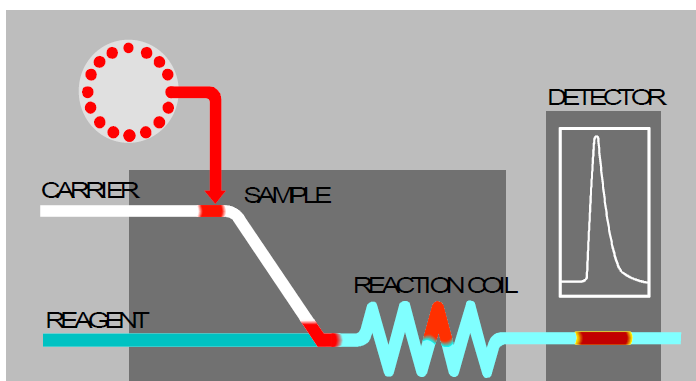


Fig. II.4. Equipo para la determinación de anhídrido sulfuroso FIAstar™5000.



II.8 Determinación de oxígeno en vino

La concentración de oxígeno disuelto y oxígeno en el espacio de cabeza, se determinó con tecnología no destructiva de luminiscencia con el equipo Fibox 3 Trace fiber-optic (Figura II.5A). Con este fin, sensores de oxígeno fueron pegados con silicona transparente de uso alimentario, uno en la mitad de las botellas y otro en el espacio de cabeza (mitad del cuello de la botella), antes del llenado con vino (Figura II.5B). Cuatro botellas para cada tratamiento de vino embotellado fueron destinadas para este propósito, haciendo un total de 112 botellas. 16 botellas con el vino Vi, de las cuales ocho con corcho (4 para 15°C y 4 para 25°C) y 8 con rosca (4 para 15°C y 4 para 25°C), 32 con el vino B6 (16 para el vino procedente de barricas nuevas y 16 para el de usadas), de igual modo 32 para el vino B12 y 32 para el vino B18. Las botellas se distribuyeron equitativamente en la línea de embotellado durante cada embotellado. Se utilizó la calibración del fabricante para todos los sensores durante las mediciones de oxígeno. Al inicio del ensayo y en cada momento de muestreo se realizó la medición de oxígeno teniendo la precaución de no agitar las botellas. Las botellas se guardaron en cajas y envueltas con papel aluminio al abrigo de la luz. Por otra parte, para la determinación del oxígeno presente en el vino conservado en barrica se pegó un sensor en la punta de una varilla de vidrio que fue insertada en el tapón de silicona y sumergida en el vino (Figura II.5C). Esto permitió seguir la evolución del oxígeno disuelto en cada barrica del estudio. Asimismo, se destinó una barrica usada (estanca) la cual se controló la concentración de oxígeno del vino, con la particularidad que no se realizó ninguna apertura durante los 18 meses (relleno, muestreo, sulfitado). La frecuencia con que se efectuaron las mediciones de oxígeno fue; el día del embotellado; durante el primer mes, dos veces por semana; durante el segundo mes, 1 vez por semana; y desde el tercer hasta el final del proceso, 1 vez cada quince días.

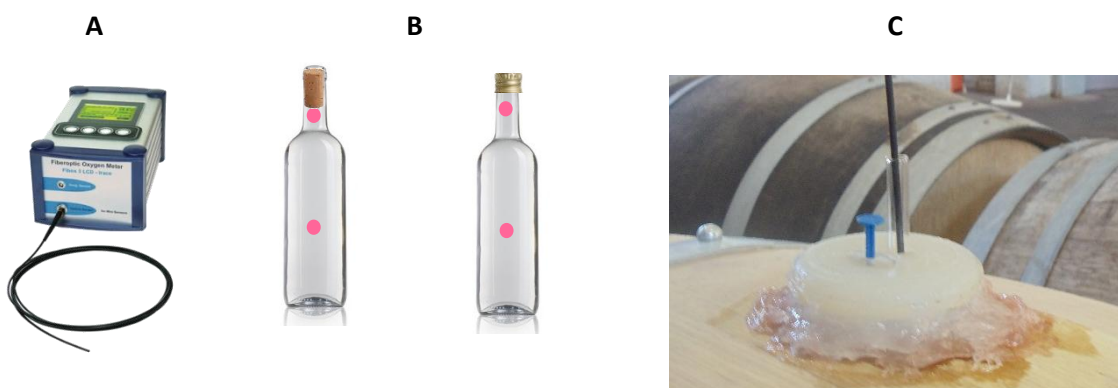


Fig. II.5. Determinación de oxígeno en vino. A) Equipo medidor por lumiscencia Fibox 3 Trace fiber-optic. B) Esquema de ubicación de los sensores de oxígeno en las botellas. C) Varilla de vidrio con sonda para la medición de oxígeno en vino añejado en barrica.

II.9 Análisis microbiológicos

El seguimiento microbiológico de los vinos fue realizado por el Laboratorio de Microbiología del INTA. Se determinaron levaduras totales, *Brettanomyces* / *Dekkera*, bacterias lácticas y acéticas, según la metodología propuesta por OIV (2010).

II.10 Composición fenólica y color

La determinación de la composición fenólica de los vinos (concentración de antocianos y taninos) y los pigmentos poliméricos largos (LPP) y pequeños (SPP) se realizó por espectrofotometría UV-visible (Harbertson et al., 2003). Para la obtención de las mediciones de antocianinas, pigmentos poliméricos y taninos, las muestras se diluyeron 1:5 con una solución simil vino propuesta por el método (buffer B). La Figura II.6 muestra el equipo y las cubetas utilizadas en el análisis.

Para la determinación del color de los vinos se realizó la medición directa del barrido de absorción en el rango 380-750nm en una cubeta de vidrio de 1 mm de paso óptico. A partir del espectro de absorción de cada muestra se calcularon los parámetros CIELAB [L*(claridad, 0 negro y 100



blanco), C_{ab}^* (croma, saturación), h_{ab} (tono; rojo, verde, amarillo) y las coordenadas a^*b^* (rojo/verde; amarillo/azul)], usando el software CromaLab®. La diferencia de color (ΔE_{ab}^*) se calculó como la distancia Euclídea entre dos puntos (1 y 2) del tridimensional espacio de color ($L^*a^*b^*$) como muestra la Ecuación II.2.

$$\text{Ecuación II.2} \quad \Delta E_{ab}^*(L_1^*, a_1^*, b_1^*; L_2^*, a_2^*, b_2^*) = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

$$\Delta E_{ab}^*(L_1^*, a_1^*, b_1^*; L_2^*, a_2^*, b_2^*) = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$



Fig. II.6. Espectrofotómetro UV-visible y cubetas utilizadas en la determinación de compuestos fenólicos y pigmentos poliméricos.

II.11 Determinación de taninos elágicos

Para las muestras de vinos que fueron almacenados en barrica, se procedió a la determinación de taninos elágicos totales e individuales (Roburina A, Roburina BC, Grandinina, Vescalagina, Roburina E, Castalagina). La metodología que se empleó fue la propuesta por Navarro et al. (2017).



La extracción de los elagitaninos se realizó de los siguientes pasos: a) 3 mL de la muestra del vino Malbec se secó en un rotavapor, bajo presión reducida a 35°C y redissuelto en una solución de 2,5% de ácido acético en agua hasta completar un volumen de 2 mL; b) la muestra de vino preparada se insertó en un cartucho SPE de 6 mL empaquetado a mano (70x12 mm), relleno con 3 mL de Sephadex LH-20 que fue previamente activado con metanol (5 mL) y acondicionado con agua (5 mL); c) luego el lecho Sephadex LH-20 se lavó sucesivamente con agua (2 mL), etanol al 96% (2 mL) y metanol (1 mL), y se descartaron los eluidos combinados; d) los elagitaninos de vino retenidos se recuperaron por elución con metanol (10 mL) seguido de acetato de etilo (10 mL); e) la fracción de elagitaninos se secó a 35°C en un evaporador rotatorio a presión reducida y se redissolvió en 1,5 mL de agua/ácido fórmico (996:4, v/v) y se colocó en un vial cromatográfico para análisis por HPLC. Finalmente, la columna Sephadex LH-20 SPE se reacondicionó para su uso posterior con metanol (5 mL; se restauró el volumen inicial del lecho adsorbente) y agua (5 mL).

La separación, identificación y cuantificación de los taninos elágicos se efectuó en un cromatógrafo líquido de alta eficacia HPLC Agilent 1100 Series. Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes, disolvente A [agua/ácido fórmico (996:4, v/v)] y disolvente B [metanol/ácido fórmico (996: 4, v/v)], flujo variante con gradiente de elución: 0 min, 0% B, flujo de 0,55 mL/min; 7,5 min, 0% de B, flujo de 0,55 mL/min; 8,0 min, 0% de B, flujo de 0,70 mL/min; 25 min, 20% de B, flujo de 0,70 mL/min; 35 min, 50% de B, flujo de 0,70 mL/min; 37 min, 100% B, flujo de 0,70 mL/min; 45 min, 100% de B, flujo de 0,70 mL/min; 50 min, 0% de B, flujo de 0,55 mL/min; tiempo posterior a la corrida, 10 min a 0% B y flujo de 0,55 mL/min.

La identificación de elagitaninos se basó en los tiempos de retención y datos espectrales de UV/Vis y MS con los espectros y tiempos de retención obtenidos para el conjunto de estándares. Se prepararon curvas de calibración para todos los compuestos analizados a partir de estándares puros.



Los datos del espectro de masas, se procesaron con el software Agilent LC/MS Trap (LC/MSD Trap Software 5.3, Build 22.14, Bruker Daltonik GmbH 1993-2005).

II.12 Determinación de los compuestos volátiles

El análisis de compuestos volátiles de los vinos Malbec se realizó mediante metodología de microextracción en fase sólida (SPME)/cromatografía gaseosa/espectrometría de masas, de acuerdo con el método propuesto por Úbeda et al. (2017). Las condiciones en que se realizó la SPME fueron, temperatura de incubación de 35°C, tiempo de extracción de 30 minutos, tiempo de desorción de 300 segundos y concentración del cloruro de sodio 1,5 g. Cada muestra se inyectó usando el modo splitless (3 min), con una temperatura de inyección de 250 °C y una temperatura de la línea de transferencia de 280 °C. El 4-methyl-2-pentanol (0.75 mg L^{-1}) se usó como estándar interno. El análisis por cromatografía gaseosa se llevó a cabo en el sistema GC Agilent acoplado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo Agilent. El gas carrier que se utilizó en la columna cromatografía fue Helio y a un flujo de mL/min. El programa de la temperatura del horno fue, 35°C por 10 min, posteriormente se elevó a 100°C a 5°C/min, luego a 210 °C a 3 °C/min (manteniéndose 40 minutos). Todos los datos se registraron utilizando MS ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EE. UU.). La identificación de los compuestos se basó en la comparación con estándares de referencia auténticos (Tabla II.3.). Sin embargo, la identificación tentativa de algunos compuestos se llevó a cabo mediante la comparación de los espectros de masas obtenidos de cada compuesto con espectros de referencia de la biblioteca NIST98 y también comparando su índice lineal de retención con los encontrados en la literatura. Los datos se obtuvieron a partir de curvas de calibración con estándares de referencia (área relativa frente a concentración). La concentración relativa se calculó dividiendo el área del pico cromatográfico de cada compuesto por el área cromatografica del estándar interno.



Tabla II.3. Parámetros utilizados en la identificación y cuantificación de compuestos volátiles en vinos Malbec.

LRI	ID	Compuesto volátil
1076	A	Butanoato de etilo
1084	A	2-Metilbutanoato de etilo
1246	A	Hexanoato de etilo
1334	A	Heptanoato de etilo
1413	C	Lactato de etilo
1437	A	Octanoato de etilo
1647	A	Decanoato de etilo
1864	B ²	Dodecanoato de etilo
2041	B ²	Tetradecanoato de etilo
2175	B ²	Hexadecanoato de etilo
1163	A	Acetato de isoamilo
1306	A	Acetato de hexilo
1851	A	Acetato de 2-feniletilo
	C	Acetato de 2-etilhexilo
1675	A	Succinato de dietilo
1730	C	Succinato de metiletilo
1769	C	Succinato de etilbutilo
1905	C	Succinato de etilisopentilo
1400	A	Octanoato de metilo
1973	C	Salicilato de metilo
1108	A	Isobutanol
1172	A	Butanol
1197	A	3-Metil-1-butanol
1315	C	4-Metil-1-pentanol
1332	A	3-Metil-1-pentanol
1391	A	Hexanol
1478	A	Heptanol
1534	B	2,3-Butanediol
1574	A	2-Etilhexanol
1745	B ¹	Metionol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
1880	C	Alcohol bencílico
1940	A	2-Feniletanol
1894	A	Ácido hexanoico
2074	A	Ácido octanoico
2296	A	Ácido decanoico
1242	B ⁴	o-Cymeno
	C	Terpinoleno
1555	A	Linalol
1693	A	α -terpineol
1785	A	Citronelol
1887	A	Nerol
2056	A	(E)-Nerolidol
	C	(Z)- β -Farneseno
1518	B ³	Vitispirano 1
1522	B ³	Vitispirano 2
1745	B ³	I 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (TDN)
1849	B ³	β -Damascenona
1336	C	Furfuril éter
1438	A	Furfural
1595	C	2-Furanmetanol
1694	C	2-Metilbenzofurano
1731	C	2-furoato de etilo



1961	A	(E)-Whiskylactona
1975	A	(E)-Whiskylactona
2039	C	γ -Etoxibutirolactona
2045	A	4-Metil guaiacol
2170	B ¹	4-Etilfenol
2172	B ¹	Eugenol
1565	B ⁴	Benzaldehído
1802	C	Naftaleno
1975	C	Isoamilacetamida

^aLRI: índice de retención lineal ^bID: identificación: A, espectro de masa y LRI de acuerdo al patrón de referencia; B, espectro de masa de acuerdo con el espectro de masas de la base de datos y LRI de acuerdo con los datos de la literatura: ¹Ferreira, Aznar, López, and Cacho, 2001, ²Berger, Drawert, and Kollmannsberger, 1989, ³Slaghenaufi & Ugliano, 2018, ⁴Chung, Eiserich, & Shibamoto, 1993; C, espectro de masa de acuerdo con el espectro de masas de la base de datos.

La Figura II.7 muestra el perfil cromatográfico de una de las muestras de vino Malbec conservado en botella, sin contacto con madera. Asimismo, se han señalado todos los compuestos odorantes identificados y cuantificados en estos vinos.

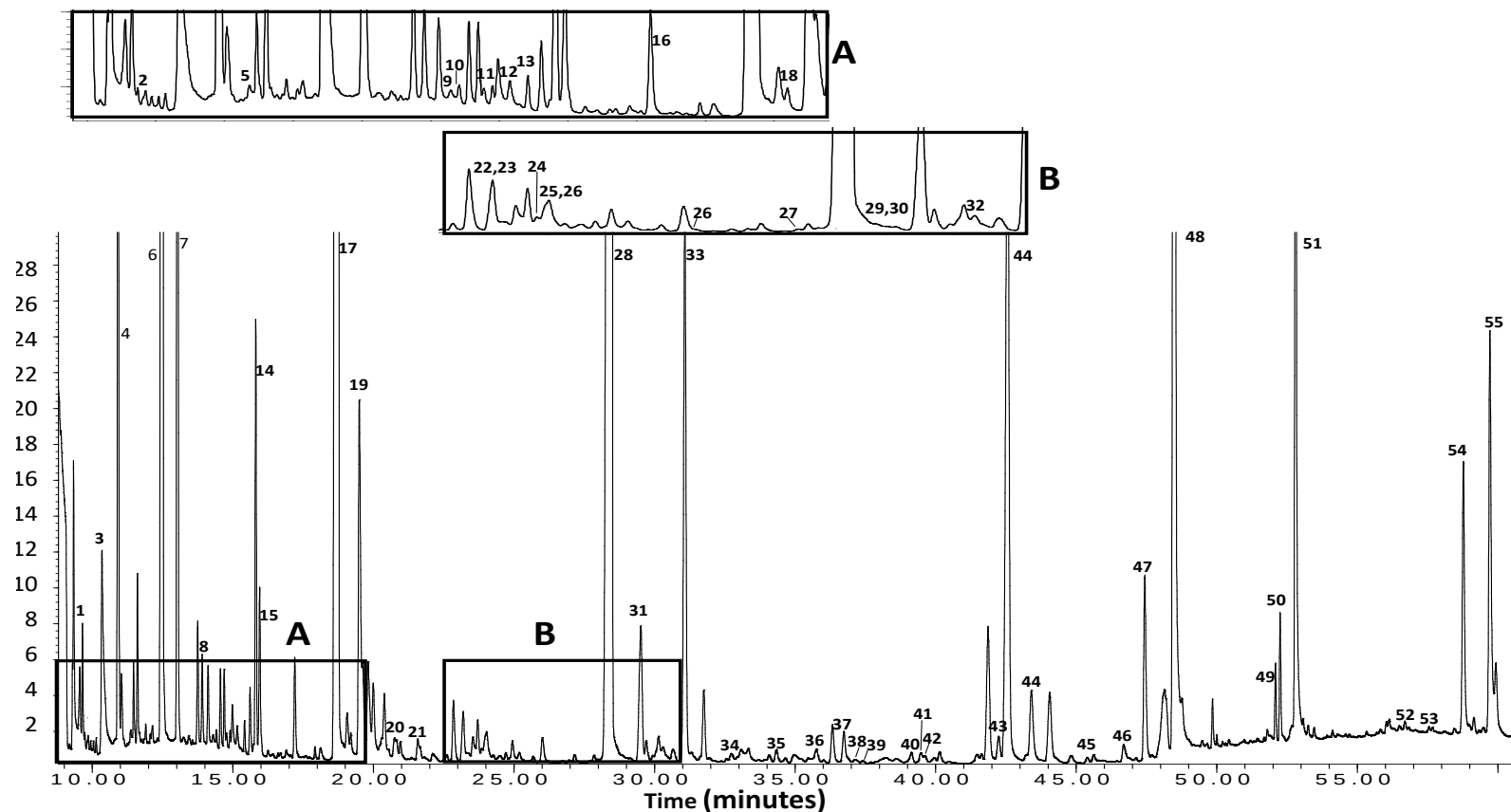


Fig.II.7. Perfil cromatográfico de vinos Malbec conservados en botella durante 24 meses, obtenido por SPME/GC-MS. **Alcoholes:** 3 isobutanol, 5 1-butanol, 6 3-metil-1-butanol, 11 4-metil-1-pentanol, 12 3-metil-1-pentanol, 14 1-hexanol, 18 1-heptanol, 23 2,3-butanodiol, 35 metionol, 46 alcohol bencílico, 48 2-feniletanol. **Esteres:** 1 butanoato de etilo, 2 2-metilbutanoato de etilo, 4 acetato de isoamilo, 7 hexanoato de etilo, 8 acetato de hexilo, 13 heptanoato de etilo, 15 lactato de etilo, 16 octanoato de metilo, 17 octanoato de etilo, 28 decanoato de etilo, 30 succinato de metiletilo, 31 octanoato de isoamilo, 33 succinato de dietilo, 40 succinato de etilbutilo, 41 acetato de 2-feniletilo, 42 salicilato de metilo, 44 dodecanoato de etilo, 47 3-metilbutil butanodioato de etilo, 50 tetradecanoato de etilo, 54 hexadecanoato de etilo. **Ácidos orgánicos:** 19 ácido acético, 45 ácido hexanoico, 51 ácido octanoico, 55 ácido decanoico. **Norisoprenoides:** 24 vitispirano-1, 25 vitispirano-2, 38 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno, 43 β -damascenona. **Terpenoides:** 9 o-cymeno, 21 nerol, 22 linalol 34 α -terpinol, 37 citronelol, 49 E-nerolidol. **Furanoides:** 10 furfural, 27 2-metilbenzofurano, 20 furfural, 26 5-metilfurfural, 29 etil 2-furoate, 32 2-furanmetanol. **Fenoles volátiles:** 52 eugenol, 53 2-etilfenol. **Otros compuestos volátiles:** 26 benzaldehído, 36 γ -etoxibutirolactona, 39 naftaleno, 45 isoamil acetamida.



II.13 Análisis sensorial

En los distintos ensayos de conservación realizados, los vinos Malbec fueron evaluados mediante análisis sensorial con 15 jueces entrenados (10 mujeres y 5 hombres, de 30 a 50 años) en una sala de cata adecuada a esta finalidad (Figura II.10A). Previamente, durante dos meses, se capacitó a los jueces en la identificación de aromas, sabores y color del vino. Cada panelista trabajó en una cabina aislada (iluminada por lámparas Candil de 6500 K de espectro completo). En cada sesión se dispensaron muestras de vino (30-40 mL, 15 °C) en copas de degustación. Las sensaciones en boca y los descriptores de aromas se evaluaron en copas negras, mientras que los parámetros visuales con copas blancas (IRAM 20023). En cada sesión se presentó a los panelistas, las muestras de vino a evaluar, los estándares, bachas, galletas sin sal y agua (para evitar la saturación entre muestras) (Figura II.8B).

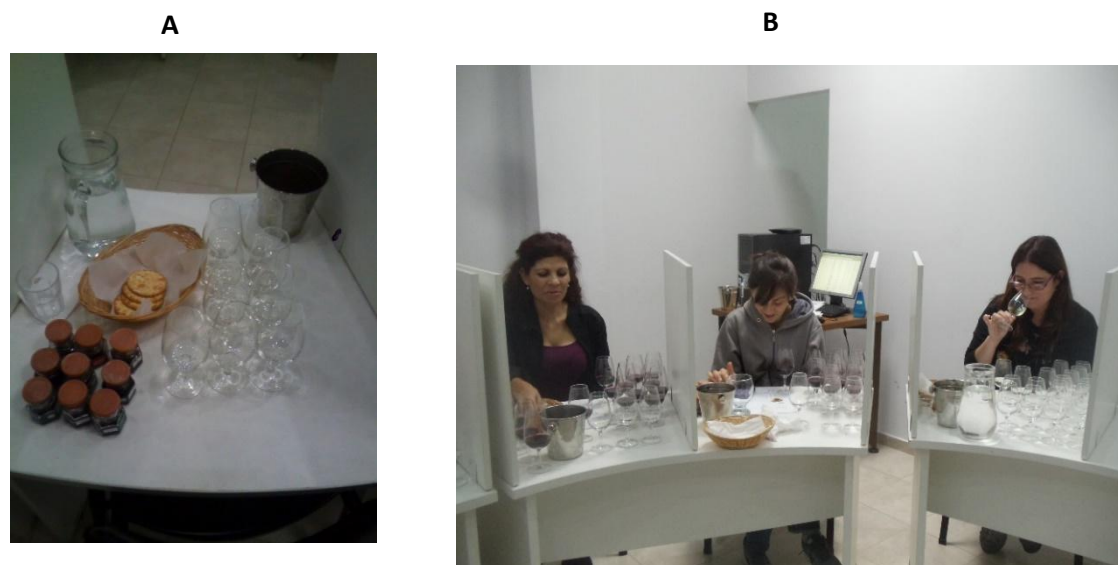


Fig. II.8. Análisis sensorial de vinos Malbec. A) Sala de cata utilizada. B) Presentación de mesa de utilizada en el análisis sensorial.



II.13.1 Análisis discriminativos

Teniendo en cuenta el número de muestras se realizó como primera instancia análisis discriminativo del tipo test triangular o test de diferencia de un control. La finalidad de estos análisis era identificar si los panelistas percibían las réplicas de una misma muestra como diferentes (diferencia entre réplicas) o entre distintas muestras (diferencia entre muestras). Las características de estos test se detallan a continuación.

II.13.1.1 Test triangular

Se siguió la metodología propuesta por el panel de degustación del Centro de Estudios de Enología - EEA Mendoza INTA (Catania & Avagnina, 2007). Mediante esta prueba se pueden detectar pequeñas diferencias entre muestras. Se presentan tres vinos, pero sólo uno de ellos es diferente. En este caso la pregunta es: ¿Cuál es la diferente? Para su aplicación se presentan tres muestras al azar y se pregunta cuál es diferente, como se observa en la Figura II.9. La posible combinación de productos es como sigue: AAB, ABA, BAA, ABB, BAB, BBA, las cuales deben presentarse aleatoriamente. Posteriormente la cantidad de aciertos se analizaron según Tabla II.4.

El formulario, titulado "Ensayo Triangular Simple", está diseñado para registrar los datos de una prueba sensorial. Incluye campos para la muestra, el nombre del evaluador y la fecha, todos con líneas punteadas para la escritura. El texto central indica que se deben examinar tres muestras y marcar con un círculo el número de la muestra que se considere diferente. Se especifica que es esencial efectuar una elección. En la parte inferior, se muestra una tabla con tres columnas para las muestras de ensayo, numeradas 456, 322 y 781. El formulario concluye con un agradecimiento por la colaboración.

Ensayo Triangular Simple		
Muestra: _____		
Nombre del evaluador: _____		
Fecha: _____		
Examinar las tres muestras indicadas. Marcar con un círculo el número de la muestra de ensayo que Ud. decidirá que es diferente. Es esencial que Ud. efectúe una elección.		
Muestra de ensayo n°:		
456	322	781
Muchas gracias por su colaboración.		

Fig. II.9. Modelo utilizado para el análisis sensorial discriminativo de vinos Malbec mediante el test triangular.



Tabla II.4. Número mínimos de respuestas correctas del test triangular, para establecer significancia a distintos niveles de probabilidad. Es una adaptación de las Tablas de Roessler et al. (1978).

Número de juicios (jueces)	Cantidad de respuestas correctas necesarias para determinar si hay diferencias significativas.		
	5%	1%	0,1%
5	4	5	-
6	5	6	-
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	10
12	8	9	10
13	8	9	11
14	9	10	11
15	9	10	12
16	9	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	12	14	16
24	13	15	16
25	13	15	17
26	14	15	17
27	14	16	18
28	15	16	18
29	15	17	19
30	15	17	19
40	19	21	24
50	23	26	28

II.13.1.2 Diferencia de un control

En esta prueba se pidió al grupo de panelistas, que indicaran el grado de diferencia que existe contra una muestra estándar. El grado de diferencia se indicó con una escala simple. La Figura II.10 muestra las fichas utilizadas. Los resultados se analizaron armando una tabla de contingencias y con el criterio del estadístico Chi Cuadrado para un valor de significancia del 95% ($\alpha=0,05$).



Nombre:				
PRIMERA EVALUACIÓN				
Magnitud de diferencia	Muestras			
	A	B	C	D
(0) Ni diferencia				
(1) Muy pequeña				
(2) Pequeña a moderada				
(3) moderada				
(4) moderada a grande				
(5) grande				
(6) muy grande				
(7) muy grande a extrema				
(8) extrema				
COMENTARIOS				

Fig. II.10. Planilla utilizada para el análisis sensorial discriminativo de vinos Malbec en el test diferencia de un control.

II.13.2 Análisis descriptivo

Los atributos evaluados en los vinos Malbec fueron consensuados por los panelistas y se prepararon estándares de referencia (niveles bajo, medio y alto) para cada descriptor de acuerdo con Noble et al. (1987). Los patrones de referencia se prepararon como se indica en la Tabla II.5. Las características organolépticas analizadas fueron parámetros visuales (intensidad de color y matiz violeta), descriptores de aromas [intensidad aromática, fruta fresca (frutos rojos), fruta deshidratada (mermelada de arándanos, fresa y frambuesa), vegetal (balsámico), frutos secos (nuez, almendra y avellana), caramelizado, vegetal seco (té y tabaco)], aromas propios de los vinos con madera [madera (roble, cedro, tostado, café) y especiado (clavo de olor, pimienta negra, anís)] y sensaciones en boca (astringencia, acidez y amargo). Los descriptores de aromas a puntuar, fueron acordados por los panelistas antes de cada análisis descriptivo, según la presencia o no de madera y la etapa de maduración del vino (joven o añejo). En cada sesión, se presentó a los panelistas una guía para realizar el análisis (Figura II.11). Los vinos Malbec fueron puntuados



en una escala no estructurada (por duplicado en dos sesiones) utilizando una aplicación del software Soldesa (Mendoza, Argentina).

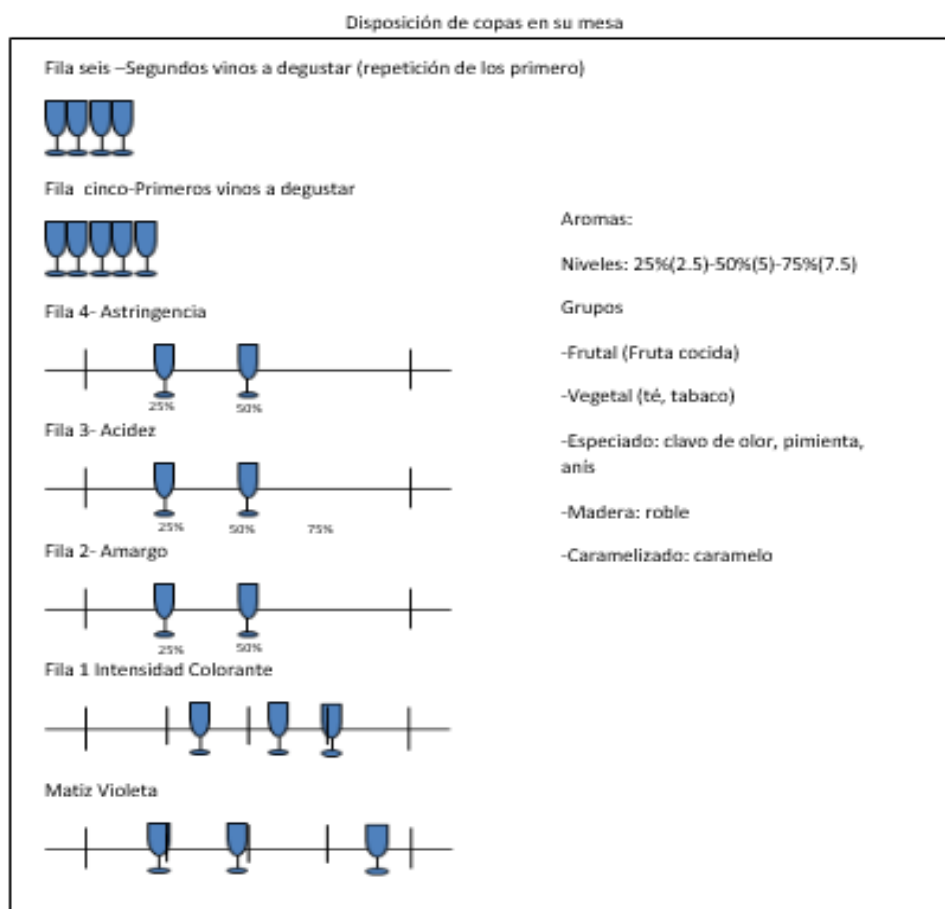


Fig. II.11. Guía de estándares de referencia, utilizada por los panelistas para el análisis sensorial descriptivo de vinos Malbec.



Tabla II.5: Atributos y estándares de referencia usados en análisis sensorial descriptivo de vinos Malbec.

Atributo	Descripción	Preparación del estándar de referencia
Color		
Intensidad Colorante (Int.Col)		
Baja	40% en escala no estructurada	Vino cv. Bonarda Intensidad de color por espectrofotometría (Abs570nm+ Abs 450nm+Abs 420nm)= 0,88
Media	60% en escala no estructurada	Vino cv. Croatina Intensidad de color por espectrofotometría (Abs570nm+ Abs 450nm+Abs 420nm)= 1,42
Alta	75% en escala no estructurada	Dilución 1:2 de vino cv. Ancellota Intensidad de color por espectrofotometría (Abs570nm+ Abs 450nm+Abs 420nm)= 1,76
Matiz Violeta (MV)		
Baja	22% en escala no estructurada	Vino Bonarda Según parámetro *b CIELAB obtenido por espectrofotometría=12,12
Media	45% en escala no estructurada	Vino Croatina Según parámetro *b CIELAB obtenido por espectrofotometría=10,30
Alta	90 % en escala no estructurada	Dilución 1:2 de vino Ancellota Según parámetro *b CIELAB obtenido por espectrofotometría=5,02
Sabor y sensación en boca		
Astringencia (As)		
Baja	25% en escala no estructurada	Vino Corvina de zona de Junin-Ensayo Picto Concentración de taninos 100ppm (Harbertson et al., 2002)
Media	50% en escala no estructurada	Vino Merlot-Ensayo microondas Concentración de taninos 500ppm (Harbertson et al., 2002)
Alta	75% en escala no estructurada	Vino Lambrusco-Ensayo Picto Concentración de taninos 1600ppm (Harbertson et al., 2002)
Amargo (Am)		
Baja	25% en escala no estructurada	Vino Malbec base.
Media	50% en escala no estructurada	Se adicionó cafeína al vino Malbec base hasta concentración de 0,5 g.L ⁻¹
Alta	75% en escala no estructurada	Se adicionó cafeína al vino Malbec base hasta concentración de 1 g.L ⁻¹
Acidez (Ac)		
Baja	25% en escala no estructurada	Vino Malbec base.
Media	50% en escala no estructurada	Se adicionó ácido tartárico al vino Malbec base hasta concentración de 0,5 g.L ⁻¹
Alta	75% en escala no estructurada	Se adicionó ácido tartárico al vino Malbec base hasta concentración de 1 g.L ⁻¹
Aromas		
Fruta Fresca(al comienzo de la conservación) (FF)	Frutos rojos (Frutilla, cereza, ciruela, frambuesa)	Se maceró 2 frutillas frescas en 25 mL de vino Malbec base durante un día y luego se filtró el extracto (Noble et al., 1987).
Fruta deshidratada (final de conservación) (FD)	Ciruela secas, compota de ciruela, mermelada de frutas	Se maceró 28g de mermelada de arándano, frambuesa y frutilla en 25mL de vino base Malbec durante un día y luego se filtró el extracto (Noble et al., 1987). Al estándar Fruta cocida 100% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Al estándar Fruta cocida 50% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2).



Vegetal (V) Balsámico-Fresco(vino joven) Vegetal-seco (vino añejo) 100% en escala no estructurada 50% en escala no estructurada 25% en escala no estructurada Frutos secos (hasta 18 meses de conservación)(FS) Caramelizado (CD) Caramelizado (final de la conservación) 100% en escala no estructurada 50% en escala no estructurada 25% en escala no estructurada Madera (M) 100% en escala no estructurada 50% en escala no estructurada 25% en escala no estructurada Especiado (E) 100% en escala no estructurada 50% en escala no estructurada 25% en escala no estructurada	Eucaliptus Té , tabaco Nuez, almendra, avellana Caramelo, diacetilo y dulce de leche Caramelo Roble, cedro, tostado, café. Clavo de olor, pimienta negra, anís.	Se maceró 1 hoja de eucaliptus en 25 mL de vino Malbec base durante 1 día y luego se filtró el extracto (Noble et al., 1987). Se maceró 0,75g de té y 0,75g de tabaco en 25 mL de vino Malbec base durante 1 día y luego se filtró el extracto (Noble et al., 1987). Al estándar vegetal-seco 100% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Al estándar vegetal seco 50% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Se maceró 2 nueces finamente picada en 20mL de vino Malbec base durante 1 día y luego se filtró el extracto. Se maceró 1 cucharada de dulce de leche, en 25 mL de vino Malbec base durante 1 día, y luego se filtró el extracto y se incorporó esencia de diacetilo y saborizante artificial de caramelo. Se preparó caramelo calentando 28 g de azúcar y luego se mezcló con 25 mL de vino base Malbec. Al estándar caramelo 100% se lo diluyó con vino base Malbec(1:2). Al estándar caramelo 50% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Se maceró 0,25g de chips de roble y/o cedro en 25 mL de vino base Malbec durante 1 día y luego se filtró el extracto. Al estándar madera 100% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Al estándar madera 50% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Se maceró una mezcla de pimienta negra (2-3 granos), anís (0,5g) y un clavo de olor en 25mL de vino base Malbec durante 1 día y luego se filtró el extracto (Noble et al., 1987). Al estándar especiado 100% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2). Al estándar especiado 50% se lo diluyó con vino base Malbec (1:2).
---	--	--



II.14 Análisis estadístico

La normalidad y homocedasticidad de los datos se verificaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilks W y de Levene respectivamente. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) multifactorial y la comparación de medias por el test de Tuckey HD. Los datos que provenían de vinos embotellados se consideraron que cumplían con el supuesto de independencia necesario para para el análisis de la varianza. Por otra parte, los datos de concentración de oxígeno y de vinos que se conservaron en barricas, al no cumplir con el supuesto de independencia en el tiempo, se analizaron mediante Modelos Lineales Mixtos (MLM), asignando un efecto aleatorio correspondiente al número de botella, o barrica de la cual procedían. Los datos presentados en tablas corresponden a la media de las mediciones de las tres réplicas y su correspondiente desviación estándar relativa porcentual (DER%). Todos los estudios estadísticos se realizaron con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0,05$). Para los análisis estadísticos de los datos se empleó el software InfoStat/P 2017 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Los datos sensoriales de cada atributo se analizaron según el método sugerido por Varela & Ares, (2014) de modelos mixtos para considerar la interacción entre los panelistas y la muestra. El esquema del análisis se ha simplificado en el árbol de decisión que muestra la Figura II.12. Este análisis se realizó con el uso del paquete **SensoMineR** del software R.

Por otra parte, el análisis de correlación y predicción de variables analíticas y sensoriales de los vinos que fueron conservados solamente en botellas, se realizó por el método de regresión por cuadrados mínimos parciales (PLS), usando el software R.

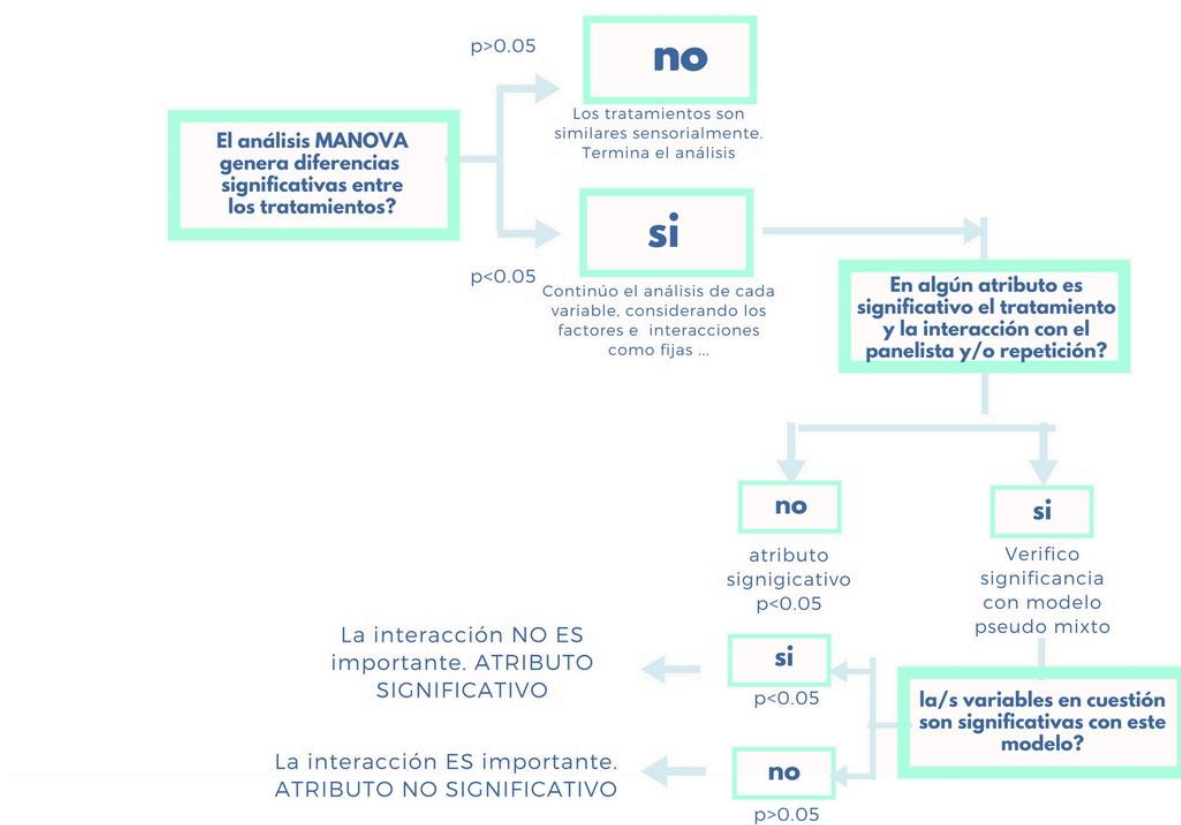


Fig. 12. Árbol de decisión para el análisis estadístico de datos sensoriales, adaptación según análisis propuesto por Varela & Ares (2014).



Bibliografía

- Berger, R. G., Drawert, F., & Kollmannsberger, H. (1989). The flavour of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und Forschung*, 188, 122–126.
<https://doi.org/10.1007/BF01042735>
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). El análisis sensorial. *Curso Superior de Degustación de Vinos*, 21.
- Chung, T. Y., Eiserich, J. P., & Shibamoto, T. (1993). *Volatile Compounds Isolated from Edible Korean Chamchwi (Aster scaber Thunb)*. 1693–1697. <https://doi.org/10.1021/jf00034a033>
- Ferreira, V., Aznar, M., López, R., & Cacho, J. (2001). Quantitative gas chromatography - olfactometry carried out at different dilutions of an extract . Key differences in the odor profiles of four high-quality spanish aged red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4818–4824. <https://doi.org/10.1021/jf010283u>
- Gallardo, C., Rojas, C., & Flórez, A. (2004). La temperatura cinética media en los estudios de estabilidad a largo plazo y almacenamiento de los medicamentos. *Vitae (Medellín)*, 11(1/2), 67–72.
- Harbertson, J. F., Picciotto, E. A., & Adams, D. O. (2003). Measurement of Polymeric Pigments in Grape Berry Extracts and Wines Using a Protein Precipitation Assay Combined with Bisulfite Bleaching. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(4), 301–306.
- IRAM-Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2013). *IRAM 20023. Análisis sensorial. Instrumental. Copa para el análisis sensorial del vino*.
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Miquel, J., García-romero, E., Gómez-alonso, S., Zamora, F., & Hermosín-gutiérrez, I. (2017). *Improved method for the extraction and chromatographic analysis on a fused-core column of ellagitannins found in oak-aged wine*. 226, 23–31.



<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.043>

Noble, a. C., Arnold, R. A., Buechsenstein, J., Leach, E. J., Schmidt, J. O., & Stern, P. M. (1987).

Modification of a Standardized System of Wine Aroma Terminology. *Am. J. Enol. Vitic*, 38(2), 143–146. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>

OIV. (2010). Análisis microbiológico de vinos y mostos - Revisión de la resolución OENO 8/95.

Resolución OIV/OENO 206/2010, 25.

Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, J. L., & Stone, H. (1978). Expanded statistical tables for

estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests.

Journal of Food Science, 43, 940–947.

Slaghenaufi, D., & Ugliano, M. (2018). Norisoprenoids , sesquiterpenes and terpenoids content of valpolicella wines during aging : investigating aroma potential in relationship to evolution of tobacco and balsamic aroma in aged wine. *Frontiers in Chemistry*, 6, 1–13.

<https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00066>

Úbeda, C., del Barrio-Galán, R., Peña-Neira, Á., Medel-Marabolí, M., & Durán-Guerrero, E. (2017).

Location effects on the aromatic composition of monovarietal cv. Carignan wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(3), 390–399. <https://doi.org/10.5344/ajev.2017.16086>

Varela, P., & Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*

(P. Varela & G. Ares (eds.); 2014th ed.). Taylor & Francis Group.

Capítulo III

EVOLUCIÓN QUÍMICA Y SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS EN BOTELLAS CON DISTINTOS CIERRES Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO

*Y nadie que bebe del vino
viejo quiere luego del nuevo,
porque dice: “el viejo es
excelente” (Lc 5,39)*



III.1 Introducción

Las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de la uva Malbec (*Vitis vinifera* L.) han convertido a su vino en un emblema de Argentina. La provincia de Mendoza concentra más del 80% de la superficie cultivada de esta variedad en el país, y sus vinos vendidos en botella constituyen el producto más exportado de esta industria. Además, debido a la composición fenólica de este varietal, resulta un vino con alto potencial de guarda (Fanzone et al., 2010)

El proceso de conservación de vinos en botellas genera cambios químicos y sensoriales en el vino joven. Estas modificaciones dependerán de su composición inicial (por ejemplo, variedad, clima, suelo, manejo vitícola y enológico) y de las condiciones de almacenamiento (temperatura, tipo de cierre y tiempo, entre otros factores). La ausencia de control en estos parámetros puede disminuir la vida útil y la calidad del vino consumido (Avizcuri et al., 2013; Casassa, Bolcato, Sari, Fanzone, & Jofré, 2016; Garde-Cerdán, Marsellés-Fontanet, Arias-Gil, Ancín-Azpilicueta, & Martín-Belloso, 2008; Robinson et al., 2010; Waterhouse, Sacks, & Jeffery, 2016c).

Durante el proceso de envejecimiento tanto el color y el aroma del vino se modifican. Las antocianinas monoméricas polimerizan o reaccionan con otros compuestos generando pigmentos más estables, propios de los vinos añejos (Fulcrand et al., 2006; Waterhouse et al., 2016c). Por otro lado, acontecen una serie de reacciones (interacciones intermoleculares, oxidaciones, reducciones, hidrólisis, etc.) que modifican el perfil volátil del vino joven caracterizado con aromas frutales y florales (aromas fermentativos) a aromas más complejos presentes en un vino evolucionado como son la formación de compuestos furánicos y liberación de precursores aromáticos (Jackson, 2008; Linsenmeier et al., 2010).

El cierre utilizado en la conservación de vinos embotellados, actúa como la única membrana permeable entre el vino y el ambiente. Dicha membrana regula el ingreso de oxígeno desde el exterior (Lopes, Saucier, et al., 2007) y la migración de algunos compuestos volátiles del vino



por fenómenos de absorción (Capone et al., 2003; Pickering et al., 2009; Silva et al., 2011). Así cierres con mayor permeabilidad al oxígeno (corcho natural y tapón sintético) favorecerían las reacciones de estabilización del color que consumen oxígeno y la oxidación de compuestos fenólicos y aromas. Respecto a esto, Caillé et al., 2010 encontró que luego de los 10 meses de conservación, vinos tintos Grenache sellados con corcho natural y tapones sintéticos presentaron mayor intensidad colorante, tonalidad, aromas a caramelo y frutos rojos; y menores aromas de vegetal y animal (reductivos) que los de tapa a rosca.

La temperatura de almacenamiento de los vinos embotellados ejerce un efecto significativo sobre la cinética de las reacciones que ocurren durante la crianza (Scrimgeour et al., 2015). Respecto a esto, Butzke et al., 2012 evaluó el calentamiento de vinos modelos durante tres semanas de transporte; y encontró que esto generaría un envejecimiento de 18 meses, respecto a un vino almacenado en bodega (13°C) Dicho envejecimiento, fue medido en términos de formación de carbamato de etilo que incrementa por calentamiento. Asimismo, Puech et al., 2006 observó que vinos tintos conservados a temperaturas bajas y estables durante 36 meses mantuvieron concentraciones más elevadas de antocianinas y presentaron menor tonalidad amarilla, aromas oxidados y frutales; que los vinos conservados a mayores temperaturas y variables.

Como se ha comentado anteriormente, los cambios que se produzcan durante la guarda del vino también dependerán de la variedad de uva y del origen. Cassino, Tsolakis, Bonello, Osella y Osella (2019) observaron una mayor variabilidad en la composición de volátiles y no volátiles de los vinos tintos (Barbera, Nebbiolo, Ruchè y Grignolino) conservados en condiciones óptimas de almacenamiento (12°C, 4 años), debido al tipo de vino y origen geográfico que por la edad del vino. En cambio, el comportamiento de los vinos Malbec de diferentes zonas de Mendoza y California durante 5 años de crianza en botella mostró una disminución



significativa en el contenido de antocianinas con respecto a las muestras iniciales, asociado en un 40% al factor tiempo y en un 20% al factor tiempo región (Agazzi et al., 2018).

Hasta el momento, no ha sido evaluado el efecto combinado de diferentes factores de añejamiento en la composición química de los vinos Malbec. Por ello, el primer objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la temperatura, tipo de cierre y tiempo de conservación sobre la composición fenólica y volátil de vinos Malbec (Mendoza, Argentina) durante 24 meses de crianza. Teniendo en cuenta su influencia sobre las características organolépticas, el segundo objetivo fue correlacionar las variables analíticas con los atributos sensoriales mediante técnicas de regresión (PLS).

III.2 Parámetros enológicos

Al inicio de la conservación, el vino Malbec presentó 14 %v/v de etanol, 5,57 g L⁻¹ de acidez total, 0,46 g L⁻¹ de acidez volátil y pH 3,55. Durante el añejamiento de los vinos no se observaron diferencias significativas en la evolución de estos parámetros enológicos por efecto del tipo de cierre y la temperatura de conservación, tal y como se muestra en el Anexo III.1. Al final del proceso, todos los vinos no mostraron diferencias significativas en el contenido de alcohol, con relación al vino inicial, mientras que la acidez total y el pH disminuyeron en 14% y 0,15 unidades, respectivamente, y la acidez volátil ascendió a 0,77 g L⁻¹. Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados con otras variedades de uva (Garde et al., 2008; Hopfer et al., 2013; Ortega-Heras et al., 2007).

Durante la crianza de los vinos Malbec se observó una disminución en las concentraciones de ácido tartárico, málico y cítrico. De estos, el ácido tartárico (H₂T) presentó la mayor variación de concentración ($\Delta C_{0-24 \text{ months}} = 0,48 \text{ g L}^{-1}$) probablemente precipitaría como bitartrato de potasio (KHT). La precipitación de KHT podría generar un desplazamiento del equilibrio termodinámico (H₂T/HT⁻) hacia la formación de bitartrato. Cuando se modifica este equilibrio, se liberan al medio iones hidronio, lo que contribuiría a la disminución del pH y de la acidez



total de los vinos, como se ha observado en este estudio (Boulton et al., 1999; Waterhouse et al., 2016a). Por otro lado, los vinos Malbec no mostraron alteraciones microbiológicas durante el envejecimiento (Anexo III.2), por lo que el aumento del 65% en la acidez volátil observado podría estar asociado a procesos químicos oxidativos, como lo sugieren Clarke and Bakker (2004).

III.3 Oxígeno y dióxido de azufre

En general, la concentración de oxígeno disuelto (cOD) disminuyó a medida que aumentó el tiempo de conservación (t) de los vinos Malbec (Figura III.1). Según Dimkou et al. (2011) la concentración de oxígeno disuelto reflejaría el balance neto entre la disolución de oxígeno desde el espacio de cabeza al vino y el consumo por parte del mismo vino. Así, cOD representaría el contenido de oxígeno residual resultante de diferentes fenómenos físicos y químicos que ocurren durante el envejecimiento en botella. Entre los 0 y los 2 meses de almacenamiento se observó un ligero aumento de la cOD que se mantuvo constante hasta el mes 4. Esto podría deberse a que, durante los primeros meses de almacenamiento, la concentración de oxígeno disuelto en el vino aumentaría por fenómenos difusivos desde el espacio de cabeza (Dimkou et al., 2011) y, además, porque la tasa de disolución del oxígeno sería mayor que la tasa de consumo de oxígeno por reacciones químicas (Laurie et al., 2008; Ugliano, 2013). Del sexto a los 24 meses de almacenamiento de las botellas se observó una disminución de la cOD, probablemente debido a que la tasa de disolución de oxígeno sería menor que la tasa de consumo.

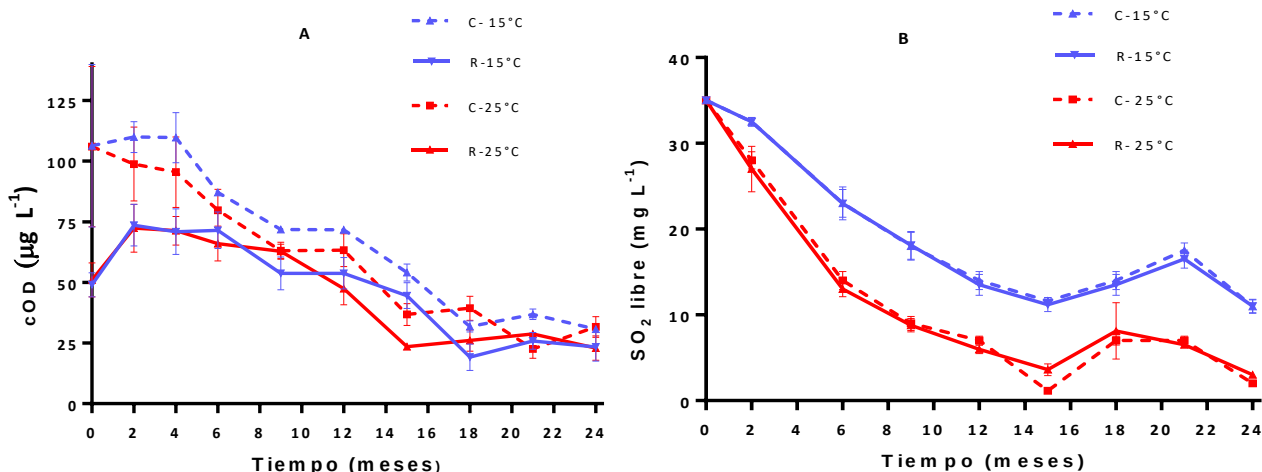




Fig. III.1. Evolución de la concentración de oxígeno disuelto (A, cOD) y dióxido de azufre libre (B, SO_2 libre) en vinos Malbec durante el añejamiento a dos temperaturas de conservación (15°C y 25°C) y empleando dos tipos de cierre corcho natural (C) y tapa a rosca (R).

Por otro lado, la evolución del cOD a lo largo del tiempo de envejecimiento dependió de la interacción entre la temperatura y el cierre (T:c, $p < 0.0001$). Al inicio del ensayo, las botellas selladas con corcho natural (C) y almacenadas a 15°C y 25°C , presentaron una concentración de oxígeno disuelto de $91 \pm 10 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, y $87 \pm 3 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente; mientras que los de tapa rosca (R) presentaron $51 \pm 7 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ de cOD a 15°C , y $49 \pm 10 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ de cOD a 25°C . La diferencia observada en el cOD inicial entre C y R podría deberse a que la presión aplicada al corcho en el momento del embotellado aceleraría la disolución del oxígeno del espacio de cabeza en el vino en este periodo (Dimkou et al., 2011; Ugliano, 2013), lo que podría haber influido en la cOD hasta el cuarto mes de conservación, ya que los vinos se embotellaron con el mismo volumen de espacio de cabeza (5,09 mL). Del mismo modo, durante todo el proceso, cOD-R fue 1,32 veces inferior a cOD-C. Esto podría deberse a que el corcho tiene una mayor difusión de oxígeno ($2\text{-}6 \mu\text{L}/\text{día}$) que la tapa a rosca ($<1 \mu\text{L}/\text{día}$) (Silva et al., 2011). Asimismo, la cOD de los vinos Malbec mantenidos a 15°C (corcho, $73,89 \pm 1,74 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; tapa a rosca, $53,65 \pm 1,34 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) fue mayor que a 25°C (corcho, $66,86 \pm 1,51 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; tapa a rosca, $50,42 \pm 1,48 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). El efecto de la temperatura podría explicarse por un lado, porque las bajas temperaturas de envejecimiento favorecen la disolución del oxígeno ($\Delta H_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} (298 \text{ K}, 1 \text{ atm}) 14,13 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) (Karbowski et al., 2010); y, por otro lado, debido a que las temperaturas de conservación elevadas promoverían reacciones químicas en las que interviene el oxígeno. El oxígeno molecular es un agente oxidante ineficaz para reaccionar directamente con los componentes del vino. Para participar en las reacciones oxidativas, en presencia de Fe^{+2} y al pH del vino, el oxígeno se transforma en radicales hidroperoxilo ($\text{HOO}^\cdot$) mediante un proceso endotérmico (Karbowski et al., 2010; Ugliano, 2013).



La Figura III.1B muestra la evolución de la concentración de dióxido de azufre libre (SO_2 libre) durante el almacenamiento de los vinos Malbec. La SO_2 libre disminuyó progresivamente hasta los 12 meses de conservación. Esto es consistente con otras observaciones que correlacionan la alta disponibilidad de oxígeno con el rápido descenso en la SO_2 libre (Dimkou et al., 2013; Lopes et al., 2009). La disminución de SO_2 libre estaría asociada a reacciones en las que interviene el radical hidroperoxilo formado en etapas anteriores. $\text{HOO}^\cdot$ reacciona con compuestos fenólicos generando peróxido de hidrógeno (H_2O_2), que en presencia de Fe^{+2} o Cu^+ , oxidaría inespecíficamente todos los compuestos orgánicos del vino. Pero este proceso está controlado por el SO_2 libre que compite con el Fe^{+2} y el Cu^+ por el H_2O_2 (Danilewicz, 2011). En medio ácido, el metabisulfito y el H_2O_2 reaccionan de forma irreversible produciendo ácido sulfúrico y agua y, de esta forma, se protegería la fracción orgánica del vino (Elias & Waterhouse, 2010; Scrimgeour et al., 2015). Por otro lado, las diferencias observadas durante la evolución de SO_2 libre se asociaron con cambios en las temperaturas de envejecimiento, pero no con los tipos de cierres empleados. Durante el primer año de añejamiento, los vinos Malbec conservados a 25°C presentaron un 21% menos de SO_2 libre que los conservados a 15°C . Esto podría deberse a que las altas temperaturas de conservación promoverían la formación de flavanoles monosulfonados, productos de la reacción directa entre los taninos y el bisulfito, con la consiguiente disminución de SO_2 libre (Arapitsas et al., 2014). Además, la concentración de peróxido de hidrógeno ($\text{c}_{\text{H}_2\text{O}_2}$) del medio podría afectar la concentración de SO_2 libre. La $\text{c}_{\text{H}_2\text{O}_2}$ aumenta a medida que aumenta la temperatura del proceso (Karbowski et al., 2010) y, en consecuencia, aumenta la velocidad de reacción de esta especie química con el SO_2 libre, lo que conduciría a la disminución del SO_2 libre. Finalmente, la temperatura de almacenamiento afectaría el equilibrio molecular SO_2/SO_2 libre, a 25°C habría una mayor concentración de SO_2 molecular y una menor concentración de SO_2 libre que a 15°C (Scrimgeour et al., 2015).



III.4 Composición fenólica

La Figura III.2 muestra la evolución de los diferentes compuestos fenólicos durante la conservación de los vinos. Los datos obtenidos del modelo ANOVA de tres vías muestran que la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el tiempo de crianza tuvo un efecto significativo ($p \leq 0.001$) sobre los compuestos fenólicos de los vinos Malbec añejados en botella. Pero el tipo de cierre utilizado no tuvo efecto sobre la evolución de la composición fenólica ($p > 0,05$).

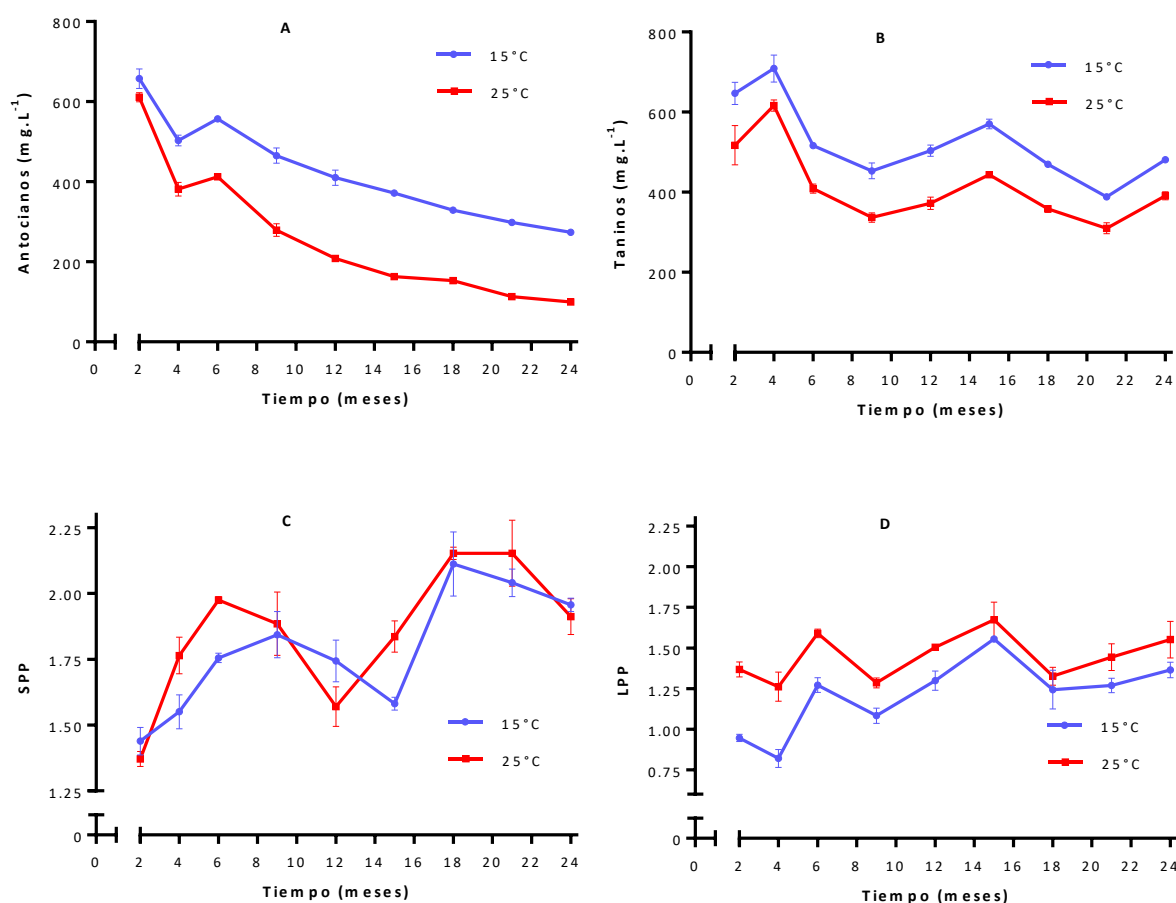


Fig. III.2. Evolución de compuestos fenólicos en vinos Malbec durante el añejamiento a dos temperaturas de almacenamiento (15°C y 25°C). (A) Antocianinas. (B) Taninos. (C) SPP, pigmentos poliméricos pequeños. (D) LPP, pigmentos poliméricos grandes.



Como se esperaba, durante la conservación, la concentración de antocianos disminuyó en los vinos Malbec (Figura. III.2A). Algunos autores han propuesto que los antocianos reaccionan con iones bisulfito formando aductos incoloros y estables al pH de los vinos (Berké et al., 1998), pero esto no explicaría las diferencias observadas por efecto de la temperatura de almacenamiento. A través de estudios cinéticos de evolución de la concentración de antocianos, se determinaron órdenes de reacción y constantes de velocidad específica (k_v) por método diferencial (Bendito, Estela, & Maya, 2018; Pardue, 1989). Los órdenes de reacción para 15°C y 25°C fueron 3,66 y 2,21, respectivamente, lo que demuestra que las reacciones de los antocianos se producen a través de mecanismos complejos (Anexo III.3). A 15°C la k_v fue de $1,06 \times 10^{-08}$, mientras que a 25°C el k_v fue de $1,40 \times 10^{-04}$. Debido a la diferencia en los valores de k_v s, se encontró que a 25°C la concentración de antocianos cayó 2,55 veces más que a 15°C, entre los 2 y los 24 meses de almacenamiento en botellas. Esto puede deberse a las diferentes reacciones en las que intervienen dichos compuestos. Los antocianos podrían reaccionar con el H_2O_2 generado durante la activación del oxígeno molecular (Sección III.3), y este proceso se ve favorecido por el aumento de la temperatura de almacenamiento (Lopes, Tristan, et al., 2007; Özkan et al., 2002)). Además, debido a las altas temperaturas durante el envejecimiento, los antocianos podrían degradarse a ácidos fenólicos (pigmentos amarillos) con la consiguiente formación de chalconas (Fulcrand et al., 2006; He et al., 2012a). Villamor, Harbertson, and Ross (2009) demostraron que la diferencia en el nivel de antocianinas de los vinos Cabernet Sauvignon y Merlot dependía de la temperatura de almacenamiento (a altas temperaturas de conservación, la concentración remanente en los vinos era menor que a bajas temperaturas de envejecimiento). Otros autores (Lago-Vanzela et al., 2014) observaron una mayor pérdida de antocianos cuando los vinos tintos Violeta fueron sometidos a crianza a 50°C en comparación con el control (15°C). Hasta ahora se ha discutido la pérdida de antocianinas por procesos de degradación y blanqueo. Posteriormente, se analizarán otras reacciones que también participan.



Como se muestra en la Figura III.2B, la concentración de taninos disminuyó en los vinos Malbec durante el almacenamiento. Se observó que el contenido de taninos fue mayor a 15°C que a 25°C, durante todo el proceso de envejecimiento. En relación a ello, se ha estimado que las altas temperaturas y el pH bajo del vino aceleran la pérdida de taninos de alto peso molecular, probablemente debido a la escisión de los enlaces C-C entre flavanoles, con la consecuente formación de especies de bajo peso molecular (Cheynier et al., 2006; Vidal et al., 2002; Villamor et al., 2009).

Además, durante el envejecimiento, taninos y antocianos pueden reaccionar directamente formando aductos de antociano-tanino ($A^+ \rightarrow T$) o tanino-antociano ($T^+ \rightarrow A^-$), o generando agregados moleculares mediante la intervención de etanal (Fulcrand et al., 2006). Estos compuestos formados, denominados pigmentos poliméricos, son los responsables de la estabilidad del color de los vinos a lo largo del tiempo (Blanco-Vega et al., 2014; Karbowiak et al., 2010; Kilmister et al., 2014; Waterhouse et al., 2016b). En general, los pigmentos poliméricos se clasifican en pigmentos poliméricos grandes (LPP) y pigmentos poliméricos pequeños (SPP) que, respectivamente, precipitan y no precipitan con proteínas. SPP contendría compuestos derivados de antocianos originados por diferentes mecanismos (reacción directa, reacción de entrecruzamiento, cicloadición). El LPP estaría formado por antocianinas que han reaccionado directamente con flavanoles poliméricos (taninos) o pigmentos poliméricos que se han formado por reacción indirecta con acetaldehído (Due et al., 2006; Harbertson et al., 2003; Versari et al., 2014). Los pigmentos poliméricos aumentaron a lo largo del proceso de conservación del vino Malbec (Figura III.2C y III.2D). Los SPP tuvieron una evolución similar entre los vinos mantenidos a 15°C y 25°C y, al final de la conservación; su contenido no mostró diferencias significativas entre ambas temperaturas. Si bien, en etapas tempranas de conservación se observó que su formación a 15°C se retrasó con respecto a los 25°C. Por otro lado, al igual que SPP, LPP mostró evoluciones similares durante el tiempo de almacenamiento a 15°C y 25°C. Sin embargo, durante el proceso, la temperatura tuvo un



efecto significativo en su contenido. A 15°C, los vinos Malbec tuvieron menores índices de LPP que los de 25°C. Asimismo, Mansfield & Zoecklein (2003), observaron un 62% de aumento en la formación de LPP, respecto a un control, cuando vinos Cabernet Sauvignon eran sometidos a un calentamiento (21 días a 42°C) luego de ser embotellados. Las bajas temperaturas de envejecimiento podrían retardar la polimerización mediada por aldehídos entre las antocianinas y los flavan-3-oles, limitando la rápida formación de pigmentos excesivamente grandes, con su posterior precipitación y pérdida de color (He et al., 2012b).

III.5 Composición volátil

Diferentes autores han demostrado cómo las diferentes condiciones de conservación afectan la evolución de los compuestos volátiles individuales en vinos blancos y tintos (Cassino et al., 2019; Guaita et al., 2013; Moreira et al., 2016; Pereira et al., 2014), pero este estudio evaluó cómo estas condiciones afectan el perfil de las diferentes familias químicas que componen el aroma de los vinos Malbec.

La composición volátil de los vinos Malbec en el embotellado estuvo compuesta principalmente por alcoholes (92%), ésteres (4%) y ácidos orgánicos (3%); mientras que la suma de norisoprenoides, terpenoides, furanoides y fenoles volátiles fue inferior al 1%. Finalizado el período de crianza (24 meses) se observó que la concentración total inicial (279,40 mg L⁻¹) aumentó 1,18 veces en los vinos Malbec almacenados a 15°C y 1,53 veces en los mantenidos a 25°C. Además, se modificó la contribución porcentual de las diferentes familias químicas a la composición volátil total. A ambas temperaturas de conservación se observó un aumento en las concentraciones de alcoholes, norisoprenoides, terpenoides y furanoides, y una disminución de ésteres, ácidos orgánicos y fenoles volátiles (Tabla III.1). El Anexo III.4 muestra los compuestos químicos que conforman cada familia estudiada.

Los datos obtenidos del modelo ANOVA de tres vías muestran que el tiempo tuvo un efecto significativo ($p=0,001$) en la evolución de ácidos orgánicos y fenoles volátiles, interacción T:t en



alcoholes, ésteres, terpenoides y furanoides ($p < 0,01$) e interacciones c:T ($p = 0,0377$) y T:t ($p < 0,0001$) en norisoprenoides. En este estudio se observó que los cierres empleados en el embotellado (C o R) no influyeron en la evolución de la mayoría de las familias químicas volátiles durante la crianza de los vinos Malbec. Esto podría deberse a que los vinos Malbec tienen una alta composición fenólica, en comparación con otras variedades tintas, lo que podría generar mayor resistencia a los procesos degradativos inducidos por la entrada de oxígeno a través de los tapones (Fanzone et al., 2012; Fanzone et al., 2010; Silva et al., 2011).

Tabla III.1. Evolución de diferentes familias químicas volátiles en vinos Malbec durante la conservación a dos temperaturas de almacenamiento (15°C y 25°C).

		Tiempo de conservación (meses)						
VCF ¹	T ²	2	6	12	15	18	21	24
Alcoholes (mg.L ⁻¹)	15°C	388,58 (13,35) cA	380,85 (6,28) bcA	330,27 (6,71) abcA	350,88 (12,32) abcA	381,45 (17,05) bcA	289,75 (4,78) abA	316,25 (10,06) abA
	25°C	341,83 (8) bcA	418,67 (9,7)dA	324,94 (4,27) abA	339,71 (4,87) bcA	396,72 (9,12) dA	372,44 (8,72) bcdB	412,52 (7,06) dB
Esteres (mg.L ⁻¹)	15°C	13,94 (3,15) dB	11,17 (9,1) dB	8,48 (6,35) cB	6,09 (15,03) abB	7,37 (15,59) bcB	4,61 (8,41) aA	5,54 (5,02) aA
	25°C	12,69 (7,59) cA	10,84 (11,88) bA	6,12 (6,44) aA	4,76 (12,21) aA	5,84 (14,3) aA	4,96 (4,32) aA	5,22 (5,46) aA
Ácidos orgánicos (mg.L ⁻¹)	15°C	7,04 (6,43) bA	7,5 (20,11) bA	5,96 (9,07) abA	6,21 (5,14) abA	6,23 (13,14) abA	5,83 (12,06) aA	5,81 (4,53) aA
	25°C	7,74 (8,55) cdA	8,44 (8,45) dA	6,13 (10,82) abA	5,58 (2,76) aA	6,58 (3,95) abcA	6,5 (4,06) abcA	6,54 (13,47) abA
Norisoprenoides (µg.L ⁻¹)	15°C	386,66 (6,68) aA	407,89 (4,49) aA	437,87 (3,55) aA	687,67 (1,68) bA	891,27 (9,98) cA	615,36 (3,26) bA	839,09 (7,91) cA
	25°C	518,9 (11,39) abB	762,12 (9,16) bB	1216,69 (7,27) cB	1572,36 (14,49) cB	2221,07 (12,63) dB	2071,55 (10,89) dB	1960,09 (6,87) dB
Terpenoides (µg.L ⁻¹)	15°C	69,97 (4,98) bcA	70,41 (7,23) bcA	66,28 (4,97) abA	69,55 (4,03) bcA	78,23 (0,15) cA	68,37 (0,65) abA	73,64 (3,53) bcA
	25°C	70,86 (4,95) bA	87,19 (5,84) dB	72,38 (4,09) abB	75,5 (3,06) bcB	84,45 (8,04) cdB	86,07 (2,31) dB	88,16 (5,99) dB
Furanoides (µg.L ⁻¹)	15°C	268,36 (3,35) abA	317,75 (18,6) bA	353,06 (8,03) bA	456,05 (5,48) cA	522,21 (11,39) cdA	467,89 (4,26) cdA	550,88 (6,55) dA
	25°C	348,88 (8,34) bB	642,07 (12,83) cB	794,32 (2,04) cdB	880,65 (5,46) dB	1064,02 (8,71) eB	1266,26 (9,17) fB	1255,67 (3,92) fB
Fenoles volátiles (µg.L ⁻¹)	15°C	63,78 (28,32) cA	56,52 (29,28) bcA	38,31 (20,8) abA	38,07 (8,44) abB	36,42 (10,64) abA	26,39 (8,72) aA	30,15 (9,06) aA
	25°C	68,43 (17,28) bA	64,54 (15,49) bA	35,85 (33,38) aA	30,85 (3,25) aA	37,63 (6,51) aA	28,88 (5,53) aB	36 (14,11) aA

¹ VCF, familias químicas volátiles. Representa la suma de los compuestos individuales. Valores medios (3 repeticiones), SDR% entre paréntesis. Los análisis se describen en el Capítulo II de Materiales y Métodos.

² T, temperaturas de almacenamiento.

Diferentes letras minúsculas (en fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de conservación ($p \leq 0,05$).

Test de Tukey (HSD), ($\alpha = 0,05$).

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre temperaturas para cada VCF ($p \leq 0,05$). Test de Tukey (HSD) ($\alpha = 0,05$).



En los vinos Malbec jóvenes, los alcoholes ($258,61 \text{ mg.L}^{-1}$) fueron los compuestos más abundantes y, durante el primer año de conservación, aumentaron sus concentraciones. Este comportamiento también fue observado por Garde-Cerdán et al. (2008) en vinos de Parellada mantenidos a temperatura ambiente durante 6 meses. Por otro lado, los vinos Malbec no mostraron diferencias significativas en el contenido de alcoholes por efecto de la temperatura de almacenamiento hasta los 21 meses de añejamiento. A los 24 meses, los vinos mantenidos a 15°C presentaron un 22% más que los vinos iniciales, mientras que los conservados a 25°C presentaron un 59% más en cantidad (Tabla III.1). Sin embargo, esto no daría lugar a defectos organolépticos, ya que las concentraciones de alcoholes estaban por debajo de sus umbrales de percepción (Ayestarán et al., 2019; Clarke & Bakker, 2004).

Entre 2 y 18 meses de crianza, los vinos Malbec mostraron diferencias en el contenido de ésteres por la temperatura de conservación. En el momento del embotellado el contenido de ésteres fue de $12,26 \text{ mg.L}^{-1}$ y a los 18 meses su concentración disminuyó 39% a 15°C y 56% a 25°C (Tabla III.1). Estos resultados indicarían que las altas temperaturas de almacenamiento aumentan la hidrólisis ácida de los ésteres, con la consiguiente pérdida de los aromas frutales característicos de los vinos jóvenes (Cejudo-Bastante et al., 2013; Hopfer et al., 2013; Jackson, 2008; Pérez-Prieto et al., 2003; Scrimgeour et al., 2015).

La concentración total de ácidos orgánicos en los vinos Malbec iniciales fue de $7,37 \text{ mg.L}^{-1}$, y disminuyó con la conservación sin que T mostrara efecto significativo en su evolución (Tabla III.1). La disminución de los ácidos orgánicos durante el envejecimiento estaría asociada a reacciones de esterificación de estos compuestos con alcoholes, principalmente, etanol (Cassino et al., 2019; Pérez-Prieto et al., 2003).

Otros compuestos volátiles (norisoprenoides, terpenoides, furanoides y fenoles volátiles) se encontraron en bajas concentraciones (ppt a ppb) en los vinos añejos Malbec, pero tienen gran importancia a nivel sensorial debido a sus bajos umbrales de percepción (Linsenmeier et al.,



2010; Pereira et al., 2014; Piombino et al., 2019). En vinos jóvenes Malbec, el contenido de norisoprenoides fue de $362,67 \mu\text{g.L}^{-1}$, y su concentración se incrementó a medida que se prolongó el tiempo de almacenamiento. Esto estaría relacionado con la liberación de agliconas de norisoprenoides a partir de los glucósidos que se hidrolizan al pH del vino durante el envejecimiento (Black et al., 2012; Slaghenaufer & Ugliano, 2018; Waterhouse et al., 2016c).

A lo largo de todo el proceso, a ambas temperaturas de conservación, los norisoprenoides presentaron un patrón de evolución similar; sin embargo, a 15°C , el contenido de norisoprenoides fue 2,35 veces (en promedio) menor que a 25°C (Tabla III.1, Figura III.3). Esto podría estar asociado a un aumento en las velocidades de hidrólisis de los precursores glicosilados favorecida por la mayor temperatura de almacenamiento (Clarke & Bakker, 2004; Daniel et al., 2009; Hopfer et al., 2013; Robinson et al., 2010). Además, a partir de los 12 meses de añejamiento, los vinos Malbec almacenados a 25°C mostraron diferencias significativas en el contenido de norisoprenoides por los tapones utilizados en el embotellado (Figura III.3). Los vinos Malbec sellados con rosca presentaron una concentración de norisoprenoides superior que los tapados con corcho natural y esto podría estar relacionado con la absorción de algunos norisoprenoides por los tapones de corcho como lo han propuesto diferentes autores (Capone et al., 2003; Skouroumounis et al., 2005).

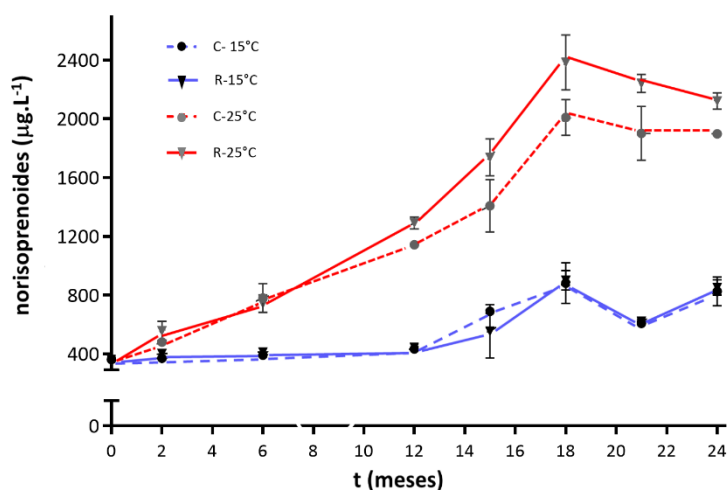




Fig. III.3. Efecto del cierre, temperatura de almacenamiento y tiempo de conservación sobre la evolución en el contenido de norisoprenoides de vinos Malbec. C, corcho natural; R, tapa a rosca; 15°C, temperatura de conservación 15°C; 25°C, temperatura de conservación 25°C.

Al igual que los norisoprenoides, los terpenoides libres aumentaron durante el almacenamiento de los vinos Malbec como consecuencia de las reacciones hidrolíticas sobre los enlaces β -glucosídicos de sus precursores (Linsenmeier et al., 2010). Después de 2 meses de almacenamiento, los terpenoides comenzaron a diferenciarse por la temperatura de conservación. Los vinos a 25°C tenían un mayor contenido de terpenoides en comparación con los de 15°C (Tabla III.1), lo que podría indicar que la liberación de las agliconas de los glucósidos se aceleraría por la mayor temperatura de almacenamiento (Hopfer et al., 2013; Robinson et al., 2010). Así, al final del proceso de conservación, los vinos Malbec almacenados a 15°C y 25°C aumentaron la concentración de terpenoides en un 25% y 47%, respectivamente, con relación a los vinos en el momento del embotellado.

El contenido de compuestos furanoides, descritos como “miel” y “caramelo tostado”, se incrementó durante la conservación de los vinos Malbec (Tabla III.1); y a 15°C, los furanoides fueron 2,13 veces (en promedio) más bajos que a 25°C. Esto se debería a que la degradación de los carbohidratos, de donde se derivan los furanoides (reacción de Maillard), aumenta su velocidad a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento (Clarke & Bakker, 2004; Pereira et al., 2011; Waterhouse et al., 2016c). Por otro lado, la concentración total de fenoles volátiles en los vinos Malbec iniciales fue de $65.69 \mu\text{g.L}^{-1}$, y los fenoles volátiles disminuyeron con la conservación sin que la temperatura de almacenamiento mostrara efectos significativos en su evolución. Fernández De Simón et al. (2006) observaron el mismo comportamiento de los fenoles volátiles durante la crianza de los vinos Tempranillo, y propusieron que esto se



explicaría por la participación de estos compuestos en diversas reacciones químicas de degradación.

III.6 Color del vino

Los datos obtenidos del modelo ANOVA de tres vías muestran que solo la interacción T:t tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la claridad (L^*), saturación (C^*_{ab}) y tonalidad (h_{ab}) de los vinos Malbec durante la crianza. La Figura III.4 muestra la ubicación de los vinos en el plano de color (a^*b^*) del espacio CIELAB y la evolución de L^* durante la crianza.

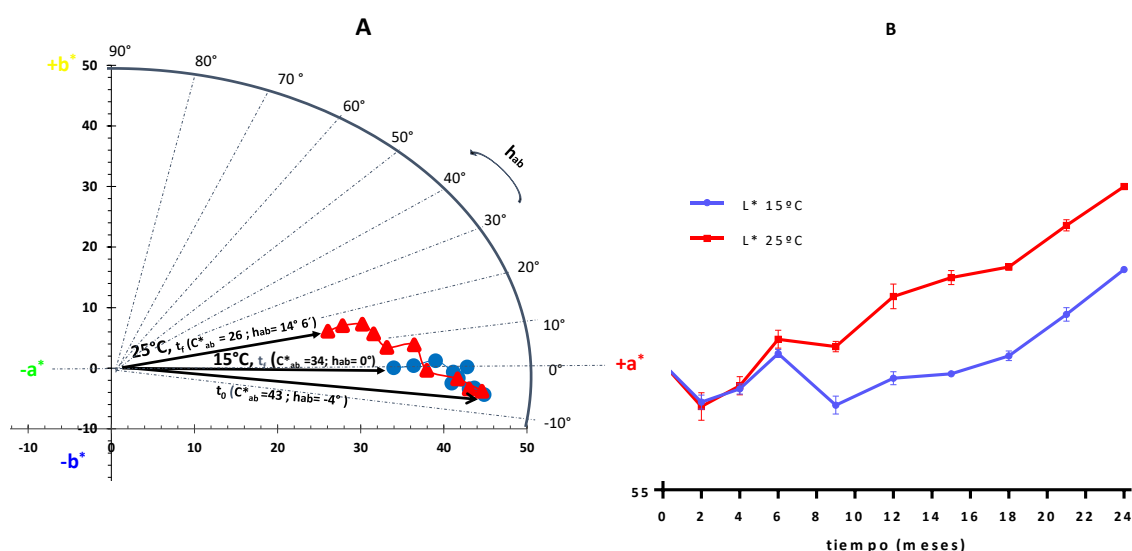


Fig. III.4. Parámetros CIELAB durante la crianza en botella de vinos Malbec. (A) Plano (a^*b^*); croma (C^*_{ab}) es un vector que une el punto (ubicación del vino) con el origen de coordenadas; tono (h_{ab}) es el ángulo de este vector; t_0 , vinos Malbec en el momento del embotellado; t_f , vinos Malbec a los 24 meses de conservación. (B) claridad (L^*). Los puntos rojos y azules son vinos Malbec almacenados a 15°C y 25°C, respectivamente, durante el añejamiento.

La Figura III.4A muestra la evolución del C^*_{ab} y h_{ab} durante la conservación de los vinos Malbec. El C^*_{ab} o saturación de los vinos disminuyó durante todo el proceso. Luego de 4 meses de conservación se observaron diferencias significativas en sus valores según las temperaturas de almacenamiento. Al final del añejamiento, el C^*_{ab} disminuyó un 20% a 15°C y un 40% a 25°C. La



tonalidad aumentó durante el almacenamiento y también se vio afectada por la temperatura de envejecimiento. Comparando el vino Malbec en el embotellado, con los vinos conservados durante 24 meses, se observó un incremento en el h_{ab} de 4° y 18° a 15°C y 25°C , respectivamente. La disminución de las tonalidades violetas y el desarrollo de tonalidades rojo-anaranjadas en los vinos durante el envejecimiento podría estar relacionado con el descenso en el contenido de antocianos (Figura III.2A) y pH, y el aumento de SPP (Figura III.2C), relacionado con los tonos anaranjados (Avizcuri et al., 2016). El C_{ab}^* y la claridad están relacionados con variaciones en los pigmentos poliméricos grandes durante el envejecimiento del vino (Casassa & Sari, 2007; Sáenz-Navajas et al., 2011). Además, C_{ab}^* presentó una correlación negativa con L^* y, como era de esperar, cuando la primera aumenta, la segunda disminuye (Figura III.4B). A los 6 meses, L^* mostró diferencias significativas entre los vinos almacenados a 15°C y 25°C . A los 24 meses, L^* presentó un aumento porcentual relativo (en promedio) del 8% a 15°C y del 16% a 25°C con relación a los vinos iniciales.

Este estudio también evaluó la diferencia de color (ΔE_{ab}^*) entre vinos conservados a 15°C y 25°C ; siendo $\Delta E_{ab}^* > 3$ una diferencia de color apreciable por un observador medio (Martínez et al., 2001). En general, ΔE_{ab}^* aumentó desde el embotellado hasta los 15 meses de envejecimiento y luego se mantuvo constante hasta el final del proceso. Sin embargo, a partir del sexto mes las diferencias en este parámetro eran claramente perceptibles ($\Delta E_{ab}^* > 3$). Al final del envejecimiento, la contribución relativa del croma ($\%\Delta^2 C_{ab}$) y la tonalidad ($\%\Delta^2 H_{ab}$) fueron los mayores ($> 40\%$) en diferencia de color observada (11,3 unidades CIELAB).

También se evaluó la diferencia de color entre los vinos en cada punto de muestreo y los vinos iniciales a 15°C y 25°C . Los vinos Malbec mantenidos a 25°C presentaron $\Delta E_{ab}^* > 3$ a los 6 meses, mientras que los de 15°C tuvieron la misma diferencia a los 15 meses. Este hecho podría indicar que las reacciones oxidativas y de termodegradación se verían aceleradas por las altas temperaturas de almacenamiento durante el período de envejecimiento (Arapitsas et



al., 2014; Gómez-Plaza et al., 2000, 2002; Hopfer et al., 2013). A los 24 meses, los vinos almacenados a 25°C presentaron 2 veces más de diferencia de color que los almacenados a 15°C. En este momento, los vinos a 25°C se caracterizaron por un aumento en la tonalidad ($\% \Delta^2 H_{ab} = 23$) y una disminución en la saturación ($\% \Delta^2 C_{ab}^* = 57$), mientras que los vinos a 15°C mostraron una disminución en la saturación ($\% \Delta^2 C_{ab}^* = 70$).

III.7 Análisis sensorial

Al final del período de envejecimiento, los vinos Malbec fueron evaluados mediante análisis descriptivo cuantitativo y los resultados se analizaron estadísticamente. Los modelos lineales mixtos mostraron que la intensidad de color (Int.Col), el matiz violeta (MV), el caramelizado (CD) y el vegetal seco (V) fueron atributos que permitieron diferenciar los vinos según las condiciones de conservación ($p < 0,05$). Los modelos ANOVA mostraron que los vinos mantenidos a 15°C tenían una Int.Col y un MV más elevados que los almacenados a 25°C. De acuerdo con estos resultados, Espitia-López (2011) observó que los vinos Ruby Cabernet envejecidos durante 6 meses a 18°C presentaron una intensidad colorante más baja que los de 4°C. Por otro lado, los vinos Malbec añejados a 25°C presentaron mayor CD y V que los conservados a 15°C. Las altas temperaturas de almacenamiento promoverían la degradación ácida de los azúcares (pentosas, hexosas) con la consiguiente formación de compuestos volátiles como furanos y piranos, relacionados con los atributos de CD (Waterhouse et al., 2016c). Además, a 25°C, los vinos Malbec sellados con tapa a rosca tuvieron puntajes más altos en el atributo V en comparación con aquellos sellados con corcho natural. El atributo V, vinculado con el aroma a tabaco, podría estar asociado a los compuestos norisoprenoides presentes en los vinos Malbec (Slaghenauhi & Ugliano, 2018); por lo tanto, las diferencias encontradas para este descriptor, podrían explicarse según el grado de absorción de norisoprenoides en los cierres utilizados (Skouroumounis et al., 2005).



III.8 Correlación entre variables químicas y sensoriales

La Figura III.5 muestra la correlación entre las variables analíticas y los descriptores organolépticos de los vinos Malbec envejecidos durante 24 meses, analizados mediante regresión multivariada de mínimos cuadrados parciales (PLS). En este estudio solo se consideraron variables analíticas dependientes de la temperatura y/o cierre. Las variables analíticas predijeron el 87% de la varianza de los descriptores organolépticos (Figura III.5A). Además, los vinos Malbec se diferenciaron por el efecto de la temperatura de almacenamiento, pero no por el tipo de cierre utilizado en el embotellado (Figura III.5B).

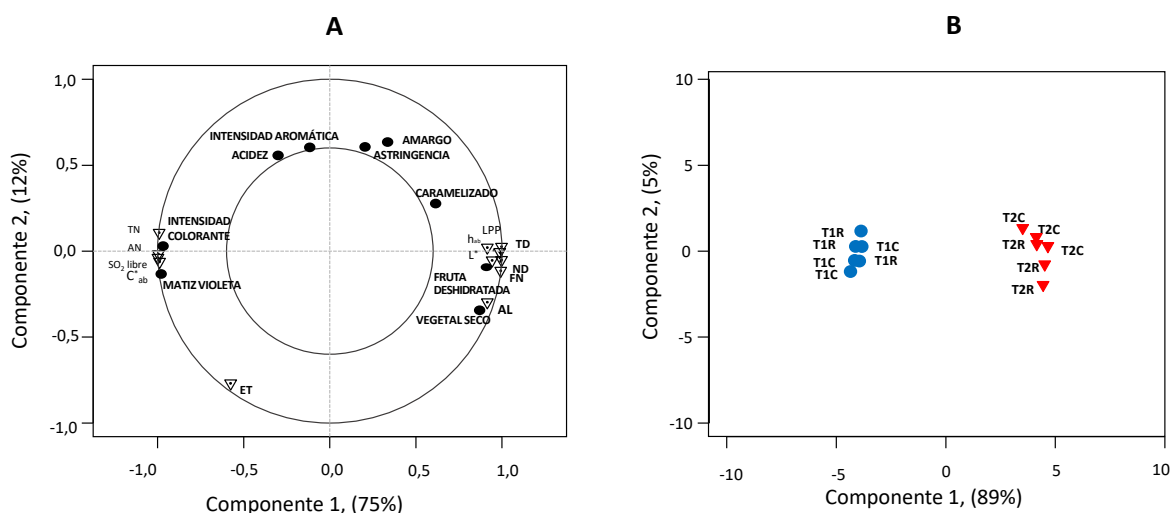


Fig. III.5. Análisis por regresión de mínimos cuadrados parciales de variables analíticas y sensoriales de vinos Malbec a los 24 meses de crianza. (A) Correlación entre variables analíticas y sensoriales. SO_2 libre, dióxido de azufre libre; AN, antocianinas; TN, taninos; LPP, pigmentos poliméricos grandes; L^* , claridad; C_{ab}^* , croma; h_{ab} , tonalidad; AL, alcoholes; ET, ésteres; ND, norisoprenoides; TD, terpenoides; FN, furanoides. (B) Diagrama de distribución de los vinos. C, corcho natural; R, tapa a rosca; 15, temperatura de almacenamiento 15°C; 25, temperatura de almacenamiento 25°C; a, b y c son repeticiones.

Por otro lado, los vinos Malbec añejados a 15°C se asociaron con percepciones altas de Int.Col y MV, mientras que los mantenidos a 25°C tuvieron valores bajos. Además, Int.Col y MV mostraron correlación positiva ($r > 0,90$) con SO_2 libre, TN, AN y C_{ab}^* , y negativa con LPP, L^* y h_{ab} .



Estas variables analíticas explicaron más del 96% de la varianza encontrada para los descriptores de Int.Col y MV (localizados en el círculo exterior del biplot, Figura. III.5A). Por otro lado, la intensidad aromática, los atributos de sensación en boca (astringencia, acidez y amargor) y el aroma acaramelado (ubicado en el círculo interior, Figura III.5A) fueron escasamente predichos (<50%) por variables analíticas. Además, estos últimos atributos solo contribuyeron un 5% en explicar la varianza general de los vinos Malbec (Componente 2, Figura. III.5B).

Los vinos Malbec almacenados a 25°C se asociaron con intensidades aromáticas elevadas de V y frutos secos (FD). Estos descriptores se correlacionaron positivamente con terpenoides, furanoides y norisoprenoides. Los aromas vegetales, como notas de té y tabaco, podrían estar relacionados con los norisoprenoides, mientras que los aromas como fruta deshidratada con compuestos furanoides (Ribéreau-Gayon et al., 2006; Slaghenaufi & Ugliano, 2018).

La correlación mediante PLS entre variables sensoriales y analíticas de vinos almacenados a diferentes temperaturas también ha sido evaluada por diferentes autores (Hopfer et al., 2012, 2013; Robinson et al., 2010). Hopfer et al. (2013) observaron que los vinos Cabernet Sauvignon conservados a 10°C presentaron una mayor percepción de saturación de color, fruta fresca y aromas florales que los conservados a 40°C. También mostraron una correlación positiva entre esos atributos y las concentraciones de antocianinas y dióxido de azufre disponible en estos vinos.

III.9 Conclusiones parciales

Se realizó un estudio integral del proceso de envejecimiento de los vinos argentinos Malbec, que brindó una visión interesante sobre el impacto de diferentes factores (tipo de cierre, temperatura y tiempo de almacenamiento) en sus propiedades químicas y sensoriales. El perfil del vino Malbec cambió durante la conservación en botella. En estos cambios, el factor más importante fue la interacción del tiempo con la temperatura de conservación. A los dos años,



los vinos presentaban diferencias químicas (composición volátil y fenólica), físicas (color) y sensoriales según la temperatura de almacenamiento. Pero, en el vino Malbec, no se generaron diferencias importantes en el perfil químico y sensorial por tipo de cierre utilizado. Además, la descripción sensorial estuvo acorde con los resultados analíticos, con una capacidad de predicción de 87% (PLS). Los vinos Malbec almacenados a 15°C se caracterizaron por una mayor intensidad de color y matiz violeta. Mientras que, a mayor temperatura se desarrollaron más aromas a fruta desecada (mermelada de frutos rojos) y vegetales secos (tabaco, té). En conclusión, de acuerdo al estilo de vino Malbec demandado por los consumidores, el enólogo podría planificar la estrategia de maduración, considerando el efecto conjunto de la temperatura y el tiempo de conservación como variables críticas del añejamiento en botellas. De esta forma, sería posible conducir el proceso hacia la complejidad aromática y la estabilidad del color o mantener la frescura y vivacidad del vino.



Bibliografía

- Agazzi, F. M., Nelson, J., Tanabe, C. K., Doyle, C., Boulton, R. B., & Buscema, F. (2018). Aging of Malbec wines from Mendoza and California: Evolution of phenolic and elemental composition. *Food Chemistry*, 269(March), 103–110.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.142>
- Arapitsas, P., Speri, G., Angeli, A., Perenzoni, D., & Mattivi, F. (2014). The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics*, 10(5), 816–832.
<https://doi.org/10.1007/s11306-014-0638-x>
- Avizcuri, J. M., Gonzalo-Diago, A., Sanz-Asensio, J., Martínez-Soria, M. T., López-Alonso, M., Dízy-Soto, M., Echávarri-Granado, J. F., Vaquero-Fernández, L., & Fernández-Zurbano, P. (2013). Effect of cluster thinning and prohexadione calcium applications on phenolic composition and sensory properties of red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(5), 1124–1137. <https://doi.org/10.1021/jf304257r>
- Avizcuri, J. M., Sáenz-Navajas, M. P., Echávarri, J. F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2016). Evaluation of the impact of initial red wine composition on changes in color and anthocyanin content during bottle storage. *Food Chemistry*, 213, 123–134.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.050>
- Ayestarán, B., Martínez-Lapiente, L., Guadalupe, Z., Canals, C., Adell, E., & Vilanova, M. (2019). Effect of the winemaking process on the volatile composition and aromatic profile of Tempranillo Blanco wines. *Food Chemistry*, 276(July 2018), 187–194.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.013>
- Bendito, D. P., Estela, J. M., & Maya, F. (2018). Kinetic Methods: Principles, Applications, and Instrumentation. In *Encyclopedia of Analytical Science, 3rd Edition* (3rd ed.). Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.14317-3>



- Berké, B., Chèze, C., Vercauteren, J., & Deffieux, G. (1998). Bisulfite addition to anthocyanins: Revisited structures of colourless adducts. *Tetrahedron Letters*, 39(32), 5771–5774.
[https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(98\)01205-2](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(98)01205-2)
- Black, C., Francis, L., Henschke, P., Capone, D., Anderson, S., Day, M., Holt, H., Pearson, W., Herderich, M., & Johnson, D. (2012). Aged Riesling and the development of TDN. *Wine & Viticulture Journal*, 20–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096559>
- Blanco-Vega, D., Gómez-Alonso, S., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Identification, content and distribution of anthocyanins and low molecular weight anthocyanin-derived pigments in Spanish commercial red wines. *Food Chemistry*, 158, 449–458.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.154>
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). Juice and wine acidity. In S. S. M. N. York (Ed.), *Principles and practices of winemaking* (pp. 521–538).
- Butzke, C. E., Vogt, E. E., & Chacón-Rodríguez, L. (2012). Effects of heat exposure on wine quality during transport and storage. *Journal of Wine Research*, 23(1), 15–25.
<https://doi.org/10.1080/09571264.2011.646254>
- Caillé, S., Samson, A., Wirth, J., Diéval, J. B., Vidal, S., & Cheynier, V. (2010). Sensory characteristics changes of red Grenache wines submitted to different oxygen exposures pre and post bottling. *Analytica Chimica Acta*, 660(1–2), 35–42.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.11.049>
- Capone, D. L., Sefton, M. A., Pretorius, I., & Høy, P. (2003). Flavour “scalping” by wine bottle closures. *Australia and New Zealand Wine Industry Journal*, 18(5), 16–20.
- Casassa, F., Bolcato, E. A., Sari, S. E., Fanzone, M. L., & Jofré, V. P. (2016). Combined effect of prefermentative cold soak and SO₂ additions in Barbera D’Asti and Malbec wines: Anthocyanin composition, chromatic and sensory properties. *LWT - Food Science and*



- Technology*, 66, 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.026>
- Casassa, F., & Sari, S. (2007). Aplicación Del Sistema Cie-Lab a Los Vinos Tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista Enología*, 5(May-Jun).
http://www.researchgate.net/profile/L_Casassa/publication/259582055_APLICACION_DEL_SISTEMA_CIE-LAB_A_LOS_VINOS_TINTOS_CORRELACION_CON_ALGUNOS_PARMETROS_TRADICIONALES/links/02e7e52cc2f09291a3000000.pdf
- Cassino, C., Tsolakis, C., Bonello, F., Osella, D., & Osella, D. (2019). Wine evolution during bottle aging, studied by 1H NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Food Research International*, 116, 566–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.075>
- Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., & Pérez-Coello, M. S. (2013). Accelerated Aging against Conventional Storage: Effects on the Volatile Composition of Chardonnay White Wines. *Journal of Food Science*, 78(4). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12077>
- Cheyrier, V., Dueñas-Paton, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J.-M., Sarni-Manchado, P., & Fulcrand, H. (2006). Structure and Properties of Wine Pigments and Tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3). <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0334-5>
- Clarke, R., & Bakker, J. (2004). Volatile components. In *Wine flavour chemistry* (pp. 120–188). <https://doi.org/10.1002/9781444346022>
- Daniel, M. A., Capone, D. L., Sefton, M. A., & Elsey, G. M. (2009). Riesling acetal is a precursor to 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) in wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(1), 93–96. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00033.x>
- Danilewicz, J. C. (2011). Mechanism of autoxidation of Polyphenols and participation of sulfite in wine: key role of iron. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(3), 319–328. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10105>



Dimkou, E., Ugliano, M., Dieval, J. B., Vidal, S., Aagaard, O., Rauhut, D., & Jung, R. (2011).

Impact of Headspace Oxygen and Closure on Sulfur Dioxide , Color , and Hydrogen Sulfide Levels in a Riesling Wine. 3(2005), 261–269. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11006>

Dimkou, E., Ugliano, M., Diéval, J., Vidal, S., & Jung, R. (2013). *Impact of Dissolved Oxygen at Bottling on Sulfur Dioxide and Sensory Properties of a Riesling Wine.* 3, 325–332.

<https://doi.org/10.5344/ajev.2013.12112>

Due, M., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2006). *Formation of anthocyanin – flavanol adducts in model solutions.* 563, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.10.062>

Elias, R. J., & Waterhouse, A. L. (2010). Controlling the fenton reaction in wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1699–1707. <https://doi.org/10.1021/jf903127r>

Espitia-López, J. (2011). *Efecto de la temperatura de añejamiento sobre el perfil de aromas y la capacidad antioxidante del vino tinto Ruby Cabernet.* 84.

Fanzone, M. , Peña-Neira, Á., Jofre, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2388–2397. <https://doi.org/10.1021/jf903690v>

Fanzone, M., Peña-Neira, Á., Jofre, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec Fanzone, M., Peña-Neira, Á., Jofre, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2388–2397. <https://doi.org/10.1021/jf903690v>

Fanzone, M., Zamora, F., Jofré, V., Assof, M., Gómez-Cordovés, C., & Peña-Neira, Á. (2012).

Phenolic characterisation of red wines from different grape varieties cultivated in Mendoza province (Argentina). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 704–718. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4638>



- Fernández De Simón, B., Cadahía, E., Hernández, T., & Estrella, I. (2006). Evolution of oak-related volatile compounds in a Spanish red wine during 2 years bottled, after aging in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *Analytica Chimica Acta*, 563(1-2 SPEC. ISS.), 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.10.067>
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289–297.
- Garde, T., Marsellés-fontanet, A. R., Arias-gil, M., Ancín, C., & Martín-belloso, O. (2008). Effect of storage conditions on the volatile composition of wines obtained from must stabilized by PEF during ageing without SO₂. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.05.002>
- Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J. M., & Martínez, A. (2000). Color and phenolic compounds of a young red wine. Influence of wine-making techniques, storage temperature, and length of storage time. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 736–741. <https://doi.org/10.1021/jf9902548>
- Gómez-Plaza, E., Gil-Muñoz, R., López-Roca, J. M., Martínez-Cutillas, A., & Fernández-Fernández, J. I. (2002). Maintenance of colour composition of a red wine during storage. Influence of prefermentative practices, maceration time and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 35(1), 46–53. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0809>
- Guaita, M., Petrozziello, M., Motta, S., Bonello, F., Cravero, M. C., Marulli, C., & Bosso, A. (2013). Effect of the closure type on the evolution of the physical- chemical and sensory characteristics of a Montepulciano d'Abruzzo rosé wine. *Food Chemistry*, 78(2), C160–C169. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12022>
- Harbertson, J. F., Picciotto, E. A., & Adams, D. O. (2003). Measurement of Polymeric Pigments in Grape Berry Extracts and Wines Using a Protein Precipitation Assay Combined with



- Bisulfite Bleaching. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(4), 301–306.
- He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012a). Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules*, 17(2), 1571–1601. <https://doi.org/10.3390/molecules17021571>
- He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012b). Anthocyanins and their variation in red wines II. Anthocyanin derived pigments and their color evolution. *Molecules*, 17(2), 1483–1519. <https://doi.org/10.3390/molecules17021483>
- Hopfer, H., Buffon, P. A., Ebeler, S. E., Heymann, H., Bu, P. A., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2013). The combined effects of storage temperature and packaging on the sensory, chemical, and physical properties of a cabernet sauvignon wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(13), 3320–3334. <https://doi.org/10.1021/jf3051736>
- Hopfer, H., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2012). The combined effects of storage temperature and packaging type on the sensory and chemical properties of chardonnay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 10743–10754.
- Jackson, R. S. (2008). Chemical Constituents of Grapes and Wine. In *Wine Science* (pp. 270–323). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373646-8.50004-4>
- Karbowiak, T., Egis, R., Gougeon, D., Alinc, J., Brachais, L., Ed, F. R., Debeaufort, E., & Ee, A. (2010). *Wine Oxidation and the Role of Cork*. 52, 20–52. <https://doi.org/10.1080/10408390802248585>
- Kilmister, R. L., Mazza, M., Baker, N. K., Faulkner, P., & Downey, M. O. (2014). A role for anthocyanin in determining wine tannin concentration in Shiraz. *FOOD CHEMISTRY*, 152, 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.007>
- Lago-Vanzela, E. S., Procópio, D. P., Fontes, E. A. F., Ramos, A. M., Stringheta, P. C., Da-Silva, R.,



- Castillo-Muñoz, N., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Aging of red wines made from hybrid grape cv. BRS Violeta: Effects of accelerated aging conditions on phenolic composition, color and antioxidant activity. *Food Research International*, 56, 182–189.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.030>
- Laurie, V. F., Law, R., Joslin, W. S., & Waterhouse, A. L. (2008). In situ measurements of dissolved oxygen during low-level oxygenation in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(2), 215–219.
- Linsenmeier, A. W., Rauhut, D., & Sponholz, W. R. (2010). Ageing and flavour deterioration in wine. In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing wine quality: Volume 2: Oenology and wine quality* (pp. 459–493). <https://doi.org/10.1533/9781845699987.2.459>
- Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2007). Main routes of oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5167–5170. <https://doi.org/10.1021/jf0706023>
- Lopes, P., Silva, M. A., Pons, A., Tominaga, T., Lavigne, V., Saucier, C., Darriet, P., Teissedre, P. L., & Dubourdieu, D. (2009). Impact of oxygen dissolved at bottling and transmitted through closures on the composition and sensory properties of a sauvignon blanc wine during bottle storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10261–10270.
<https://doi.org/10.1021/jf9023257>
- Lopes, P., Tristan, R., Saucier, C., Teissedre, P. L., Monti, J. P., & Glories, Y. (2007). Anthocyanone A: a quinone methide derivative resulting from malvidin 3-O-glucoside degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2698–2704.
<https://doi.org/10.1021/jf062875o>
- Mansfield, A. K., & Zoecklein, B. W. (2003). Effect of fermentation, postfermentation, and postbottling heat treatment on Cabernet Sauvignon glycoconjugates. *American Journal of*



- Enology and Viticulture*, 54(2), 99–104. <https://doi.org/10.5344/ajev.2003.54.2.99>
- Martínez, J. A., Melgosa, M., Pérez, M. M., Hita, E., & Negueruela, A. I. (2001). Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines. *Food Science and Technology International*, 7(5), 439–444. <https://doi.org/10.1106/VFAT-5REN-1WK2-5JGQ>
- Moreira, N., Lopes, P., Ferreira, H., Cabral, M., & Pinho, P. G. De. (2016). Influence of packaging and aging on the red wine volatile composition and sensory attributes. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.02.005>
- Ortega-Heras, M., González-Sanjosé, M. L., & González-Huerta, C. (2007). Consideration of the influence of aging process, type of wine and oenological classic parameters on the levels of wood volatile compounds present in red wines. *Food Chemistry*, 103(4), 1434–1448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.060>
- Özkan, M., Yemenicioglu, A., Asefi, N., & Cemeroglu, B. (2002). Degradation kinetics of anthocyanins from sour cherry, pomegranate, and strawberry juices by hydrogen peroxide. *Journal of Food Science*, 67(2), 525–529. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10631.x>
- Pardue, H. L. (1989). Kinetic Aspects of Analytical Chemistry. *Analytical Chemistry*, 40(5), 69–107. <https://doi.org/10.1021/ac60261a034>
- Pereira, V., Albuquerque, F. M., Ferreira, A. C., Cacho, J., & Marques, J. C. (2011). Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating conditions. *Food Research International*, 44(1), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.011>
- Pereira, V., Cacho, J., & Marques, J. C. (2014). Volatile profile of Madeira wines submitted to traditional accelerated ageing. *Food Chemistry*, 162, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.039>



- Pérez-Prieto, L. J., López-Roca, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2003). Differences in major volatile compounds of red wines according to storage length and storage conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(6), 697–705. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00080-2](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00080-2)
- Pickering, G. J., Blake, A., & Kotseridis, Y. (2009). Effect of closure, packaging and storage conditions on impact odorants of wine. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(SPEC. ISS.), 10–13.
- Piombino, P., Moio, L., & Genovese, A. (2019). Orthonasal vs . retronasal : Studying how volatiles ' hydrophobicity and matrix composition modulate the release of wine odorants in simulated conditions. *Food Research International*, 116(August 2018), 548–558. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.072>
- Puech, C., Vidal, J. C., Pegaz, J. F., Riou, C., & Vuchot, P. (2006). Influence of the storing conditions on the evolution of bottled wines. *Revue Des Oenologue*, 121, 13–16.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). Phenolic Compounds. In *Handbook of Enology* (2nd Editio, Vol. 2, Issue 1, pp. 142–203).
- Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S., & Trengove, R. D. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347.
- Sáenz-Navajas, M. P., Echavarri, F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2011). Pigment composition and color parameters of commercial Spanish red wine samples : linkage to quality perception. *Eur Food Res Technol*, 232, 877–887. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1456-2>
- Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R. R., & Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect



- of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(December 2015), 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
- Silva, M. A., Julien, M., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2011). Impact of closures on wine post-bottling development: A review. *European Food Research and Technology*, 233(6), 905–914. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1603-9>
- Skouroumounis, G. ., Kwiatkowski, M. J., Francis, I. L., Oakey, H., Capone, D. L., Duncan, B., Sefon, M. A., & Waters, E. J. (2005). *The impact of closure type and storage conditions on the composition, colour and flavour properties of a Riesling and a wooded Chardonnay wine during five years' storage. October.* <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00035.x>
- Slaghenauhi, D., & Ugliano, M. (2018). Norisoprenoids , sesquiterpenes and terpenoids content of valpolicella wines during aging : investigating aroma potential in relationship to evolution of tobacco and balsamic aroma in aged wine. *Frontiers in Chemistry*, 6, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00066>
- Ugliano, M. (2013). Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26), 6125–6136. <https://doi.org/10.1021/jf400810v>
- Versari, A., Laurie, V. F., Ricci, A., Laghi, L., & Parpinello, G. P. (2014). Progress in authentication, typification and traceability of grapes and wines by chemometric approaches. *Food Research International*, 60, 2–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.007>
- Vidal, S., Cartalade, D., Souquet, J. M., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2002). Changes in proanthocyanidin chain length in winelike model solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2261–2266. <https://doi.org/10.1021/jf011180e>



- Villamor, R. R., Harbertson, J. F., & Ross, C. F. (2009). Influence of tannin concentration, storage temperature, and time on chemical and sensory properties of cabernet Sauvignon and Merlot wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 442–449.
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016a). Acids. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding wine chemistry* (pp. 19–33). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016b). Flavan-3-ols and Condensed Tannin. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 117–125). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016c). Introduction. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 131–139). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>

Capítulo IV

EVOLUCIÓN QUÍMICA Y SENSORIAL DE VINO MALBEC DURANTE 18 MESES DE CONSERVACIÓN EN BARRICAS. EFECTO DEL RE-USO DE LA BARRICA.

*“Y nadie echa vino nuevo en odres viejos,
porque entonces el vino romperá el odre,
y se pierde el vino y también los odres;
sino que se echa vino nuevo en odres
nuevos” (Mc 2, 22)*

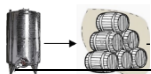


IV.1 Introducción

Actualmente, la bodega de roble es ampliamente utilizada para almacenar el vino en las bodegas. Esto se debe a que no se comporta como un recipiente inerte, sino que modifica el perfil químico del vino joven debido a que entre la madera y el vino se producen fenómenos de difusión, extracción y absorción de diferentes compuestos químicos. Por una parte, la porosidad de la madera permite el ingreso de oxígeno desde el ambiente y la pérdida de algunos compuestos de bajo peso molecular, como agua y etanol, desde el vino por difusión molecular (Álamo-Sanza & Nevares, 2014, 2019; Ruiz De Adana et al., 2005). Por otra parte, el vino extrae de la madera compuestos volátiles como furanoides, lactonas, fenoles volátiles y compuestos no volátiles como los taninos elágicos (Zamora, 2019). Finalmente la madera puede absorber algunos compuestos del vino como alcoholes, ésteres y ácidos orgánicos (Coelho et al., 2019; Ramirez Ramirez et al., 2001).

La variabilidad y cantidad de compuestos químicos extraíbles de la bodega, depende de algunos factores, los cuales modificarán las características químicas y sensoriales del vino que se almacena en dicho recipiente. Entre estos factores se encuentran, la especie de madera utilizada en la fabricación de la bodega (cereza, castaño, acacia, fresno y roble) (Fernández De Simón et al., 2014), el origen de la madera (francesa o americana) (Navarro et al., 2018; Andrew L Waterhouse & Towey, 1994), el grado de tostado (leve, medio y fuerte)(Navarro et al., 2016), el tipo de secado (natural o artificial) (Zamora, 2019) y la edad o uso de la bodega (Garde-Cerdán, Rodríguez Mozaz, et al., 2002; Navarro et al., 2016, 2018).

Otro factor importante en el proceso de extracción es la composición química del vino. Garde-Cerdán, Goñi, y Azpilicueta (2004) encontraron diferencias en la capacidad de extracción de aldehídos furánicos, whiskylactona y aldehídos entre los vinos Merlot y Cabernet Sauvignon



durante los primeros 12 meses de conservación en barricas. En este caso la extracción de estos compuestos volátiles se favoreció por el mayor grado alcohólico que tenían los vinos Merlot.

El vino Malbec es clave para la economía argentina, aunque, aún no ha sido estudiado el comportamiento de vinos Malbec (Mendoza, Argentina) durante la conservación en barricas conjunto al efecto de la reutilización de barricas de 1 año de uso.

El objetivo del presente capítulo fue evaluar la transformaciones químicas y organolépticas durante la conservación de vino Malbec en barricas de roble francés nuevas y de 1 año de uso (factor re-uso de bodega), durante 18 meses (factor tiempo, t). Los materiales y métodos utilizados en la ejecución y en los análisis respectivos, fueron descriptos en el Capítulo II. En la Figura IV.1 se muestra el esquema del estudio realizado.

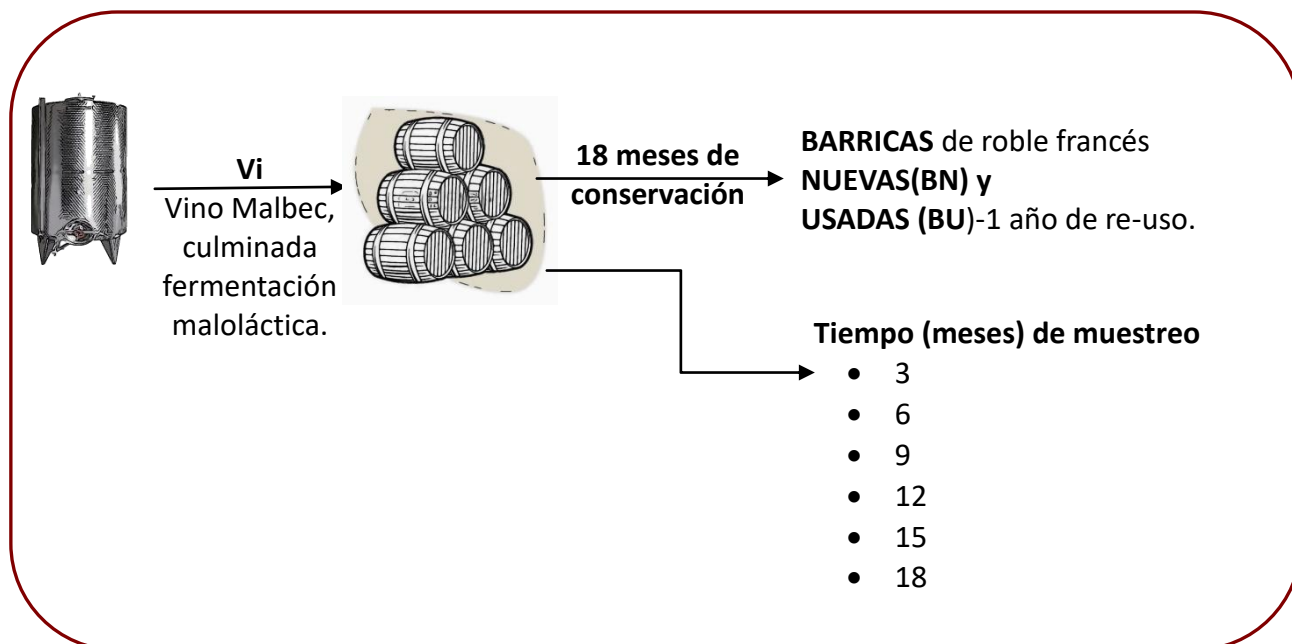
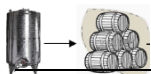


Fig. IV.1. Esquema del ensayo de evolución del vino Malbec en barricas. Ensayo realizado por triplicado.



IV.2 Parámetros enológicos y microbiológicos

Los parámetros enológicos generales evaluados (Tabla IV.1) se modificaron según el tiempo de añejamiento en barricas ($p < 0,05$).

Tabla IV.1. Evolución de parámetros enológicos de vinos Malbec durante el añejamiento en barricas.

	Tiempo de añejamiento (meses)							
Parámetro	Vino inicial		2	6	9	12	15	18
Etanol	13,96 b	BN	13,95 (0,05) abA	13,87 (0,19) aA	14,10 (0,04) cA	14,00 (0,31) bA	14,17 (0,41) cA	14,43 (0,30) dA
(% v/v)	a	BU	14,07 (0,08) bB	14,06 (0,15) bB	14,37 (0,40) dB	14,23 (0,41) cB	14,40 (0,69) dB	14,57 (0,40) eB
pH	3,55 e	BN	3,53 (0,16) eA	3,48 (0,17) dA	3,33 (0,17) bA	3,39 (1,29) cA	3,23 (0,64) aA	3,25 (0,47) aA
	e	BU	3,53 (0,28) eA	3,49 (0,29) dA	3,34 (0,30) bA	3,42 (0,45) cA	3,26 (0,47) aA	3,25 (0,31) aA
Acidez total	5,57 a	BN	5,58 (0,45) abA	5,61 (0,64) abB	5,70 (2,04) bcA	5,87 (3,55) Ca	5,83 (1,19) cA	5,50 (1,82) aA
(g.L ⁻¹)	ab	BU	5,54 (0,38) Aa	5,47 (0,48) Aa	5,73 (1,22) cdA	5,67 (1,02) bcA	5,80 (3,05) dA	5,47 (1,08) aA
Acidez Volátil	0,46 a	BN	0,46 (2,17) aA	0,53 (1,10) bA	0,78 (0,74) cA	0,81 (1,43) dA	0,80 (0,72) cdA	0,79 (2,53) cdA
(g.L ⁻¹)	a	BU	0,46 (0,00) aA	0,51 (1,12) bA	0,79 (1,94) cA	0,82 (3,06) dA	0,79 (1,93) cA	0,77 (2,60) cA
Ácido tartárico	2,10 d	BN	1,80 (1,95) bcB	1,80 (3,53) bcB	1,82 (2,97) cA	1,72 (6,48) abA	1,74 (4,98) abA	1,60 (6,9) aA
(g L ⁻¹)	d	BU	1,62 (0,62) abA	1,53 (2,85) aA	1,71 (4,56) cA	1,72 (5,97) bA	1,63 (7,39) abA	1,71 (6,64) bA
SO ₂ libre	35,00c	BN	25,00 (4,00) cA	28,67 (2,01) bB	22,67 (13,48) aA	34,33 (7,33) cA	38,33 (1,51) dA	25,33 (6,03) aA
(mg.L ⁻¹)	c	BU	33,00 (5,25) cB	21,33 (7,16) aA	20,67 (14,78) aA	34,00 (10,01) cA	38,67 (2,99) dA	27,33 (2,11) bA
SO ₂ molecular	0,68 ab	BN	0,52 (2,95) aA	0,65 (1,78) aB	0,73 (14,77) bA	0,96 (10,79) cA	1,52 (6,15) dA	0,98 (9,07) cA
(mg.L ⁻¹)	b	BU	0,68 (5,75) bB	0,48 (6,79) aA	0,65 (14,3) abA	0,90 (3,44) cA	1,44 (1,14) eA	1,05 (1,12) eA

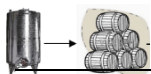
Valores medios (3 réplicas) y su correspondiente desviación estándar relativa porcentual, DER%, entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos.

BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año).

Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento ($p < 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tipos de bodega para cada parámetro ($p < 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

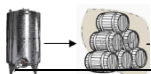
El contenido de alcohol de los vinos fue significativamente diferente por efecto del re-uso de barricas. Luego de los 18 meses de conservación en barricas, la concentración de etanol aumentó significativamente en 0,54 % V/V respecto al contenido inicial (13,96 % V/V). Esto podría deberse a que la concentración del etanol en el vino almacenado en barricas, se incrementaría lentamente en las bodegas cuando la humedad relativa ambiental es menor al 70 % (Blazer, 1991; R. B.



Boulton et al., 1999). Esto se debería a que el bajo contenido de humedad ambiental (24% de HR para este ensayo), generaría un gradiente de concentración de agua entre el vino almacenado en la bodega (80% de agua) y el aire húmedo que rodea la bodega. La transferencia de humedad desde el vino hacia la madera se facilitaría por fenómenos de impregnación y desde ésta al ambiente por difusión. La difusión del agua a través de la madera está regida por la ley de Fick, en la que la pérdida de agua depende principalmente de la humedad relativa ambiental y de la temperatura (Ruiz De Adana et al., 2005). La pérdida de agua del vino hacia el ambiente, a través de la madera, explicaría el aumento progresivo en el contenido de alcohol de los vinos.

La concentración de alcohol en los vinos almacenados en BN fue significativamente menor que en BU a lo largo del proceso de conservación. Esto se relacionaría con la presencia de sales de tartrato, coloides, y materia colorante que están en las bodegas de re-uso, que limitarían la difusión de etanol a través de la madera (Garde-Cerdán, Rodríguez Mozaz, et al., 2002; Zamora, 2019).

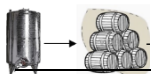
A los 18 meses de almacenamiento en bodegas, se observó que el pH disminuyó significativamente en 0,30 unidades respecto al valor del vino inicial (3,55). Este descenso podría estar asociado a dos fenómenos químicos, por un lado, a) la oxidación del anhídrido sulfuroso libre a ácido sulfúrico en solución, y por otro, b) la precipitación de sales tartáricas, cuando los vinos presentan un $\text{pH} < 3,65$ (R. Boulton, 1980; Pascal et al., 2000; A. L. Waterhouse et al., 2016a). Debido a la precipitación, el equilibrio termodinámico entre las especies, ácido tartárico (H_2T) y el tartrato ácido (HT^-), se rompe. A fin de reestablecer el mismo, la disociación de H_2T aumentaría con el consecuente incremento de HT^- e iones hidronios. Esto generaría un descenso en el contenido de ácido tartárico y en el pH del vino. La Tabla IV.1 muestra que la concentración del ácido tartárico disminuyó en $0,45 \text{ g.L}^{-1}$ respecto al valor inicial ($2,10 \text{ g.L}^{-1}$). Además, en los 6 primeros meses se observó que los vinos conservados en BN presentaban concentraciones mayores de ácido tartárico



que los conservados en BU. Esto podría deberse a que antes del comienzo del añejamiento del vino, las BU con 1 año de uso poseen incrustaciones de sales de bitartrato de potasio que actuarían como núcleos de precipitación, y facilitarían los procesos de formación y crecimiento de cristales de la sal (Ortega-Heras et al., 2007).

Por otro lado, la acidez total se mantuvo constante ($5,40 \text{ g.L}^{-1}$), mientras que la acidez volátil aumentó en $0,32 \text{ g.L}^{-1}$ respecto al valor inicial ($0,46 \text{ g.L}^{-1}$). El aumento en el contenido de acidez volátil no se debería a alteración del vino con bacterias acéticas, ya que no se observó presencia de estas durante los 18 meses de almacenamiento en barricas (datos mostrados en Tabla Anexo IV.1). El incremento en el contenido de acidez volátil podría estar asociado tanto con el proceso de oxidación química del etanol presente en el vino, que conduce a la formación de etanal y posteriormente de ácido acético, como con la extracción de ácido acético generado durante el proceso de tostado de la hemicelulosa de la madera (Clarke & Bakker, 2004).

Durante la conservación del vino en barricas, es necesario incorporar periódicamente metabisulfito potásico de modo tal, que la concentración de SO_2 libre en el vino (HSO_3^- , bisulfito) inhiba las reacciones de oxidación (20 a 40 mg.L^{-1}) y el SO_2 molecular actúe como antiséptico ($0,6 \text{ mg.L}^{-1}$) (A. L. Waterhouse et al., 2016d). Para este fin, cada 2 meses, se corrigió el contenido de SO_2 libre, tanto en los vinos añejados en BN como BU, manteniéndolo en los niveles sugeridos. Finalmente, a partir de los valores de SO_2 libre se calcularon las concentraciones de anhídrido sulfuroso molecular de los vinos. Ciertamente, hasta los primeros 6 meses de maduración en barricas los vinos presentaron el mayor riesgo microbiológico por los bajos valores de SO_2 molecular que tuvieron. Esto podría estar asociado a la dependencia del SO_2 molecular con el pH del vino, cuya disponibilidad de SO_2 molecular se favorecería con el descenso del pH (Pascal et al., 2000).



La Tabla Anexo IV.1 muestra los datos de los análisis microbiológicos de los vinos durante el añejamiento en las barricas. Durante todo el proceso, los vinos conservados en BN y BU presentaron un recuento aproximado de 2.10^3 UFC.100.mL⁻¹ levaduras del género *Saccharomyces*. *S. cerevisiae* que forma parte de la microflora habitual presente en las bodegas y en los vinos almacenados en superficies en contacto con la bodega (como tanques y barricas) (Loureiro, 2003). En los vinos Malbec la concentración de azúcares reductores del vino fue de 1,99 g.L⁻¹, y al presentar un contenido menor a 2 g.L⁻¹ se trataría de un vino seco no re-fermentable (Du Toit & Pretorius, 2000; Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2012). Por otro lado, los vinos entre los 6 y 9 meses, presentaron contaminación con levaduras *Brettanomyces/Dekkera*. Posiblemente, la contaminación de las barricas nuevas fue a partir de las BU, ya que son más susceptibles a presentar éstas levaduras alterantes (Garde-Cerdán, Rodríguez Mozaz, et al., 2002). Las concentraciones más elevadas de metabisulfito de potasio (35 mg.L⁻¹ de anhídrido sulfuroso libre en cada bodega), inhibirían la multiplicación de *Brettanomyces/Dekkera* desde los 12 hasta los 18 meses de conservación en barricas.

IV.3 Concentración de oxígeno disuelto

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir a un fluido, en este caso oxígeno, que lo atraviese sin alterar su estructura interna (Álamo-Sanza & Nevares, 2019). Debido a la diferencia de concentración de oxígeno entre el ambiente (aire) y el vino, el oxígeno difunde desde el ambiente al interior de la bodega, a través de la madera (Nevares & Álamo-Sanza, 2015). Por otra parte, la permeabilidad de la madera seca de la bodega puede modificarse por el proceso de impregnación del agua y el alcohol del vino (por sus bajos pesos moleculares) (Blazer, 1991; Zamora, 2019). Así, los poros de la madera son ocupados por agua y, en consecuencia, su permeabilidad al oxígeno disminuye, ya que la madera humectada permea casi 3 veces menos



oxígeno que la madera seca (Álamo-Sanza & Nevares, 2012). El descenso en la permeabilidad al oxígeno, en la bodega, está asociado con el aumento en el contenido de humedad de la misma durante el proceso de impregnación, que se estabiliza a los 40 días de contacto con el vino (Nevares et al., 2016). Cuando el proceso de impregnación se estabiliza, existe una distancia desde el interior de la madera (punto de saturación de humedad) cuyo contenido de humedad es del 29-30% ,y a partir de allí, la transferencia del agua hacia el exterior de la bodega ocurre por evaporación (Álamo-Sanza & Nevares, 2019). La Figura IV.2 muestra que hasta las 12 semanas, los vinos conservados en BN presentaron mayor concentración de oxígeno que en BU. Esto podría deberse al mayor flujo de oxígeno cuando la madera está seca (no impregnada de vino) que afectaría directamente en la cantidad de oxígeno residual medido (cOD). La cOD resultaría de un balance entre, el contenido de oxígeno en el vino en el momento del llenado de la bodega, más flujo de oxígeno a través de la bodega por tiempo transcurrido desde el llenado de la bodega hasta la medición de la cOD, menos el total de oxígeno consumido por los diferentes analitos del vino.

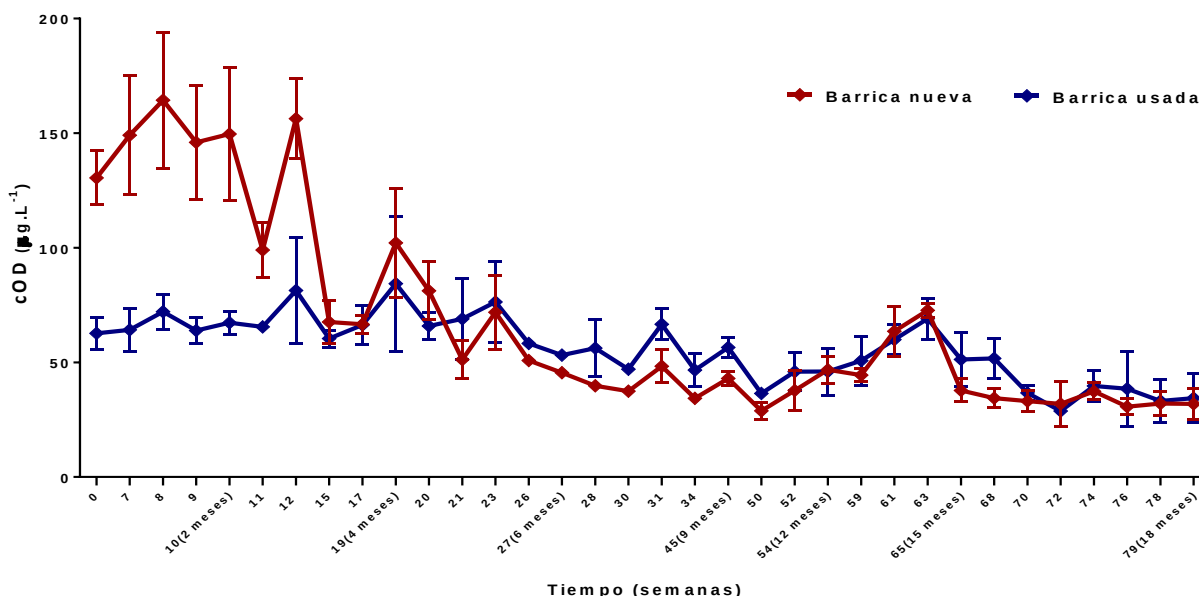
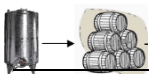
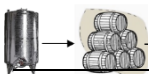


Fig. IV.2. Concentración de oxígeno disuelto residual de vinos Malbec envejecidos durante 18 meses en barricas nuevas y usadas.

Después de dos meses de añejamiento, las COD en vinos conservados en BN ($45,16 \pm 15,07 \mu\text{g.L}^{-1}$) y BU ($51,48 \pm 13,47 \mu\text{g.L}^{-1}$) no mostraron diferencias significativas, lo que podría deberse a la estabilización en el contenido de humedad de la madera seca (BN) respecto a la húmeda (BU), lo que produciría permeabilidades similares al oxígeno. Ya que, durante el envejecimiento de vinos, la pérdida de permeabilidad al oxígeno de la madera de roble de las barricas, no sólo se debe a la impregnación y obstrucción de la madera por la precipitación de sales y materia colorante precipitada, sino que el contenido en humedad de la madera juega un papel clave ralentizando la difusión del oxígeno en la duela (Álamo-Sanza & Nevares, 2012; Nevares et al., 2016). Asimismo, Álamo-Sanza y Nevares (2014) y Nevares y Álamo-Sanza (2016) estudiaron las velocidades de permeación de oxígeno en 4 barricas americanas de grano fino rellenas con vino sintético (sin consumo de oxígeno) y encontraron que luego de los 2 meses de llenado de la bodega, la humedad



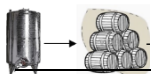
(impregnación de la madera con vino libre, formalmente llamado agua libre) sería el factor clave que conduce a muy bajas condiciones de transferencia de oxígeno en las barricas.

IV.4 Composición fenólica y color

La Tabla IV.2 muestra la evolución de la composición fenólica y el color durante los 18 meses de añejamiento del vino Malbec en barricas. El tiempo de conservación influyó en todas las variables estudiadas, y el re-uso de las barricas afectó a la concentración de antocianos, el índice de pigmentos polimérico pequeños (SPP) y el tono (h_{ab}) de los vinos.

La concentración de antocianos disminuyó a medida que aumentó el tiempo de permanencia del vino en las barricas. Finalizados los 18 meses, la caída media de antocianos fue de un 48,12% y del 44,57% (respecto al vino inicial), para los vinos conservados en BN y BU, respectivamente. Desde los 12 meses hasta el final del proceso, el contenido de antocianos fue mayor en los vinos conservados en BU que BN. Estas diferencias observadas podrían asociarse a distintas causas individuales, complementarias o conjuntas. Por un lado, las BN presentaron mayor cOD que las BU lo que facilitaría los procesos oxidativos de antocianos, y su consecuente descenso en el vino final. Por otro lado, las BN presentaron mayor concentración total de taninos elágicos que las BU, y esto conduciría a la disminución de antocianos por reacciones de condensación y/o polimerización con esos compuestos de la madera (Jourdes et al., 2009; Lopes et al., 2007; Waterhouse et al., 2016b).

La concentración de taninos también disminuyó significativamente durante el proceso de añejamiento. A los 18 meses, se observó un descenso del 23,38% respecto al vino inicial ($693,29 \text{ mg.L}^{-1}$). El efecto del re-uso de la bodega no fue significativo a lo largo del proceso, pero a los 4 y a los 9 meses los vinos conservados en barricas nuevas presentaron concentraciones de taninos significativamente menores que los conservados en barricas usadas. Esto podría deberse a las reacciones de oxidación de flavanoles durante el añejamiento, que se favorecerían por el mayor



ingreso de oxígeno durante los primeros meses en los vinos añejados en BN. Esto produciría un mayor consumo de oxígeno en BN por los taninos, para que luego de los 2 meses, los vinos almacenados en ambos tipos de barricas presentasen similares concentraciones de oxígeno residual (a iguales permeabilidades) (Fulcrand et al., 2006).

Durante el almacenamiento del vino en barricas, la formación de pigmentos poliméricos grandes (LPP) y pigmentos poliméricos pequeños (SPP), aumentó significativamente a medida que se incrementó el tiempo de añejamiento. El efecto del re-uso de la bodega fue significativo solamente en la formación de SPP, presentando a los 18 meses mayor índice de formación de estos pigmentos en los vinos conservados en barricas nuevas que usadas. El índice SPP refleja la fracción de los antocianos que se han polimerizado por diferentes mecanismos (entrecruzamiento, reacción directa y cicloadición) (Versari et al., 2007). Posiblemente esta fracción podría incluir los pigmentos antociano-elagitanino que resultarían de la reacción directa entre las antocianinas y la vescalagina (tanino elágico). Aunque, estos compuestos aún no han sido detectados en vinos, serían importantes en vinos con alto contenido elagitaninos, como los que fueron añejaron en BN (He et al., 2012). El aumento en la formación de pigmentos poliméricos y la disminución de los pigmentos monoméricos (antocianos) favorecería la estabilización del color (Blanco-Vega et al., 2014; Fulcrand et al., 2006; Waterhouse et al., 2016b). En concordancia con los resultados encontrados, Álamo-Sanza, Fernández-Escudero y Castro-Torío (2000) observaron también un descenso en el contenido de antocianos y taninos, y un aumento en el contenido de pigmentos poliméricos en vino tinto almacenado en barricas durante 5 meses.

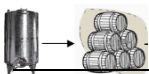
La Tabla IV.2 muestra los cambios observados en el espacio de color CIELAB de los vinos durante los 18 meses de almacenamiento en barricas. Se observó que durante los primeros 9 meses del proceso, la claridad (L^*) de los vinos disminuyó y la saturación (C_{ab}^*) aumentó respecto al vino inicial. Pasado este periodo, el incremento en L^* fue de 1,93 unidades CIELAB y el descenso en C_{ab}^*



fue de 5,95 unidades CIELAB respecto al vino inicial. Las variaciones observadas durante los primeros 9 meses podrían deberse a reacciones de condensación directa entre taninos y antocianos (tonos rojos), o mediadas por acetaldehído (tonos azules)(Casassa & Catania, 2006; Casassa & Sari, 2007). Asimismo, estos cambios fueron independientes del re-uso de la bodega y acorde a lo observado por otros autores(Laqui-Estaña et al., 2018; Rubio-Bretón et al., 2018). Además, estas reacciones (condensación directa e indirecta) podrían estar asociadas a fenómenos de copigmentación, que incrementarían la estabilidad del color del vino durante este periodo. Pasados los 9 meses, los pigmentos poliméricos aumentarían de tamaño (LPP) y precipitarían. Esto llevaría a una pérdida de la saturación del vino y a un aumento de la claridad (Álamo-Sanza et al., 2000; Casassa & Catania, 2006; Casassa & Sari, 2007). Adicionalmente, el fenómeno de copigmentación podría favorecerse por la presencia de taninos elágicos de la madera (Zamora, 2019).

Por otra parte, los vinos presentaron un aumento progresivo en la tonalidad (h_{ab}). Casassa y Catania (2006), indicaron que al momento del descube de un vino tinto, el color aportado por piranoantocianos (asociados a SPP) correspondería a un 20% y luego de 2 años añejamiento aumentaría a un 50%, debido a la estabilidad química de estos pigmentos (no precipitables y no decolorables). Asimismo, el aumento del tono fue significativamente mayor en los vinos conservados en BN que en BU. Esto podría estar relacionado a la mayor cOD en los vinos almacenados en BN durante los primeros 2 meses de conservación, respecto a BU, que favorecería la oxidación de antocianinas y la formación de SPP con el respectivo cambio de coloración del rojo azulado al rojo anaranjado.

Otro parámetro evaluado fue la diferencia de color (ΔE_{ab}), entre los vinos conservados en BN y BU en los diferentes tiempos de conservación. Estas diferencias fueron menores a 3, por lo cual estos vinos no serían perceptiblemente diferentes en el color por un observador promedio (Martínez et



al., 2001). Por otra parte, también fue evaluada durante el proceso la evolución de los cambios de color respecto al vino inicial, $\Delta E_{ab(0-t)}$, tanto para los vinos que fueron conservados en BN como BU. Como muestra la Tabla IV.2, desde los 2 meses hasta los 18, los vinos de BN y BU fueron perceptiblemente diferentes ($\Delta E_{ab(0-t)} > 3$). Estas diferencias permanecieron constantes durante los primeros meses y se duplicaron entre los 12 y 18 meses. Durante los primeros 6 meses, las $\Delta E_{ab(0-t)}$ en los vinos conservados tanto en BN como BU se deberían principalmente a los cambios observado en el C^*_{ab} y en L^* , ya que las contribuciones relativas porcentuales de las respectivas variables ($\% \Delta L^2$ y $\% \Delta C^2$) fueron mayores que la del tono ($\% \Delta H^2$). A los 9 meses la saturación del vino fue similar a la del vino inicial, entonces en este punto la $\Delta E_{ab(0-t)}$ se debería en un 38,83 % a variaciones en la claridad de los vinos y en un 60,81% a cambios en la tonalidad. Pero, a partir de los 12 meses hasta el final del proceso las variaciones del color, respecto al vino inicial, se deberían principalmente al aumento de la tonalidad ($\% \Delta H^2 > 30$; BN > BU) y descenso en la saturación de los vinos ($\% \Delta C^2 \approx 50\%$).

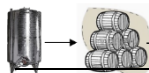


Tabla IV.2. Cambios en la composición fenólica y color de vinos Malbec envejecidos durante 18 meses en barricas nuevas y usadas.

		Tiempo de añejamiento (meses)								
Variable	Vino inicial		2	4	6	9	12	15	18	
Antocianos (mg.L ⁻¹)	705,88 (5,71) g	BN	658,82 (0,07) fA	581,70 (4,92) eA	540,68 (1,74) dA	477,45 (1,85) cA	406,86 (2,29) bA	386,44 (0,95) abA	366,18 (3,01) aA	
		e BU	654,66 (6,18) dA	585,78 (2,15) cA	559,15 (2,52) cA	491,01 (7,53) bA	433,09 (1,53) aB	420,75 (0,95) aB	391,26 (2,06) aB	
Taninos (mg.L ⁻¹)	693,29 (0,82) d	BN	750,98 (2,36) eA	722,35 (0,76) deA	567,29 (2,91) bA	439,34 (1,49) aA	623,92 (4,61) cA	608,36 (5,08) cA	545,55 (1,45) bA	
		d BU	671,44 (7,06) eA	815,61 (3,50) fB	549,90 (1,49) bcA	494,00 (2,18) aB	589,10 (1,86) cdA	589,88 (1,04) dA	517,76 (5,15) abA	
SPP	1,57 (5,3) a	BN	1,38 (6,29) aA	1,39 (10,90) aA	1,83 (7,03) bA	1,86 (9,39) bcA	2,04 (3,43) cA	1,94 (4,13) bcA	2,74 (3,83) dB	
		b BU	1,32 (7,01) aA	1,35 (3,05) aA	1,84 (3,85) cA	1,85 (8,13) cA	2,07 (1,69) dA	1,85 (2,51) cA	2,24 (2,01) eA	
LPP	1,11 (17,58) cd	BN	0,78 (9,61) aA	0,89 (8,85) abB	0,97 (8,99) bcA	1,35 (2,22) eB	1,30 (5,02) eA	1,86 (1,16) fB	1,22 (10,91) deA	
		b BU	1,18 (10,07) bB	0,65 (8,65) aA	0,82 (8,15) aA	1,15 (9,2) bA	1,21 (7,44) bA	1,63 (3,33) cA	1,61 (11,18) cB	
Color										
L*	61,89 (0,28) d	BN	58,07 (1,54) abA	58,72 (0,69) bcA	57,76 (1,05) aA	59,21 (0,76) cA	61,40 (1,22) dA	62,99 (0,24) eA	63,24 (0,18) eA	
		c BU	58,76 (2,46) bA	58,55 (0,49) bA	56,28 (1,83) aA	59,34 (0,51) bA	61,24 (1,39) cA	63,71 (0,27) dB	64,41 (0,25) dB	
C* _{ab}	43,19 (0,2) c	BN	47,38 (3,01) eA	45,82 (0,94) dA	45,87 (1,48) dA	43,16 (0,93) cA	40,49 (1,90) bA	37,73 (0,62) aA	37,75 (1,09) aB	
		c BU	46,83 (3,35) deA	46,56 (0,53) dA	47,87 (2,08) eB	43,28 (0,32) cA	40,10 (2,01) bA	37,23 (0,49) aA	36,74 (0,31) aA	
h _{ab}	-4,52 (1,1) a	BN	-4,61 (4,77) aA	-3,84 (6,31) bB	-2,49 (9,03) cB	-0,16 (13,18) eA	-0,99 (9,03) dA	3,10 (14,42) fB	3,27 (6,68) fB	
		b BU	-5,08 (7,52) aA	-4,72 (0,63) abA	-3,09 (5,04) cA	-0,19 (33,00) eA	-1,50 (35,12) dA	2,25 (4,01) fA	2,64 (4,62) fA	
ΔE _{ab (0-t)}		BN	5,67 (28,91)	4,15 (14,09)	5,17 (15,83)	4,25 (6,96)	3,85 (12,02)	7,74 (4,77)	7,85 (4,93)	
		BU	4,82 (43,62)	4,74 (7,97)	7,38 (19,38)	4,10 (5,78)	3,91 (22,09)	7,83 (2,37)	8,53 (1,54)	
%ΔL ²		BN	46,32 (14,62)	58,32 (6,98)	63,62 (3,98)	39,31 (19,97)	6,60 (4,32)	2,08 (27,18)	3,00 (9,33)	
		BU	41,18 (5,98)	49,41 (1,42)	57,73 (1,95)	38,35 (12,63)	0,36 (34,41)	5,49 (14,44)	8,79 (10,21)	
%ΔC ²		BN	53,49 (13,34)	40,20 (9,51)	26,51 (20,63)	0,87 (18,65)	48,97 (32,28)	49,76 (1,24)	48,03 (5,48)	
		BU	57,00 (1,68)	50,57 (1,62)	39,98 (3,97)	0,07 (22,91)	62,38 (14,83)	57,88 (2,25)	57,15 (0,87)	
%ΔH ²		BN	0,00 (35,71)	1,76 (24,15)	9,87 (29,90)	60,10 (12,98)	46,38 (26,82)	48,15 (1,76)	48,97 (5,65)	
		BU	2,77 (19,29)	0,08 (30,00)	2,29 (20,99)	61,53 (8,01)	32,09 (12,06)	36,63 (3,98)	34,06 (4,02)	

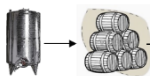
Valores medios (3 réplicas), y su correspondiente desviación estándar relativa porcentual, DER%, entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos.

Variables: SPP, pigmentos poliméricos pequeños; LPP, pigmentos poliméricos pequeños; L*, claridad; C*_{ab}, saturación; h_{ab}, tono; $\Delta E_{ab(0-t)}$, diferencia de color en cada tiempo respecto al vino inicial; % ΔL^2 , % ΔC^2 , % ΔH^2 ; contribución relativa porcentual de la variación de L*, C*_{ab}, h_{ab}, a $\Delta E_{ab(0-t)}$.

BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año).

Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento (p<0,05). Test de Tuckey (HSD; $\alpha=0,05$).

Diferentes letras mayúsculas (en una columna) indican diferencias significativas entre tipos de bodega para cada variable (p<0,05). Test de Tuckey (HSD; $\alpha=0,05$).



IV.5 Taninos elágicos

La Figura IV.3 muestra las concentraciones de taninos elágicos totales e individuales durante la conservación de vinos Malbec en barricas nuevas y usadas. El contenido presente de estos compuestos en el vino, resultarían, por un lado, del equilibrio en la extracción sólido-líquido de elagitaninos desde las barricas de roble al vino y, por el otro, de procesos que implicarían la transformación de éstos analitos durante el añejamiento del vino (hidrólisis, degradación, reacciones con otros compuestos del vino) (García-Estévez et al., 2017; Jourdes et al., 2009; Petit et al., 2019).

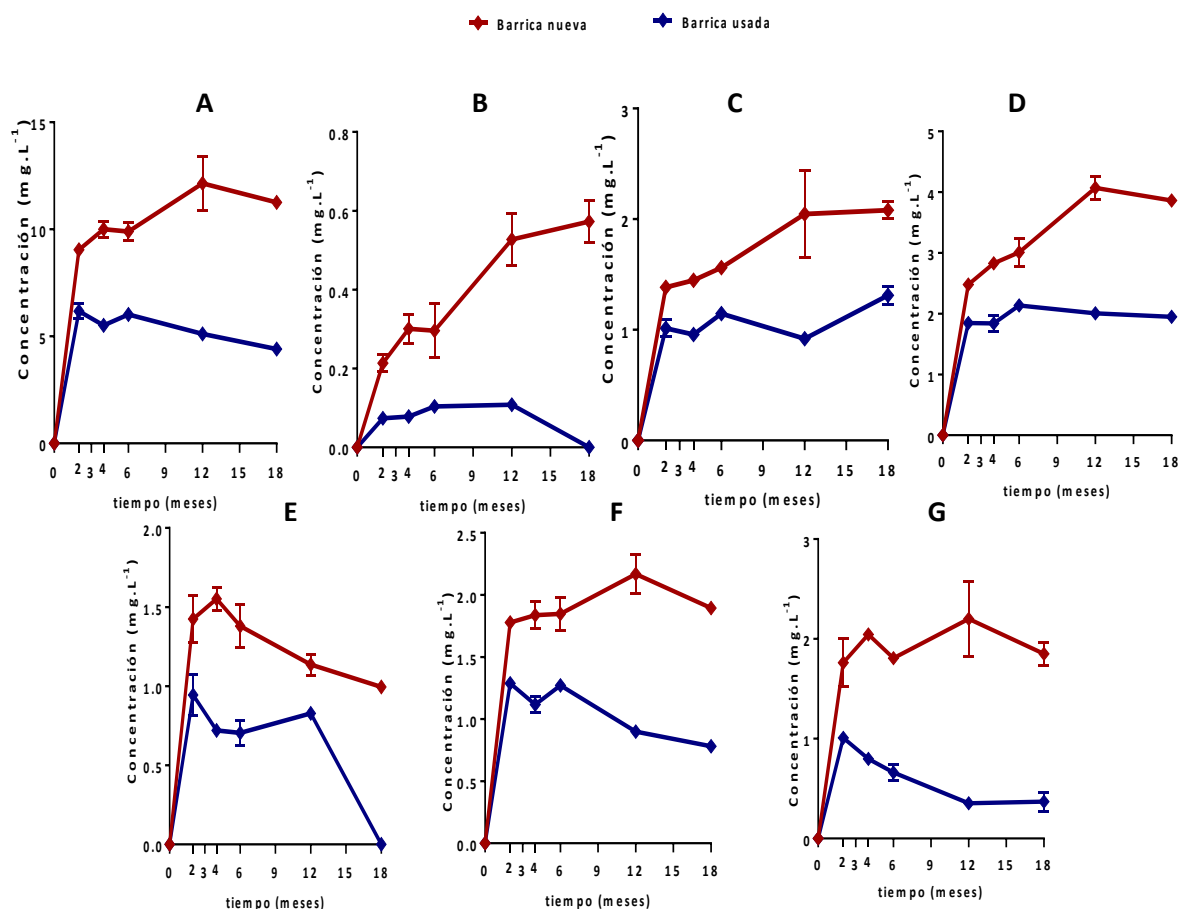
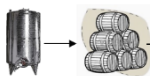
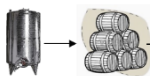


Fig. IV.3. Evolución de la concentración de taninos elágicos en vinos conservados en barricas nuevas y usadas durante 18 meses. A) Taninos elágicos totales ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); B) Roburina A ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); C) Roburina BC ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); D) Grandinina ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); E) Vescalagina ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); F) Roburina E ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); G) Castalagina ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).



En la Figura IV.3 se observa que el proceso de extracción de elagitaninos de la madera predominó hasta los 2 primeros meses en BN y BU. La velocidad de extracción en este periodo, fue significativamente mayor en los vinos añejados en BN que en BU (Tabla IV.3). Asimismo, las concentraciones totales e individuales de elagitaninos fueron mayores ($p < 0,05$) en vinos conservados en BN que en los almacenados BU. Esto podría deberse a que la reutilización de barricas agota la disponibilidad de estos compuestos extraíbles (Navarro et al., 2016; Zamora, 2019). La concentración máxima de taninos elágicos totales observada para los vinos almacenados en BU fue un 49,18% menor que la encontrada para los añejados en BN. Resultados similares fueron indicados por otros autores que observaron el efecto de la reutilización de barricas de 1 año de uso sobre la extracción de elagitaninos (Navarro et al., 2016; Vivas & Saint-Cricq de Gaulejac, 1998). En la Tabla IV.3 se observa que entre los 2 y 4 meses, la concentración de taninos elágicos totales en vinos conservados en BN incrementó, aunque a un 10% de la velocidad presentada entre el inicio y los 2 meses de almacenamiento. Una posible explicación a los cambios en las tasas de extracción, sería que los elagitaninos fácilmente extraíble presentes en las capas más externas de la madera, se agotan en una primera etapa de extracción (altas velocidades). Por lo cual, en un segundo paso, el vino debe penetrar hasta las capas más profundas de la madera para, por difusión, obtener más elagitaninos (menores velocidades) (García-Estévez et al., 2015). Similares comportamientos presentaron roburina A, roburina BC y grandinina. Mientras que la concentración de vescalagina disminuyó significativamente su contenido, y roburina E y castalagina se mantuvieron constantes. Con respecto a los vinos que se conservaron en BU, a partir de los 2 meses, la concentración total de taninos elágicos disminuyó significativamente hasta los 18 meses. Similar comportamiento presentaron la vescalagina, roburina E y castalagina, mientras que la roburina A, la roburina BC y graninina, se mantuvieron prácticamente constantes.

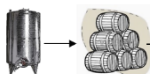
El descenso en el contenido elágico total durante la conservación de los vinos, podría ser atribuido, en parte, a la oxidación de estos compuestos por el oxígeno presente en el vino (García-Estévez et al., 2017).



Adicionalmente, se halló que la vescalagina fue el único que disminuyó significativamente su concentración en los vinos conservados en BN y el tanino elágico que presentó mayor caída de concentración en vinos añejados en BU. A los 18 meses, el descenso observado en la concentración de vescalagina en vinos almacenados en BN fue del 36,13% respecto al máximo encontrado a los 4 meses. Asimismo, en los vinos añejados en BU no se halló presencia de vescalagina a los 18 meses de conservación, mientras que el de castalagina y roburina E disminuyeron un 63,37 y 39,40% (respectivamente) en relación al contenido máximo encontrado. La vescalagina es un compuesto que tiene alta reactividad química debido a que en su estructura presenta un grupo hidroxilo en el C-1 con orientación espacial β . Esta configuración facilitaría las reacciones de sustitución nucleofílica con numerosos analitos presentes en el vino como flavonoides [(flavano-elagitaninos, acutisimina A/B), antociano-elagitanino]] y no flavonoides (fenoles, alcoholes, aminas, ácidos carboxílicos, compuestos carbonílicos enolizables, tioles) (Jourdes et al., 2009). También, la vescalagina podría hidrolizarse y formar vescalina. Asimismo, otros autores han observado un elevado descenso en vescalagina en diversas reacciones (dependientes del oxígeno) en vinos sintéticos modelos (García-Estévez et al., 2017). Probablemente, las mayores cOD presentes en los vinos conservados en BN, durante los primeros meses de conservación, favorecerían las reacciones de la vescalagina con el oxígeno, lo que provocaría un descenso en las concentraciones de la misma. La alta reactividad de la vescalagina y la disponibilidad de oxígeno en las barricas nuevas, explicarían, el descenso abrupto del contenido de este elagitanino, a diferencia de los demás, a partir del tercer mes de conservación de los vinos en BN.

Tabla IV.3. Velocidad de extracción de elagitaninos individuales y totales para los distintos períodos de evaluados.

Elagitanino	$\Delta C/\Delta t = (C_2 - C_1)/(t_2 - t_1)$ (mg.L ⁻¹ .mes ⁻¹)				
	0-2 meses	2-4 meses	4-6 meses	6-12 meses	12-18 meses
Roburina A	BN 0,11 (9,09) B	0,04 (25,00) B	0,00 (17,32) A	0,04 (25,00) B	0,01 (20,00) B
	BU 0,04 (0,00) A	0,00 (13,32) A	0,01 (0,00) A	0,00 (0,00) A	-0,02 (0,00) A
Roburina BC	BN 0,69 (1,45) B	0,03 (33,33) B	0,06 (33,33) A	0,08 (25,00) B	0,01 (34,64) A



	BU	0,51 (7,84) A	-0,03 (33,33) A	0,09 (6,19) A	-0,04 (15,75) A	0,07 (22,91) B
Grandinina	BN	1,24 (2,42) B	0,17 (11,76) B	0,09 (33,33) A	0,18 (3,27) B	-0,03 (22,91) A
	BU	0,92 (2,73) A	-0,00 (34,64) A	0,15 (20,00) A	-0,02 (25,00) A	-0,01 (31,22) B
Vescalagina	BN	0,71 (10,52) B	0,06 (24,12) B	-0,09 (29,04) A	-0,04 (25,00) A	-0,02 (21,14) B
	BU	0,47 (1,75) A	-0,11 (18,18) A	-0,01 (34,64) B	0,02 (25,00) B	-0,14 (4,22) A
Roburina E	BN	0,89 (2,25) B	0,03 (25,00) B	0,01 (37,75) A	0,05 (10,83) B	-0,05 (12,37) A
	BU	0,64(3,91) A	-0,09(29,04) A	0,08 (32,83) B	-0,06 (9,12) A	-0,02 (25,00) B
Castalagina	BN	0,88 (13,64) B	0,14 (14,29) B	-0,12 (8,33) A	0,07 (22,91) B	-0,06 (33,33) A
	BU	0,50 (5,00) A	-0,11 (14,32) A	-0,07 (14,29) B	-0,05 (28,64) A	0,00 (17,32) B
Taninos elágicos totales	BN	4,52 (2,43) B	0,48 (20,83) B	-0,05 (37,89) A	0,38 (9,32) B	-0,15 (22,90) A
	BU	3,09 (5,67) A	-0,33 (31,51) A	0,26 (19,87) B	-0,15 (3,77) A	-0,12 (16,67) A

Valores medios (3 réplicas) y su correspondiente desviación estándar relativa porcentual, DER%, entre paréntesis. Los análisis están descritos en el capítulo de Materiales y Métodos.

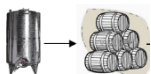
BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año), $\Delta C/\Delta t = (C_2 - C_1)/(t_2 - t_1)$, velocidad de extracción de elagitaninos, ΔC , Cambio en la concentración de elagitaninos (mg.L^{-1}); C_2 , concentración al final del periodo evaluado C_1 , concentración al inicio del periodo evaluado, Δt , periodo de conservación evaluado (meses), t_2 , meses de conservación transcurridos al final del periodo, t_1 , meses de conservación transcurridos al inicio del periodo.

Diferentes letras mayúsculas (en una columna) indican diferencias significativas entre tipos de bodega para cada compuesto ($p < 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

IV.6 Composición volátil

Durante la maduración del vino en barricas, la composición volátil de éste puede modificarse por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos. Por tanto, la concentración final de un analito particular, resultará del balance entre el fenómeno físico de transferencia de masa por difusión (extracción/absorción de la madera), los procesos químicos que acontecen durante el añejamiento de los vinos (esterificación, hidrólisis, oxidación, etc.) y los posibles cambios por alteraciones microbiológicas (bacterias acéticas, bacterias, lácticas, *Brettanomyces/Dekkera*, entre otros) (Coelho et al., 2019; Gómez-Plaza et al., 2004; Rubio-Bretón et al., 2018).

La Tabla IV.4 muestra el nivel de significancia (p) y el porcentaje de varianza explicada (Var %) de los factores estudiados y su respectiva interacción en la evolución de la composición volátil durante el almacenamiento del vino Malbec en barricas nuevas y usadas, procedentes de la guarda en barricas. El

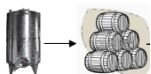


criterio del porcentaje de varianza explicada, se tomó según los ejemplos de aplicaciones aportados por los manuales del programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2012; Rienzo & Casanoves, 2012).

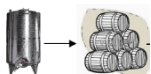
Como se observa en la Tabla IV.4, el tiempo de conservación fue significativo ($p < 0,05$), para la mayoría de los compuestos analizados y el único factor relevante que explicaría un 80,44 % de la varianza total observada en la concentración de ésteres totales, un 46,67 % para alcoholes superiores, 47,97% para ácidos totales, 45,68% para terpenoides, y 86,46% los norisoprenoides. Mientras que, los factores re-uso de la bodega, y su respectiva interacción resultaron significativos ($p < 0,05$) y relevantes, cuando su % varianza explicada fue mayor al error residual. Así, la varianza observada en la concentración de furanoides se explicarían un 41,72% por efecto de la B; 32,42% por efecto del t; y un 16,79% por efecto de la interacción B-t., mientras que para la concentración de lactonas se debería un 28,75 % al t; 44,56 a la B y un 21,05% a la interacción B-t, y, por último, la varianza observada en la concentración de fenoles volátiles se explicaría un 45,10; 32,18 y 17,27% por el efecto de la B, t e interacción B-t respectivamente.

Tabla IV.4. Efecto del uso de la bodega y tiempo de conservación sobre los compuestos odorantes de vinos Malbec añejados en bodegas durante 18 meses.

		Factores ^{a,b}		Interacciones de los factores ^b		Error
		B	t	B:t		
Acetato de isoamilo	p	0,5252	0,0001		0,0518	
	Var %	0,14	84,9		3,14	11,5
Acetato de hexilo	p	0,0549	0,0001		0,499	
	Var %	0,63	95,41		0,00	3,96
Acetato de 2-etilhexilo	p	0,0078	0,0001		0,2013	
	Var %	2,53	83,87		2,35	11,25
Acetato de 2-feniletilo	p	0,1222	0,0001		0,0033	
	Var %	0,00	82,7		8,38	8,92
Suma acetatos de alcoholes superiores	p	0,4719	0,0001		0,0169	
	Var %	0,08	86,43		4,64	8,85
Succinato de metiletilo	p	0,7188	0,0001		0,0266	
	Var %	0,00	82,12		5,53	12,34
Succinato de etilbutilo	p	0,802	0,0001		0,0001	
	Var %	0,00	82,63		10,27	7,10
Succinato de dietilo	p	0,0019	0,0001		0,0028	
	Var %	1,56	88,31		5,02	5,11
3-metilbutil butanodioato de etilo	p	0,0002	0,0001		0,0045	
	Var %	10,75	52,78		17,44	19,03
Suma ésteres del ácido succínico	p	0,0801	0,0001		0,0019	
	Var %	0,66	92,8		2,34	4,16
Butanoato de etilo	p	0,0591	0,0002		0,0058	
	Var %	7,34	7,48		35,58	49,60
2-Metilbutanoato de etilo	p	0,1091	0,0001		0,116	
	Var %	0,88	78,84		4,59	15,69
Hexanoato de etilo	p	0,1068	0,0001		0,0532	
	Var %	2,23	52,89		13,21	31,66
Heptanoato de etilo	p	0,0417	0,0148		0,0966	



	Var %	9,27	10,77	19,95	60,01
Octanoato de etilo	p	0,0069	0,0001	0,0003	
	Var %	11,70	27,42	34,12	26,69
Decanoato de etilo	p	0,0246	0,0001	0,0001	
	Var %	1,22	79,83	11,67	7,28
Dodecanoato de etilo	p	0,5159	0,0001	0,1478	
	Var %	0,00	97,41	0,27	2,32
Tetradecanoato de etilo	p	0,0007	0,0001	0,0332	
	Var %	4,12	77,74	4,72	13,43
Hexadecanoato de etilo	p	0,0014	0,0001	0,0003	
	Var %	3,33	72,04	14,74	9,88
Lactato de etilo	p	0,2543	0,0008	0,0388	
	Var %	2,00	14,76	15,38	67,86
Suma ésteres etílicos de ácidos grasos	p	0,0062	0,0001	0,002	
	Var %	5,78	68,71	11,93	13,58
Octanoato de metilo	p	0,8686	0,0001	0,4005	
	Var %	0,00	86,88	0,00	13,12
Octanoato de isoamilo	p	0,7172	0,0001	0,9653	
	Var %	0,00	84,64	0,00	15,38
Salicilato de metilo	p	0,0005	0,0001	0,0001	
	Var %	12,43	34,35	31,96	21,25
ÉSTERES TOTALES	p	0,0714	0,0001	0,0184	
	Var %	1,96	80,44	5,87	11,73
Isobutanol	p	0,7497	0,0001	0,0163	
	Var %	0,00	75,25	4,42	20,23
Butanol	p	0,2958	0,0001	0,0006	
	Var %	0,00	42,78	32,18	25,03
3-Metil-1-butanol	p	0,3453	0,0001	0,0322	
	Var %	0,00	43,49	17,30	39,21
4-Metil-1-pentanol	p	0,9352	0,0049	0,0077	
	Var %	0,00	7,46	36,74	55,8
3-Metil-1-pentanol	p	0,9504	0,0118	0,1609	
	Var %	0,00	17,73	10,77	71,50
Hexanol	p	0,2222	0,0104	0,0366	
	Var %	0,00	12,95	28,14	58,91
Heptanol	p	0,5109	0,1055	0,0798	
	Var %	0,00	0,30	23,17	76,53
2,3 Butanodiol	p	0,8328	0,0015	0,0032	
	Var %	0,00	7,00	41,48	51,52
2-Etilhexanol	p	0,0179	0,0001	0,0001	
	Var %	0,00	82,48	10,30	7,22
Metionol	p	0,899	0,0029	0,0494	
	Var %	0,00	19,51	19,87	60,63
Alcohol bencílico	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	26,1	16,89	27,89	29,12
2-Feniletanol	p	0,1241	0,0012	0,0115	
	Var %	0,33	7,45	38,95	53,27
ALCOHOLES TOTALES	p	0,3814	0,0001	0,0201	
	Var %	0,00	46,67	15,18	38,14
Ácido hexanoico	p	0,4113	0,0321	0,3395	
	Var %	2,30	8,16	0,00	89,54
Ácido octanoico	p	0,1714	0,0001	0,0065	
	Var %	0,00	57,42	18,34	24,24
Ácido decanoico	p	0,0871	0,0001	0,0044	
	Var %	0,00	50,67	22,72	26,71
ÁCIDOS TOTALES	p	0,664	0,0001	0,0222	
	Var %	0,00	47,97	16,70	35,33
(Z)-β-Farneseno	p	0,5976	0,0001	0,0646	
	Var %	0,00	63,65	17,94	18,41
Citronelol	p	0,0754	0,0001	0,0018	
	Var %	0,00	70,07	14,45	15,48
o-Cymeno	p	0,4807	0,0001	0,6415	
	Var %	0,00	68,94	0,00	31,06
Linalol	p	0,6484	0,0001	0,0492	
	Var %	0,00	43,46	14,74	41,80

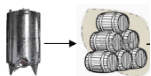


Terpinoleno	p	0,9225	0,0001	0,044	
	Var %	0,00	79,93	5,32	14,75
Nerol	p	0,1487	0,0001	0,0689	
	Var %	0,05	70,98	7,92	21,05
α -Terpineol	p	0,1363	0,0001	0,2659	
	Var %	0,00	69,37	0,00	21,47
(E)-Nerolidol	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	3,13	79,39	5,96	11,52
TERPENOIDES TOTALES	p	0,3125	0,0017	0,0158	
	Var %	0,00	45,68	17,54	36,78
TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno)	p	0,0003	0,0001	0,0444	
	Var %	1,99	93,10	1,55	3,36
Vitispirano 1	p	0,0005	0,0001	0,4143	
	Var %	1,33	96,10	0,20	2,37
Vitispirano 2	p	0,0017	0,0001	0,3702	
	Var %	1,83	93,04	0,67	4,46
β -Damascenona	p	0,0415	0,0001	0,0001	
	Var %	0,00	80,79	13,98	5,23
NORISOPRENOIDES TOTALES	p	0,0187	0,0001	0,0051	
	Var %	0,62	83,46	7,90	8,02
Naftaleno	p	0,8956	0,0001	0,9002	
	Var %	0,00	91,09	0,00	8,91
Isoamilacetamida	p	0,4857	0,0001	0,0018	
	Var %	0,00	21,44	38,38	40,18
2-Furoato de etilo	p	0,5743	0,0001	0,8265	
	Var %	0,00	68,08	13,62	18,31
Furfural	p	0,0001	0,0001	0,0006	
	Var %	30,23	43,39	16,16	10,22
5-Metilfurfural	p	0,0001	0,0001	0,0002	
	Var %	27,72	45,19	16,74	10,35
2-metilbenzofurano	p	0,0071	0,0001	0,0351	
	Var %	2,94	78,63	6,19	12,24
Furfuril éter	p	0,0561	0,0001	0,3853	
	Var %	1,82	82,17	0,53	15,47
2-Furanmetanol	p	0,1274	0,0001	0,1068	
	Var %	1,72	67,42	15,37	15,49
FURANOIDES TOTALES	p	0,0001	0,0001	0,0003	
	Var %	32,42	41,72	16,79	9,78
γ -Etoxibutirrolactona	p	0,0308	0,0001	0,0016	
	Var %	0,96	46,66	35,78	16,61
(Z)-Whiskylactona	p	0,0109	0,0001	0,0009	
	Var %	47,37	24,97	18,85	8,81
(E)-Whiskylactona	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	40,92	25,90	24,46	5,71
LACTONAS TOTALES	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	44,56	28,75	21,05	5,65
FENOLES VOLÁTILES					
4-Metilguaiaicol	p	0,0001	0,0001	0,0018	
	Var %	45,90	32,15	11,53	10,42
Eugenol	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	28,89	35,30	28,02	7,79
2-etilfenol	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	5,60	51,59	38,39	4,36
FENOLES VOLÁTILES TOTALES	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	32,18	45,1	17,27	5,44
Benzaldehído	p	0,0001	0,0001	0,0001	
	Var %	45,00	13,43	34,07	7,49

^aFactores: uso de la barrica (B), tiempo de conservación (t). Para vinos conservados durante 18 meses en barricas.

^bValores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo.

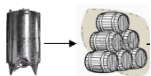
Valores en negrita representan factores o interacción de factores cuya varianza explicada porcentual (Var %)> Error residual porcentual (Error).



Por otra parte, la evolución de las familias de compuestos odorantes, durante la conservación del vino Malbec, puede observarse en las gráficas presentadas en la Figura IV.4. En estas gráficas, las evoluciones de ésteres totales, alcoholes superiores, ácidos totales, terpenoides, y norisoprenoides no pueden distinguirse por el uso de la bodega (Figura IV. 4A, 4B, 4C, 4D, y 4E respectivamente). Mientras que para furanoides lactonas y fenoles volátiles la evolución de las concentraciones de estos compuestos ha sido diferente según se hayan almacenado en bodegas nuevas o usadas. (Figura IV.4F, 4G y 4H respectivamente). Además, el efecto significativo de la interacción B-t, se observa claramente, y podría interpretarse como que las diferencias de concentración por el uso de la bodega, varían según el tiempo específico que se analice. Así, para lactonas y fenoles volátiles, a medida que aumenta el tiempo de conservación, aumentan las diferencias de concentraciones entre BN y BU (Figura IV.4G y 4H respectivamente), mientras que, para los furanoides, estas diferencias de concentraciones varían punto a punto durante el almacenamiento del vino en bodegas, pero presentando un máximo a los 6 meses (Figura IV.4F).

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla IV.4, los gráficos observados en la Figura IV.4, y considerando que para las familias de compuestos ésteres totales, alcoholes superiores, ácidos totales, terpenoides, y norisoprenoides, el porcentaje de varianza explicada por el uso de la bodega es menor que la error residual, por lo que no habría diferenciación en la evolución de estos compuestos por el uso de la bodega, se presenta la evolución de las concentraciones medias y el respectivo análisis de la varianza en función del tiempo de conservación, en el Anexo IV.2. Mientras que, para las familias de compuestos furanoides lactonas y fenoles volátiles, se presenta en la Tabla IV.5, la evolución de las concentraciones medias para el vino almacenado en BN y BU y el respectivo análisis de la varianza en función del tiempo de conservación y del uso del uso de la bodega.

Se identificaron y cuantificaron un total de 63 compuestos volátiles distribuidos en 8 familia químicas: ésteres (21), alcoholes (12), ácidos orgánicos (3), terpenoides (8), norisoprenoides (4), furanoides (6),



lactonas (3), fenoles volátiles (3) y otros compuestos (3). La concentración de alcoholes representó un 94,40% de la composición volátil media cuantificada, mientras que los ésteres totales 2,48%, ácidos orgánicos un 1,64% y la suma de la totalidad de los compuestos químicos restantes un 1,48%.

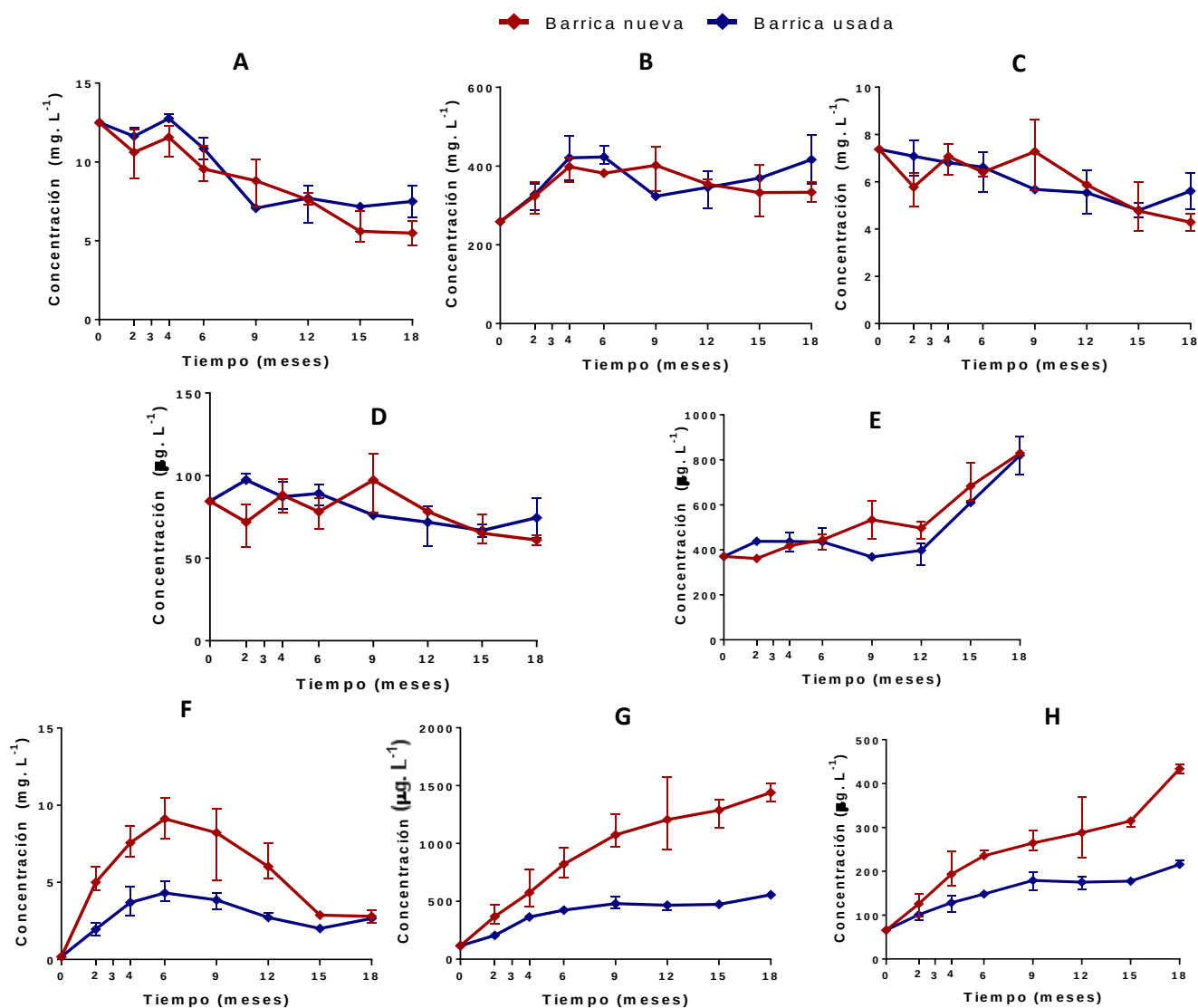
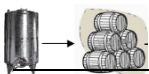
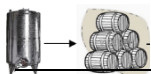


Fig. IV.4. Evolución de la concentración de compuestos odorantes en vinos conservados en barricas nuevas y usadas durante 18 meses. A) Ésteres totales (mg. L⁻¹); B) Alcoholes totales (mg. L⁻¹); C) Ácido totales (mg. L⁻¹); D) Terpenoides totales (µg. L⁻¹); E) Norisoprenoides totales (µg. L⁻¹); F) Furanoïdes totales (mg. L⁻¹); G) Lactonas totales (µg. L⁻¹); H) Fenoles volátiles totales (µg. L⁻¹).



IV.6.1 Ésteres, alcoholes y ácidos grasos

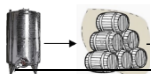
Como se observa en el Anexo IV.2 y en la Figura IV.4A, a los 18 meses de añejamiento en barricas, la concentración total de ésteres se redujo un 48,04% respecto del vino inicial (12,49 mg.L⁻¹). Este descenso se correlacionaría con la disminución de la cantidad media de acetatos de alcoholes superiores (un 58,44% respecto al vino inicial) y ésteres etílicos de ácidos grasos (42,73%). Aunque, el contenido medio de ésteres del ácido succínico se triplicó respecto al valor inicial (289,10 µg.L⁻¹). Acorde al comportamiento global del total de acetatos, los acetatos de isoamilo, hexilo, y 2-feniletilo, que derivan de la fermentación alcohólica, se hidrolizarían disminuyendo sus concentraciones durante el añejamiento. Mientras que, el contenido de acetato de 2-etilhexilo aumentó significativamente durante el periodo analizado. Por otra parte, los succinatos de dietilo, de etilbutilo y metiletilo incrementaron significativamente sus concentraciones, en cambio, el 3-metilbutil butanodioato de etilo [1-O-etil 4-O-(3metilbutil) butanodioato] se mantuvo constante durante el proceso. Asimismo, los ésteres de etilo de ácidos grasos de cadena media como hexanoato, octanoato, y de cadena larga como decanoato, dodecanoato, tetradecanoato y hexadecanoato disminuyeron sus concentraciones durante la conservación de los vinos, mientras que el 2-metilbutanoato de etilo, de cadena ramificada, aumentó significativamente y el butanoato, heptanoano y lactato de etilo se mantuvieron constante durante este proceso. Esto podría deberse a que durante el proceso de conservación se favorecería por un lado la formación de ésteres etílicos de cadena corta ramificados y por otro lado la hidrólisis de los ésteres etílicos de cadena larga lineal (Díaz-Maroto et al., 2005). En concordancia con los resultados obtenidos, De Rosso, Panighel, Vedova, Stella y Flamini (2009) encontraron que el vino Raboso Piave disminuyó el contenido de hexanoato y octanoato de etilo y el acetato de isoamilo luego de ser añejado en bodega de roble durante 9 meses. Otro motivo que explicaría el descenso del contenido de algunos



ésteres (hexanoato y octanoato de etilo) podría ser la absorción selectiva de dichos compuestos en la madera (Coelho et al., 2019; Ramirez Ramirez et al., 2001).

En cuanto al contenido de alcoholes totales (Figura IV.4B y Anexo IV.2), al final del proceso de añejamiento, los vinos presentaron un 44,85% más que al comienzo de la conservación. Sin embargo, el aumento en la concentración de estos compuestos fue fluctuante, probablemente debido a su participación en diversas reacciones con ésteres (Jackson, 2008). En particular, el isobutanol, butanol, 3-metil-1-butanol, presentaron igual comportamiento que los alcoholes totales. Representando el isobutanol un 48,28% del contenido de alcoholes totales presentes durante la conservación del vino. Por otra parte, a diferencia del comportamiento global, los cambios en las concentraciones del 4-metil-1-pentanol, 3-metil-1-pentanol, hexanol, heptanol, 2,3-butanodiol, metionol, alcohol bencílico y el 2-feniletanol durante la conservación fueron erráticos, sin poder atribuirse al factor tiempo ya que el error residual es mayor a la varianza explicada por este factor (Tabla IV.4).

En cuanto a la concentración de ácidos orgánicos totales, disminuyó progresivamente durante el tiempo de conservación de los vinos en las bodegas (Figura IV.4C y Anexo IV.2). A los 18 meses, los vinos presentaron un 32,43% menos que el vino inicial ($7,37 \text{ mg.L}^{-1}$). Similar comportamiento se observó en el ácido octanoico, que representó el 56,74% del contenido medio de ácidos totales, y en el ácido decanoico. Sin embargo, la concentración de ácido hexanoico, que representó un 33,86% del contenido medio del total de ácidos, permaneció constante durante el añejamiento de los vinos en bodegas ($2,08 \text{ mg.L}^{-1}$). El descenso observado podría deberse a la participación de los mismos en reacciones de esterificación durante el envejecimiento del vino (Cassino et al., 2019). Particularmente, el leve aumento en las concentraciones de octanoato de etilo entre los 12 y 15 meses, podría estar relacionado con la disminución en la cantidad de ácido octanoico durante ese periodo.

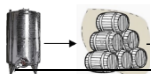


IV.6.2 Terpenoides

El contenido de terpenoides disminuyó significativamente durante el proceso de almacenamiento de los vinos en barricas (Figura IV.4D y Anexo IV.2). Finalizada la conservación, los vinos presentaron un 19,86% menos de terpenoides que el vino inicial. Asimismo, la concentración de (Z)- β -farneseno, citronelol, y el (E)-nerolidol, que representaron un 56,12% del total de terpenoides, disminuyó; mientras que el o-cymeno, terpinoleno, α -terpineol y el nerol, que participaron en un 32,27% de los terpenoides totales, incrementaron durante la conservación. El enriquecimiento de los vinos con algunos terpenoides, podría deberse a la hidrólisis de enlaces β -glicosídicos de sus precursores aromáticos (Waterhouse et al., 2016c). Asimismo, el descenso observado en otros terpenoides, podría asociarse a las reacciones de isomerización, ciclación, hidratación, deshidratación y oxidación de terpenoles libres que acontecen durante el añejamiento (Jackson, 2008; Linsenmeier et al., 2010). Por su parte, el linalol presentó un comportamiento diferenciado, ya que su contenido se incrementó significativamente hasta los 9 meses y posteriormente disminuyó estadísticamente hasta el final del almacenamiento, este descenso podría deberse a la conversión del linalol a α -terpineol. Asimismo, α -terpineol puede ser considerado como indicador de añejamiento, por su incremento lineal durante el tiempo de conservación de los vinos (Bailly et al., 2009).

IV.6.3 Norisoprenoides

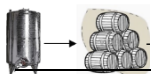
La concentración total de norisoprenoides aumentó significativamente durante el almacenamiento del vino en barricas (Figura IV.4E y Anexo IV.2). Así el contenido final fue 2,20 veces mayor que el observado al inicio del proceso ($370,59 \mu\text{g.L}^{-1}$). Este aumento se corresponde con el incremento en las concentraciones de TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno) y de los dos isómeros del vitispirano durante la evolución de los vinos en barricas. Estos compuestos representaron un 59,38% del contenido medio de norisoprenoides totales. Sin embargo, la



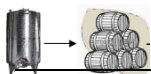
concentración de β -damascenona se mantuvo constante hasta los 6 meses de conservación y luego disminuyó significativamente ($p < 0,05$) hasta finalizar la conservación, por lo que la interacción B:t resultó relevante (Tabla IV.4), ya que la modificación de las concentraciones de este compuesto no fue igual en todo el proceso. El aumento en las concentraciones de norisoprenoides y de algunos terpenoides, se debería a la ruptura de enlaces glicosídicos de precursores aromáticos. Debido a las características del vino (pH, %v/v de alcohol), esta hidrólisis se favorece durante el proceso de añejamiento (Black et al., 2012; Linsenmeier et al., 2010).

IV.6.4 Furanoïdes

En la Tabla IV.5, se observan las modificaciones en las concentraciones de furanoïdes, lactonas y fenoles volátiles de vinos conservados durante 18 meses en barricas nuevas (BN) y de re-uso (BU). Los compuestos furánicos, principalmente el furfural, metilfurfural, hidroximetilfurfural y alcohol furfurílico, contribuyen sensorialmente con notas de nueces ahumadas y tostadas en los vinos (Zamora, 2019). Esta familia de compuestos aumentó su concentración desde el inicio del proceso hasta los 6 meses de conservación en BN y BU (Figura IV.4F), en coincidencia con diversos autores (Chira & Teissedre, 2013; Pérez-Prieto et al., 2003; Rubio-Bretón et al., 2018). Posteriormente, la concentración de furanoïdes totales descendió desde los 6 meses de conservación hasta el final del proceso. Estos compuestos presentes en vinos añejados en barricas derivarían, por un lado, de la extracción mediada por etanol sobre los furanoïdes propios de la madera -formados por degradación de polisacáridos durante el proceso de tostado de las barricas- y, por el otro lado, por la degradación de azúcares residuales del vino durante el añejamiento (Pereira et al., 2011). Los vinos Malbec conservados en BN presentaron mayores contenidos de furanoïdes totales que los conservados en BU, siendo estas diferencias significativas hasta los 15 meses. Asimismo, la concentración media global de furanoïdes totales fue 2 veces mayor en los vinos conservados en BN que en BU. Similar comportamiento se observó para el furfural y el 5-metilfurfural que juntos



representaron un 90,88% ($4,74 \text{ mg.L}^{-1}$) y un 85,17% ($2,27 \text{ mg.L}^{-1}$) del contenido medio global de furanoides presentes en vinos conservados en BN y BU respectivamente. Esto se debería a que el uso repetido de una bodega (para lotes sucesivos de vino) agota las sustancias extraíbles durante el envejecimiento y, por lo tanto, disminuye su capacidad de enriquecer al vino con estos compuestos (Garde-Cerdán & Ancín-Azpilicueta, 2006; Gómez-Plaza et al., 2004; Navarro et al., 2018; Zamora, 2019). Por otro lado, la concentración de 2-furoato de etilo, 2-metilbenzofurano, furfuril éter y 2-furanmetanol se incrementó durante el añejamiento de los vinos, independientemente de la bodega ($p > 0,05$ y %Var explicada menor al error residual, Tabla IV. 4). A los 18 meses, el contenido de furfural y 5-metilfurfural descendió un 78,45% para los vinos añejados en BN y un 57,80% para BU, respecto sus máximos de extracción. Esta disminución podría deberse, en parte, a que los aldehídos furánicos pueden formar aductos con flavanoles y antocianinas y/o reducirse a alcohol furfurílico (2-furanmetanol) (Rentzsch et al., 2009). Asimismo, la presencia de alcohol furfurílico indicaría que ha tenido lugar actividad microbiana en las bodegas durante al menos parte del período de envejecimiento del vino. Además, este alcohol producido, puede eterificarse por deshidratación con etanol presente en el medio (Spillman et al., 1998). Otros autores también han observado un incremento en, la formación de éteres furánicos -como el furfuril éter (Hopfer, Ebeler, & Heymann, 2012; Hopfer, Nelson, Ebeler, & Heymann, 2015)-, en la esterificación de furanoides -como el 2-furoato de etilo-, y en la concentración de benzofuranos -como el 2-metilbenzofurano (Mancha et al., 2013; Robinson et al., 2010)- durante el proceso de añejamiento de los vinos. Los alcoholes y éteres derivados de los furanales, aportan en menor medida al aroma del vino debido sus altos umbrales de percepción (alcohol furfurílico, 45 mg.L^{-1}) (Fernández De Simón et al., 2008).

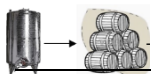


IV.6.5 Lactonas

El contenido de lactonas aumentó significativamente y progresivamente desde inicio al final del añejamiento, tanto para vinos conservados en BN como en BU (Tabla IV.5 y Figura IV.4G). Además, el contenido de lactonas presentes fue, en todos los tiempos observados, mayor en los vinos conservados en las BN que en BU (concentración media global $861,22 \mu\text{g.L}^{-1}$ y $386,12 \mu\text{g.L}^{-1}$). Un comportamiento análogo fue observado en whiskylactonas (cis y trans) ya que participan en un 92,68% del contenido total de lactonas presentes en vinos añejados en BN y en un 80,99% en BU. Las whiskylactonas pueden obtenerse, a partir de precursores glicoconjugados, por dos vías (i) por termodegradación durante tostado de la madera o (ii) por hidrólisis catalizada por ácido durante el proceso de conservación, después que los precursores han sido extraídos de la madera de roble (Wilkinson et al., 2013). Esto confirmaría el aumento continuo de estas lactonas durante el envejecimiento, como también han observado otros autores (Garde-Cerdán, Torrea Goñi, et al., 2002; Gómez-Plaza et al., 2004). Por otra parte, la concentración de γ -etoxibutirolactona fue máxima a los 6 meses y al final del proceso se observaron similares valores que al inicio de la conservación. En general, la modificación de la concentración γ -etoxibutirolactona, no dependió del re-uso de la bodega ($p > 0,05$ y %Var menor al error residual, Tabla IV.4). La presencia de este compuesto ha sido asociada a la edad del vino, ya sea por su formación a partir de productos derivados de la fermentación, γ -butirolactona y el etanol (Pereira et al., 2014; Perestrelo et al., 2011), o por la extracción producida por el contacto del vino con diferentes maderas (Fernández De Simón et al., 2014; Palomero et al., 2015).

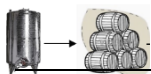
IV.6.6 Fenoles volátiles

Otros de los compuestos extraíbles del roble son algunos fenoles volátiles, muchos resultan de la termodegradación de la lignina durante el proceso de tostado de las duelas (Zamora, 2019), que varían su contenido en función del grado de tostado de la madera. La concentración total de estos



compuestos en los vinos Malbec aumentó significativamente y progresivamente desde el comienzo hasta los 18 meses del añejamiento, tanto para los conservados en BN como BU (Figura IV.4H y Tabla IV.5). Similar comportamiento fue observado para el eugenol, mientras que el 4-metilguaicol se extrajo hasta los 9 meses para BN y solamente hasta los 6 meses para BU. Una vez alcanzado los máximos de extracción, la concentración de 4-metilguaicol descendió un 52,40% para los vinos almacenados en BN y un 35,09% para BU a los 18 meses. Rubio-Bretón et al., 2018 observaron una extracción constante de eugenol durante los 12 meses de estudio y un máximo de extracción de 4-metilguaicol a los 6 meses de añejamiento de vino tinto Tempranillo en barricas americanas con tostado medio en concordancia con nuestros resultados. Pérez-Coello y Díaz-Maroto (2009) indicaron que los fenoles volátiles eugenol y guaicol una vez extraídos presentarían más estabilidad química que los aldehídos fenólicos y furánicos. El contenido total de fenoles volátiles fue significativamente mayor en vinos almacenados en BN que en BU desde los 6 hasta los 18 meses y finalizada la conservación los vinos almacenados en BN presentaron el doble de concentración en fenoles totales que los almacenados en BU ($215,72 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).

También, al igual que los otros fenoles volátiles, la concentración de 4-etilfenol aumentó significativamente desde el inicio al final de la conservación. Asimismo, desde los 12 a los 18 meses, los vinos conservados en BU presentaron concentraciones significativamente mayores de 4-etilfenol que los de BN. La formación de 4-etilfenol estaría directamente asociada a la contaminación de las barricas con levaduras *Brettanomyces/Dekkera* (Zamora, 2019). Estas levaduras descarboxilan el ácido cinámico proveniente de las bayas para producir aromas defectuosos como los etilfenoles. Aunque, las máximas concentraciones de 4-etilfenol observadas en los vinos Malbec no superaron los umbrales de percepción ($620 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), por lo que contribuirían a aumentar la complejidad aromática de los vinos sin perjudicarlos sensorialmente (Chatonnet et al., 1992). Asimismo, otros estudios también han observado que la formación de etilfenoles es



favorecida por la reutilización de las barricas (Garde-Cerdán, Rodríguez Mozaz, et al., 2002; Garde-Cerdán & Ancín-Azpilicueta, 2006).

IV.6.7 Otros compuestos

Por otra parte, se observó un descenso en el contenido de naftaleno durante el proceso de conservación del vino (Anexo IV.2). La presencia de naftaleno se debería a la contaminación por el material plástico utilizado en la toma de muestras, aunque sus concentraciones estarían debajo de los niveles de percepción ($6,8 \text{ mg.L}^{-1}$) (Amar Gil et al., 2019; National Center for Biotechnology Information, 2026). En lo que respecta al contenido de isoamilacetamida, que está asociado a pungencia y notas de vinagre que pueden aparecer durante el añejamiento (Pérez-Coello, González-Viñas, García-Romero, Díaz-Maroto y Cabezudo, 2003), no es posible realizar inferencias respecto a las variaciones observadas ya que el error residual es mayor al porcentaje de varianza explicada por el factor tiempo (Tabla IV.4).

Finalmente, la concentración máxima de benzaldehído se presentó a los 6 meses (Tabla IV.5). En este momento, los vinos añejados en BN presentaron el triple del contenido que en BU. Estas diferencias fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) desde los 2 hasta los 12 meses de añejamiento. El benzaldehído se asocia con aroma a almendra amargas y resulta de la degradación de la lignina acumulándose en los vinos de añejamiento en madera (Jackson, 2008). Acorde a estos resultados, otros autores también han observado aumento en la concentración de benzaldehído durante la conservación de vinos en contacto con diversas maderas (Castro-Vázquez et al., 2011; Fernández De Simón et al., 2014).

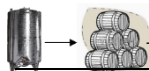


Tabla IV.5: Evolución en la concentración de compuestos volátiles en vinos conservados en barricas nuevas y usadas durante 18 meses.

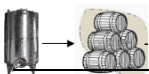
		Tiempo de añejamiento (meses)							
	Vino inicial		2	4	6	9	12	15	18
2-Furoato de etilo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	8,22 abc,a	BN	7,84 (21,58) abA	10,45 (26,05) bcA	4,92 (10,28) aA	19,45 (11,13) dA	13,15 (35,9) cA	21,64 (25,17) dA	19,37 (7,12) dA
		BU	8,64 (22,45) aA	7,84 (16,15) aA	6,53 (26,52) aA	10,74 (34,17) aA	18,10 (24,42) bA	17,86 (1,99) bA	20,58 (12,44) bA
Furfural ($\mu\text{g L}^{-1}$)	58,02 a	BN	3657,51 (17,91) bcB	5454,16 (14,13) deB	6454,06 (14,95) eB	5032,99 (35,11) cdA	3355,03 (34,90) bB	1410,65 (21,14) aA	1403,67 (30,61) aA
		BU	1358,74 (22,5) bA	2493,57 (27,64) cA	3022,28 (16,24) dA	2329,67 (15,64) cA	1247,84 (17,66) bA	942,52 (21,74) bA	1284,93 (2,44) bA
5-Metilfurfural ($\mu\text{g L}^{-1}$)	4,22 a	BN	1203,15 (16,74) bB	1781,01 (13,49) cB	2428,67 (14,00) dB	2657,16 (31,81) dB	1917,24 (20,79) aB	576,23 (6,48) aB	559,11 (24,00) aA
		BU	449,85 (23,40) bA	926,10 (29,01) cA	1032,57 (37,17) cdA	1235,64 (13,14) eA	894,98 (4,95) cA	412,11 (14,77) bA	511,71 (3,42) bA
2-Metilbenzofurano ($\mu\text{g L}^{-1}$)	5,16 a	BN	28,89 (30,76) bA	60,68 (36,91) cA	59,61 (29,38) cA	90,95 (25,28) deA	102,67 (15,62) eA	79,69 (12,37) cdA	87,73 (1,75) deA
		BU	23,03 (15,93) bA	45,82 (3,72) cA	48,11 (14,64) cdA	56,41 (13,83) dA	75,59 (22,02) eA	90,69 (10,37) fA	91,42 (1,83) fA
Furfuril éter ($\mu\text{g L}^{-1}$)	75,45 ab,a	BN	71,27 (14,24) aA	200,03 (27,04) bcA	136,26 (4,53) abA	284,20 (11,27) cB	484,40 (38,29) dA	583,41 (36,44) dA	609,55 (18,77) dA
		BU	85,61 (4,85) aA	164,25 (34,49) abA	157,26 (3,73) abB	183,17 (2,24) bA	338,00 (9,02) cA	425,08 (1,65) cA	617,69 (22,84) dA
2-Furanmetanol ($\mu\text{g L}^{-1}$)	34,06 a	BN	38,57 (15,05) aA	67,03 (31,97) aA	40,83 (4,00) aA	144,37 (25,98) bB	162,41 (34,50) bA	223,29 (19,5) cB	134,17 (23,30) bA
		BU	40,53 (11,71) aA	57,12 (13,63) aA	49,80 (8,82) aA	54,21 (13,30) aA	161,82 (20,87) cA	137,38 (13,41) bA	152,60 (26,30) bcA
FURANOIDES TOTALES (mg L^{-1})	0,18 a	BN	5,00 (17,43) cB	7,56 (13,37) deB	9,12 (14,43) fB	8,21 (32,54) efB	6,02 (21,51) cdB	2,87 (7,58) bB	2,79 (14,91) bA
		BU	1,96 (21,55) bA	3,69 (25,84) dA	4,31 (15,55) eA	3,86 (13,70) deA	2,72 (9,17) cA	2,01 (12,44) bA	2,66 (8,72) bcA
γ -Etoxibutirilactona ($\mu\text{g L}^{-1}$)	57,66 ab,b	BN	71,62 (33,76) bA	53,79 (37,29) abA	106,02 (12,72) cA	63,69 (21,98) abA	43,73 (9,07) aA	47,30 (25,84) aA	60,54 (6,65) abA
		BU	62,27 (17,06) bA	121,97 (5,94) cB	131,81 (11,09) cA	49,02 (17,71) abA	40,85 (33,48) aA	63,81 (17,10) bA	59,65 (5,51) bA
(Z)-Whiskylactona ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,00 a	BN	95,33 (20,95) bB	164,22 (29,35) cB	202,58 (29,10) cB	342,23 (26,88) dB	336,64 (20,96) dB	464,30 (21,39) eB	331,20 (23,66) dB
		BU	22,52 (28,18) aA	43,35 (30,67) bA	59,99 (22,05) bA	66,51 (37,90) bA	95,56 (27,27) cA	135,53 (3,34) dA	188,12 (2,80) eA
(E)-Whiskylactona ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,00 a	BN	202,44 (12,24) bB	357,04 (31,05) cB	512,66 (12,15) dB	668,30 (10,95) eB	825,21 (33,52) fB	776,41 (4,60) efB	1048,46 (0,52) gB
		BU	120,89 (15,34) bA	199,57 (10,39) cA	232,38 (5,27) cdA	364,87 (18,53) gA	330,23 (1,57) fgA	274,84 (1,20) deA	309,22 (4,94) efA
LACTONAS TOTALES ($\mu\text{g L}^{-1}$)	57,66 a	BN	369,39 (23,50) bB	575,05 (30,23) cB	821,27 (15,95) dB	1074,21 (14,55) eB	1205,58 (27,16) efB	1288,01 (10,05) fgB	1440,19 (5,54) gB
		BU	205,68 (5,80) bA	364,90 (6,91) cA	424,17 (2,83) dA	480,39 (10,75) eA	466,64 (7,41) deA	474,18 (2,04) eA	556,98 (4,28) fA
4-Metil guaiacol ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,00 a	BN	30,59 (5,33) bB	39,02 (12,86) cB	44,72 (21,54) cdB	50,97 (33,60) dB	43,13 (17,23) cdB	24,17 (13,25) bB	24,26 (25,23) bB
		BU	16,19 (15,18) cdA	18,26 (15,61) deA	19,94 (6,84) eA	18,55 (4,50) deA	19,50 (17,81) eA	9,93 (0,70) bA	12,95 (5,29) bcA
Eugenol ($\mu\text{g L}^{-1}$)	63,86 a	BN	91,20 (30,69) aA	148,76 (31,28) bA	187,53 (8,71) bcB	205,18 (15,33) cB	237,01 (32,79) cdB	276,04 (5,10) dB	395,14 (3,97) eB
		BU	81,39 (16,08) aA	105,41 (17,06) bA	124,73 (6,20) cA	156,18 (12,74) deA	142,06 (8,49) cdA	138,66 (1,94) cdA	163,15 (1,29) eA
4-Etilfenol ($\mu\text{g L}^{-1}$)	1,83 a	BN	3,80 (27,89) abA	5,42 (22,36) bcA	3,05 (18,91) aA	8,29 (11,04) dB	7,90 (22,09) cdA	14,54 (28,67) eA	14,32 (3,77) eA
		BU	3,46 (7,06) Aa	4,78 (10,74) aA	3,57 (31,69) aA	4,32 (11,79) aA	13,55 (14,89) bB	28,92 (12,17) cB	39,63 (16,64) dB
FENOLES VOLÁTILES TOTALES ($\mu\text{g L}^{-1}$)	65,69 a	BN	125,60 (21,31) bA	193,2 (23,65) cA	235,31 (4,54) cdB	264,44 (9,68) deB	288,04 (25,26) deB	314,76 (3,96) eB	433,72 (2,33) fB
		BU	101,03 (11,42) bA	128,44 (15,06) cA	148,23 (5,45) cA	179,05 (11,44) dA	175,12 (8,92) dA	177,50 (3,46) dA	215,72 (4,35) eA
Benzaldehído ($\mu\text{g L}^{-1}$)	26,51 a	BN	96,81 (23,35) bcB	140,08 (16,36) deB	151,9 (17,59) eB	120,59 (16,33) cdB	77,08 (25,24) bB	40,65 (28,31) aA	38,12 (15,29) aA
		BU	30,58 (6,96) abA	47,04 (14,93) cA	46,00 (1,83) cA	44,11 (2,43) cA	39,14 (28,85) bcA	33,73 (16,78) abA	32,52 (8,43) abA

Valores medios (3 réplicas), y su correspondiente desviación estándar relativa porcentual, DER%, entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos.

BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año).

Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento ($p < 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

Diferentes letras mayúsculas (en una columna) indican diferencias significativas entre tipos de bodega para cada variable ($p < 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

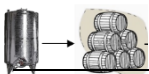


IV.7. Análisis sensorial

Diecisiete atributos fueron consensuados por los panelistas durante la evaluación sensorial descriptiva de los vinos Malbec añejados en barricas. Los descriptores fueron intensidad colorante (Int.Col), matiz violeta (MV), matiz rojo (MR), intensidad aromática (IA), fruta fresca (FF), caramelizado (CD), floral (F), frutos secos (FS), especiado (E), madera tabla (Mt), madera café (Mc); madera (M), fruta deshidratada (FD), acidez (Ac), astringencia (As), amargo (Am) y dulce (ED).

IV.7.1 Seis meses de conservación en barricas

A los 6 meses de conservación se evaluó si los vinos presentaban diferencias entre las réplicas de un tratamiento y entre los tratamientos. Mediante el test diferencia de un control se observó que los vinos guardados en barricas nuevas o usadas durante 6 meses no presentaban diferencias entre las réplicas de las barricas de un mismo tratamiento. Según análisis discriminativo, efectuados con dos test triangulares, los vinos añejado 6 meses en barrica nuevas no se diferenciaron de los de barricas usadas. Un análisis descriptivo (Figura IV.5) caracterizó a los vinos con elevada intensidad colorante y aromática, y niveles medios de astringencia, acidez y amargo. El análisis de la varianza ANOVA (Anexo IV.3) indicó que las variables no presentaron diferencias significativas. Por tanto, a los 6 meses los vinos Malbec añejados en barricas nuevas y de re-uso no fueron distinguidos sensorialmente. En este momento del proceso los vinos presentaron la máxima extracción de furanoides, pero no se diferenciaron ya que el umbral de percepción ronda los 20 mg.L⁻¹ (Fernández De Simón et al., 2008) y ninguno de los vinos superó los 10 mg.L⁻¹. Aunque, si se hubiera esperado que los panelistas pudieran diferenciar la intensidad de los aromas aportados por la (Z)-whiskylactona (coco, madera, notas a vainilla) ya que los vinos conservados en barricas nuevas presentaron concentraciones 4 veces superiores a su umbral de detección sensorial (umbral de percepción 54 mg.L⁻¹) y los de BU concentraciones iguales al umbral. Posiblemente al encontrarse perceptibles en los dos vinos (concentración mayor al umbral de



percepción), dificultó la diferenciación por los panelistas al producirse una saturación de los receptores olfativos (McKay & Buica, 2020).

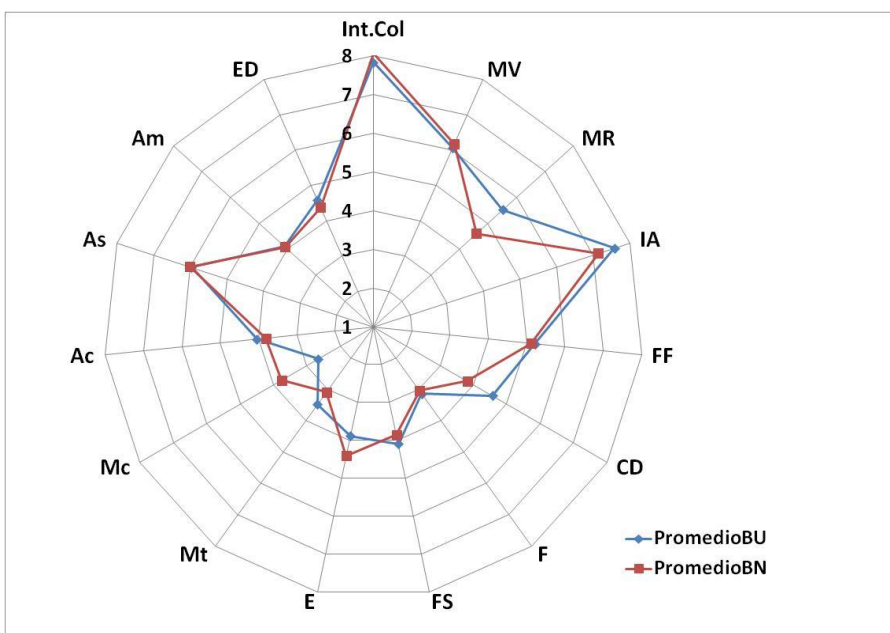


Fig. IV.5. Perfil sensorial de los vinos Malbec envejecidos durante 6 meses en barricas.

Int.Col, intensidad colorante; MV, matiz violeta; MR, matiz rojo; IA, intensidad aromática; FF, fruta fresca; CD, caramelizado; F, floral; FS, fruta deshidratada; E, especiado; Mt, madera tabla; Mc, madera café; Ac, acidez; As, astringencia; Am, amargo y ED, dulce.

IV.7.2 Doce meses de conservación en barricas

Los vinos Malbec fueron analizados sensorialmente por el método “*Sorting Tasks*”. A partir de las elipses de confianza obtenidas en el análisis de componentes principales (Figura IV.6), se observa que el tipo de barrica utilizada en la conservación no generó diferencias globales en los vinos, que permitieran a los panelistas diferenciarlos (intersección de las elipses). Más aún, los panelistas no pudieron asociar como similar una réplica que se colocó como control (barrica nueva 3).

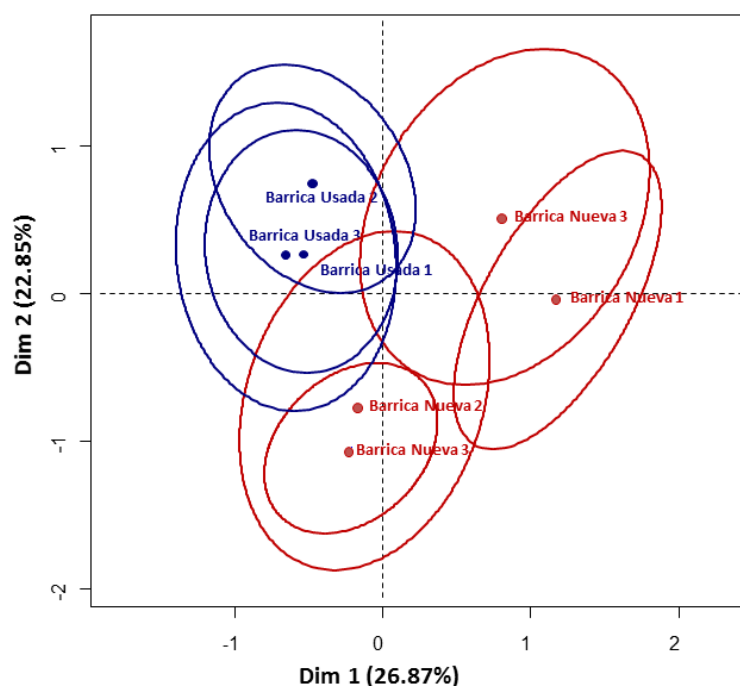
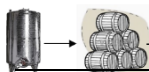
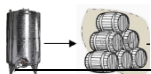


Fig. IV.6. Biplot de los vinos evaluados sensorialmente por 20 panelistas no entrenados, con elipses de confianza del 95,00%. Los vinos Malbec conservados durante 12 meses en barricas nuevas y en barricas de re-uso están representados por líneas rojas y azules respectivamente. Elipses superpuestas indican que los tratamientos no se diferencian.

IV.7.3 Dieciocho meses de conservación en barricas

Finalizados los 18 meses de conservación en barricas nuevas y usadas, los vinos se sometieron a un análisis sensorial descriptivo, pero nuevamente los panelistas no pudieron diferenciar los tratamientos (Figura IV.7). Más aún, en este momento de la evolución, fue la máxima extracción de la (Z)-whiskylactona y de la (E)-whiskylactona que en el caso de los vinos conservados en BN superaron el umbral de percepción de esta última lactona (370 mg.L^{-1} , Fernández De Simón et al., 2008). Posiblemente, como en ambos vinos (BN y BU) el aroma a madera era perceptible, esto dificultó a los panelistas poder diferenciar los vinos por el re-uso de la barrica. En cuanto a la ausencia de diferencias en el color (intensidad colorante y matiz violeta), estas eran esperables ya



que analíticamente tampoco se observaron diferencias de color apreciables entre los vinos conservados en barricas nuevas y usadas ($\Delta E_{ab} < 3$, Sección IV.4). Por otra parte, la sensación de astringencia presenta una elevada correlación con la concentración de taninos elágicos (Chira & Teissedre, 2015); cuya concentración dependió del re-uso de la bodega (Sección IV.5), aunque no fue posible para los panelistas diferenciar los vinos por este parámetro.

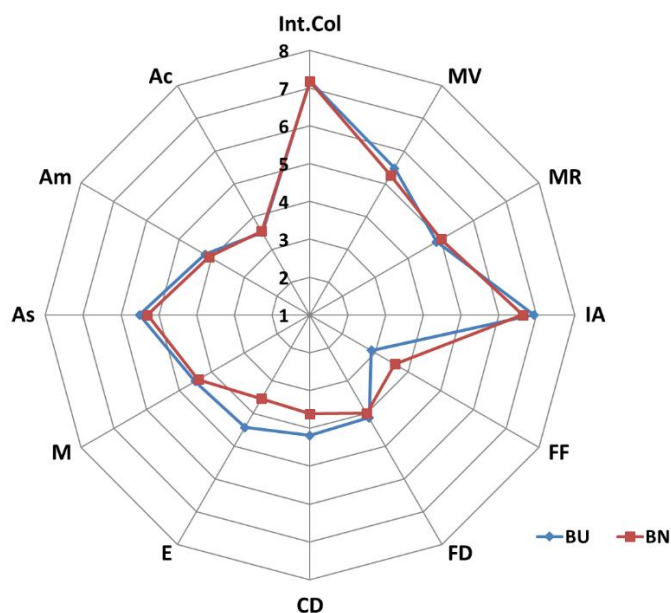
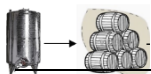


Fig. IV.7. Perfil sensorial de los vinos Malbec envejecidos durante 18 meses en barricas.

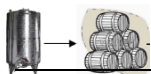
Descriptores: Int.Col, intensidad colorante; MV, matiz violeta; MR, matiz rojo; IA, intensidad aromática; FD, fruta deshidratada; CD, caramelizado; E, especiado; M, madera; Ac, acidez; As, astringencia y Am, amargo. BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año).

IV.8 Conclusiones parciales

Luego de conservar durante 18 meses el vino Malbec en barricas nuevas y de 1 año de re-uso, se puede concluir que la composición química del vino se modificó principalmente por efecto del tiempo de conservación y no tanto por la difusión de oxígeno a través de la bodega. El perfil sensorial de los vinos y la mayoría de las variables analíticas evolucionaron independientemente al

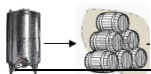


uso de la bodega. Parecería que el vino Malbec estudiado resultó indiferente a la bodega en que se conservó, ya que durante los 18 meses las ΔE^*_{ab} entre los vinos conservados en ambos tipos de bodegas, siempre fueron menores a 3 unidades de color. Aunque, respecto a los aromas extraíbles de la madera (furanoides, fenoles volátiles y lactonas de la madera) si se observaron diferencias, como era esperable, por el efecto del re-uso. Por tanto, la selección de bodegas nuevas o de 1 año de re-uso para añejar vino Malbec durante al menos 6 meses, no produciría diferencias relevantes en los atributos visuales, aunque, si se eligiera bodegas de re-uso para este proceso, se correría el riesgo de contaminar el vino con *Brettanomyces/Dekkera* perjudicando el perfil aromático del vino.



Bibliografía

- Álamo-Sanza, M., Fernández-Escudero, J. A., & Castro-Torío, R. (2000). Changes in phenolic compounds and colour parameters of red wine aged with oak chips and in oak barrels. *Food Science and Technology International*, 10(4), 233–241.
<https://doi.org/10.1177/1082013204046095>
- Álamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2012). Oxígeno y bodega. Actualización del conocimiento. *ACENOLOGÍA*.
- Álamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2014). Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8892–8899.
<https://doi.org/10.1021/jf502333d>
- Álamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2019). Oak wine barrel as an active vessel : A critical review of past and current knowledge. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 2711–2726.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1330250>
- Amar Gil, S., Ardila Arias, A. N., & Barrera Zapata, R. (2019). Simulación y obtención de a partir de la pirólisis de combustibles sintéticos residuos plásticos. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 306–326. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1285>
- Bailly, S., Jerkovic, V., Meurée, A., Timmermans, A., & Collin, S. (2009). Fate of key odorants in sauternes wines through aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8557–8563. <https://doi.org/10.1021/jf901429d>
- Barrels, O. W., Rosso, M. De, Panighel, A., Vedova, A. D., Stella, L., & Flamini, R. (2009). Changes in Chemical Composition of a Red Wine Aged in Changes in Chemical Composition of a Red Wine Aged in Acacia , Cherry , Chestnut , Mulberry , and Oak. *Society*, 1915–1920.



<https://doi.org/10.1021/jf803161r>

Black, C., Francis, L., Henschke, P., Capone, D., Anderson, S., Day, M., Holt, H., Pearson, W.,

Herderich, M., & Johnson, D. (2012). Aged Riesling and the development of TDN. *Wine & Viticulture Journal*, 20–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096559>

Blanco-Vega, D., Gómez-Alonso, S., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Identification, content and distribution of anthocyanins and low molecular weight anthocyanin-derived pigments in Spanish commercial red wines. *Food Chemistry*, 158, 449–458.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.154>

Blazer, R. M. (1991). Influence of environment- Wine evaporation from barrels. *Practical Winery & Vineyard*, 11, 20–22.

Boulton, R. (1980). The Relationships between Total Acidity, Titratable Acidity and pH in Wine.

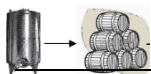
Vitis, 19, 113–120. <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/e017796.pdf>

Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). Juice and wine acidity. In S. S. M. N. York (Ed.), *Principles and practices of winemaking* (pp. 521–538).

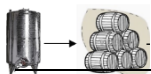
Casassa, F., & Catania, A. (2006). Piranoantocianos, nuevos pigmentos en los vinos tintos. Aspectos científicos e implicancias tecnológicas. *Revista Enología N°3*, 36, 20p.

Casassa, F., & Sari, S. (2007). Aplicación Del Sistema Cie-Lab a Los Vinos Tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista Enología*, 5(May-Jun).

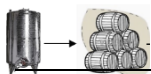
http://www.researchgate.net/profile/L_Casassa/publication/259582055_APLICACION_DEL_SISTEMA_CIE-LAB_A_LOS_VINOS_TINTOS_CORRELACION_CON_ALGUNOS_PARAMETROS_TRADICIONALES/links/02e7e52cc2f09291a3000000.pdf



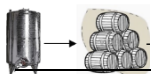
- Cassino, C., Tsolakis, C., Bonello, F., Osella, D., & Osella, D. (2019). Wine evolution during bottle aging, studied by ^1H NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Food Research International*, 116, 566–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.075>
- Castro-Vázquez, L., Alañón, M. E., Calvo, E., Cejudo, M. J., Díaz-Maroto, M. C., & Pérez-Coello, M. S. (2011). Volatile compounds as markers of ageing in Tempranillo red wines from La Mancha D.O. stored in oak wood barrels. *Journal of Chromatography A*, 1218(30), 4910–4917. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.12.094>
- Chira, K., & Teissedre, P. L. (2015). Chemical and sensory evaluation of wine matured in oak barrel : effect of oak species involved and toasting process. *Eur Food Res Technol*, 240, 533–547. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2352-3>
- Chira, K., & Teissedre, P. L. (2013). Extraction of oak volatiles and ellagitannins compounds and sensory profile of wine aged with French winewoods subjected to different toasting methods: Behaviour during storage. *Food Chemistry*, 140(1–2), 168–177. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.049>
- Clarke, R., & Bakker, J. (2004). Volatile components. In *Wine flavour chemistry* (pp. 120–188). <https://doi.org/10.1002/9781444346022>
- Coelho, E., Domingues, L., Teixeira, J. A., Oliveira, J. M., & Tavares, T. (2019). Understanding wine sorption by oak wood : Modeling of wine uptake and characterization of volatile compounds retention. *Food Research International*, 116(August 2018), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.025>
- Di Rienzo, J. A., Macciavelli, R. E., & Casanoves, F. (2012). *Modelos Lineales Mixtos: aplicaciones en InfoStat*.



- Díaz-Maroto, M. C., Schneider, R., & Baumes, R. (2005). Formation pathways of ethyl esters of branched short-chain fatty acids during wine aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3503–3509. <https://doi.org/10.1021/jf048157o>
- Du Toit, M., & Pretorius, I. S. (2000). Microbial spoilage and preservation of wine: using weapons from Nature's own arsenal- A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21, 74–96.
- Fernández De Simón, B., Martínez, J., Sanz, M., Cadahía, E., Esteruelas, E., & Muñoz, A. M. (2014). Volatile compounds and sensorial characterisation of red wine aged in cherry, chestnut, false acacia, ash and oak wood barrels. *Food Chemistry*, 147, 346–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.158>
- Fernández De Simón, B., Sanz, M., Cadahía, E., Martínez, J., Esteruelas, E., & Muñoz, A. M. (2014). Polyphenolic compounds as chemical markers of wine ageing in contact with cherry, chestnut, false acacia, ash and oak wood. *Food Chemistry*, 143, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.096>
- Fernández De Simón, B., Cadahía, E., Sanz, M., Poveda, P., Perez-Magariño, S., Ortega-Heras, M., & González-Huerta, C. (2008). Volatile compounds and sensorial characterization of wines from four spanish denominations of origin, aged in Spanish Rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) oak wood barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9046–9055. <https://doi.org/10.1021/jf8014602>
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., & Cheynier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 289–297.
- García-Estévez, I., Alcalde-Eon, C., Le Grottaglie, L., Rivas-Gonzalo, J. C., & Escribano-Bailón, M. T.



- (2015). Understanding the ellagitannin extraction process from oak wood. *Tetrahedron*, 71, 3089–3094. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2014.10.047>
- García-Estévez, I., Alcalde-Eon, C., Martínez-Gil, A. M., Rivas-Gonzalo, J. C., Escribano-Bailón, M. T., Nevares, I., & Álamo-Sanza, M. (2017). An approach to the study of the interactions between ellagitannins and oxygen during oak wood aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 6339–6378. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02080>
- Garde-Cerdán, T., & Ancín-Azpilicueta, C. (2006). Review of quality factors on wine ageing in oak barrels. *Trends in Food Science and Technology*, 17(8), 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.008>
- Garde-Cerdán, T., Rodríguez Mozaz, S., & Ancín-Azpilicueta, C. (2002). Volatile composition of aged wine in used barrels of French oak and of American oak. *Food Research International*, 35(7), 603–610. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00151-X)
- Garde-Cerdán, T., Torrea Goñi, D., & Ancín-Azpilicueta, C. (2002). Changes in the concentration of volatile oak compounds and esters in red wine stored for 18 months in re-used French oak barrels. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(2), 140–145. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2002.tb00223.x>
- Garden-Cerdán, T., Torrea Goñi, D., & Ancín-Azpilicueta, C. (2004). Accumulation of volatile compounds during ageing of two red wines with different composition. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.032>
- Gómez-Plaza, E., Pérez-Prieto, L. J., Fernández-Fernández, J. I., & López-Roca, J. M. (2004). The effect of successive uses of oak barrels on the extraction of oak-related volatile compounds from wine. *International Journal of Food Science and Technology*, 1069–1078.



<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00890.x>

He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012). Anthocyanins and their variation in red wines II. Anthocyanin derived pigments and their color evolution.

Molecules, 17(2), 1483–1519. <https://doi.org/10.3390/molecules17021483>

Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2012). *Resolucion N° C.61/12*. Recuperado el 21 de agosto del 2026, de

https://consultas.inv.gob.ar/index.php?r=resoluciones/verpdf&server_name=ResolucionesC/2012/ResolucionC61-2012.pdf.

Jackson, R. S. (2008). *Wine Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373646-8.50004-4>

Jourdes, M., Lefeuvre, D., & Quideau, S. (2009). C-Glycosidic ellagitannins and their Influence on wine chemistry. In F. Quideau, Stéphane (University of Bordeaux (Ed.), *Chemistry and biology of ellagitannins. An underestimated class of bioactive plant polyphenols* (pp. 320–365).

Laqui-Estaña, J., López-Solís, R., Peña-Neira, A., Medel-Marabolí, M., & Obreque-Slier, E. (2018).

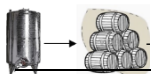
Wines in contact with oak wood : the impact of the variety (Carménère and Cabernet Sauvignon), format (barrels , chips and staves), and aging time on the phenolic composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(August), 436–448.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.9205>

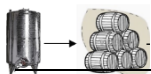
Linsenmeier, A. W., Rauhut, D., & Sponholz, W. R. (2010). Ageing and flavour deterioration in wine.

In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing wine quality: Volume 2: Oenology and wine quality* (pp. 459–493). <https://doi.org/10.1533/9781845699987.2.459>

Lopes, P., Tristan, R., Saucier, C., Teissedre, P. L., Monti, J. P., & Glories, Y. (2007). Anthocyanone A: a quinone methide derivative resulting from malvidin 3-O-glucoside degradation. *Journal of*



- Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2698–2704. <https://doi.org/10.1021/jf062875o>
- Loureiro, V. (2003). Spoilage yeast in the wine industry. *International Journal of Food Microbiology*, 86, 23–50. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00246-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00246-0)
- Mancha, C., Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., & Pérez-Coello, M. S. (2013). Accelerated Aging against Conventional Storage: Effects on the Volatile Composition of Chardonnay White Wines. *Journal of Food Science*, 78(4). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12077>
- Martínez, J. A., Melgosa, M., Pérez, M. M., Hita, E., & Negueruela, A. I. (2001). Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines. *Food Science and Technology International*, 7(5), 439–444. <https://doi.org/10.1106/VFAT-5REN-1WK2-5JGQ>
- McKay, M., & Buica, A. (2020). Factors influencing olfactory perception of selected off-flavourcausing compounds in red wine-A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(1), 56–71. <https://doi.org/10.21548/41-1-3669>
- National Center for Biotechnology Information (2026). PubChem Compound Summary for CID 931, Naphthalene. Retrieved August 29, 2026 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Naphthalene>.
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez-alonso, S., García-romero, E., Miquel, J., Hermosín-gutiérrez, I., & Zamora, F. (2016). Influence of the botanical origin and toasting level on the ellagitannin content of wines aged in new and used oak barrels. *Food Research International*, 87, 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.016>
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez, S., García, E., Joan, R., Canals, M., Hermosín, I., & Zamora, F. (2018). Influence of the volatile substances released by oak barrels into a Cabernet



Sauvignon red wine and a discolored Macabeo white wine on sensory appreciation by a trained panel. *European Food Research and Technology*, 244(2), 245–258.

<https://doi.org/10.1007/s00217-017-2951-x>

Nevares, I., & Álamo-Sanza, M. (2015). Oak stave oxygen permeation: a new tool to make barrels with different wine oxygenation potential. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(4), 1268–1275. <https://doi.org/10.1021/jf505360r>

Nevares, I., & Álamo-Sanza, M. (2016). Wine aging technologies. In A. M. Jordão & F. Cosme (Eds.), *Recent advances in wine stabilization and conservation technologies* (pp. 209–246).

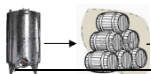
Nevares, I., Mayr, T., Baro, J. A., Ehgartner, J., Crespo, R., & Álamo-Sanza, M. (2016). Ratiometric oxygen imaging to predict oxygen diffusivity in oak wood during red wine barrel aging. *Food and Bioprocess Technology*, 9(6), 1049–1059. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1695-0>

Ortega-Heras, M., González-Sanjosé, M. L., & González-Huerta, C. (2007). Consideration of the influence of aging process, type of wine and oenological classic parameters on the levels of wood volatile compounds present in red wines. *Food Chemistry*, 103(4), 1434–1448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.060>

Palomero, F., Bertani, P., Fernández De Simón, B., Cadahía, E., Benito, S., Morata, A., & Suárez-Lepe, J. A. (2015). Wood impregnation of yeast lees for winemaking. *Food Chemistry*, 171, 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.108>

Pascal, R., Denis, D., & Bernard, D. (2000). Handbook of enology Volume 2. In *Chemistry & ...* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1002/0470010363.fmatter>

Pereira, V., Albuquerque, F. M., Ferreira, A. C., Cacho, J., & Marques, J. C. (2011). Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating



conditions. *Food Research International*, 44(1), 71–76.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.011>

Pereira, V., Cacho, J., & Marques, J. C. (2014). Volatile profile of Madeira wines submitted to traditional accelerated ageing. *Food Chemistry*, 162, 122–134.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.039>

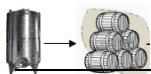
Perestrelo, R., Barros, A. S., Câmara, J. S., & Rocha, S. M. (2011). In-depth search focused on furans, lactones, volatile phenols, and acetals as potential age markers of Madeira wines by comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry combined with solid phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(7), 3186–3204. <https://doi.org/10.1021/jf104219t>

Pérez-Coello, M. S., González-Viñas, M. A., García-Romero, E., Díaz-Maroto, M. C., & Cabezudo, M. D. (2003). Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wines. *Food Control*, 14(5), 301–306. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00094-4)

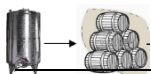
Pérez-Prieto, L. J., López-Roca, J. M., Martínez-Cutillas, A., Pardo-Mínguez, F., & Gómez-Plaza, E. (2003). Extraction and formation dynamic of oak-related volatile compounds from different volume barrels to wine and their behavior during bottle storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5444–5449. <https://doi.org/10.1021/jf0345292>

Petit, E., Jacquet, R., Laurent, P., Deffieux, D., & Quideau, S. (2019). Reactivity of wine polyphenols under oxidation conditions: Hemisynthesis of adducts between grape catechins or oak ellagitannins and odoriferous thiols. *Tetrahedron*, 75, 551–560.
<https://doi.org/10.1016/j.tet.2018.11.071>

Ramirez Ramirez, G., Lubbers, S., Charpentier, C., Feuillat, M., & Chassagne, D. (2001). Aroma



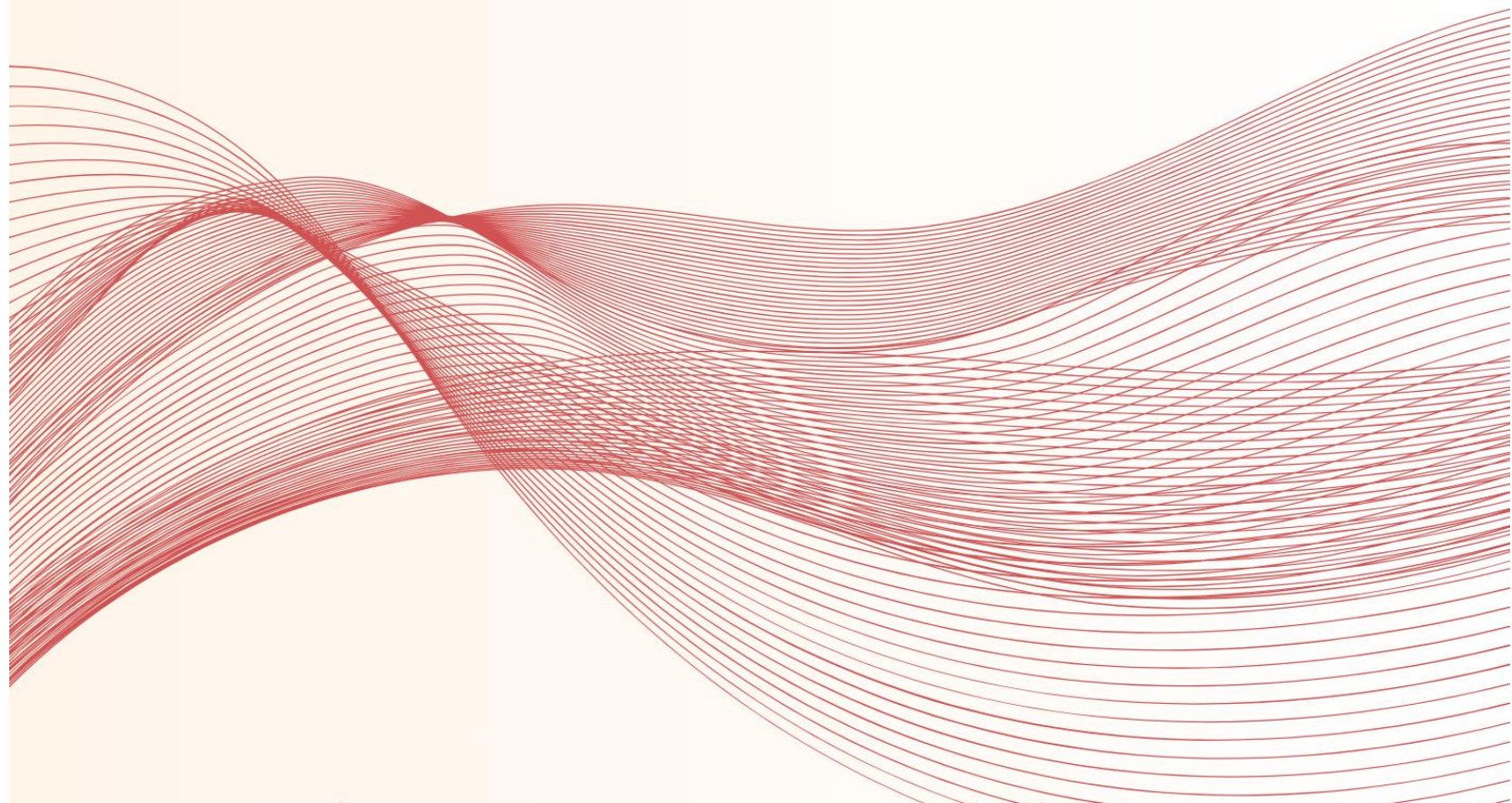
- compound sorption by oak wood in a model wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3893–3897.
- Rentzsch, M., Wilkens, A., & Winterhalter, P. (2009). Non-flavonoid phenolic compounds. In *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 509–521). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- Rienzo, J. A. Di, & Casanoves, F. (2012). *Modelos Lineales Mixtos InfoStat*.
- Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S., & Trengove, R. D. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347.
- Rubio-Bretón, P., Garde-Cerdán, T., & Martínez, J. (2018). Use of oak fragments during the aging of red wines. Effect on the phenolic, aromatic, and sensory composition of wines as a function of the contact time with the wood. *Beverages*, 4(1–20).
<https://doi.org/10.3390/beverages4040102>
- Ruiz De Adana, M., López, L. M., & Sala, J. M. (2005). A Fickian model for calculating wine losses from oak casks depending on conditions in ageing facilities. *Applied Thermal Engineering*, 25(5–6), 709–718. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.07.021>
- Spillman, P. J., Pollnitz, A. P., Liacopoulos, D., Pardon, K. H., & Sefton, M. A. (1998). Formation and Degradation of Furfuryl Alcohol, 5-Methylfurfuryl Alcohol, Vanillyl Alcohol, and Their Ethyl Ethers in Barrel-Aged Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 657–663.
<https://doi.org/10.1021/jf970559r>
- Versari, A., Parpinello, G. P., & Mattioli, A. U. (2007). Characterisation of colour components and polymeric pigments of commercial red wines by using selected UV-Vis spectrophotometric



- methods. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 6–10.
- Vivas, N., & Saint-Cricq de Gaulejac, N. (1998). Influence de la dure´e d'utilisation des barriques sur leurs apports aux vins. In *Actes du Colloque Sciences et Techniques de la Tonnellerie* (pp. 65–74). Bordeaux (France): Vigne et Vin publications Internationales.
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016a). Acids. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding wine chemistry* (pp. 19–33). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016b). Introduction. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 131–139). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016c). Isoprenoids. In *Understanding Wine Chemistry* (pp. 68–76).
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016d). Sulfure dioxide. In *Understanding Wine Chemistry* (pp. 140–148). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, Andrew L, & Towey, J. P. (1994). *Oak Lactone Isomer Ratio Distinguishes between Wines Fermented in American and French Oak Barrels*. 1971–1974.
- Wilkinson, K. L., Prida, A., & Hayasaka, Y. (2013). Role of glycoconjugates of 3-methyl-4-hydroxyoctanoic acid in the evolution of oak lactone in wine during oak maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 4411–4416. <https://doi.org/10.1021/jf400175h>
- Zamora, F. (2019). Barrel Aging; Types of Wood. In *Red Wine Technology* (pp. 125–147). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00009-8>

Capítulo V

EVOLUCIÓN QUÍMICA Y SENSORIAL DE VINOS MALBEC CONSERVADOS EN BOTELLAS CON DISTINTOS CIERRES Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO, PROVENIENTES DE BARRICAS NUEVAS Y USADAS.

A decorative graphic consisting of numerous thin, overlapping red lines that flow and curve across the middle of the page, creating a sense of movement and depth.

*“Todo el mundo sirve primero el buen vino, y
después, cuando han bebido bien, el menos
bueno; pero tú has conservado el buen vino
hasta este momento” (Jn 2,10)*



V.1 Introducción

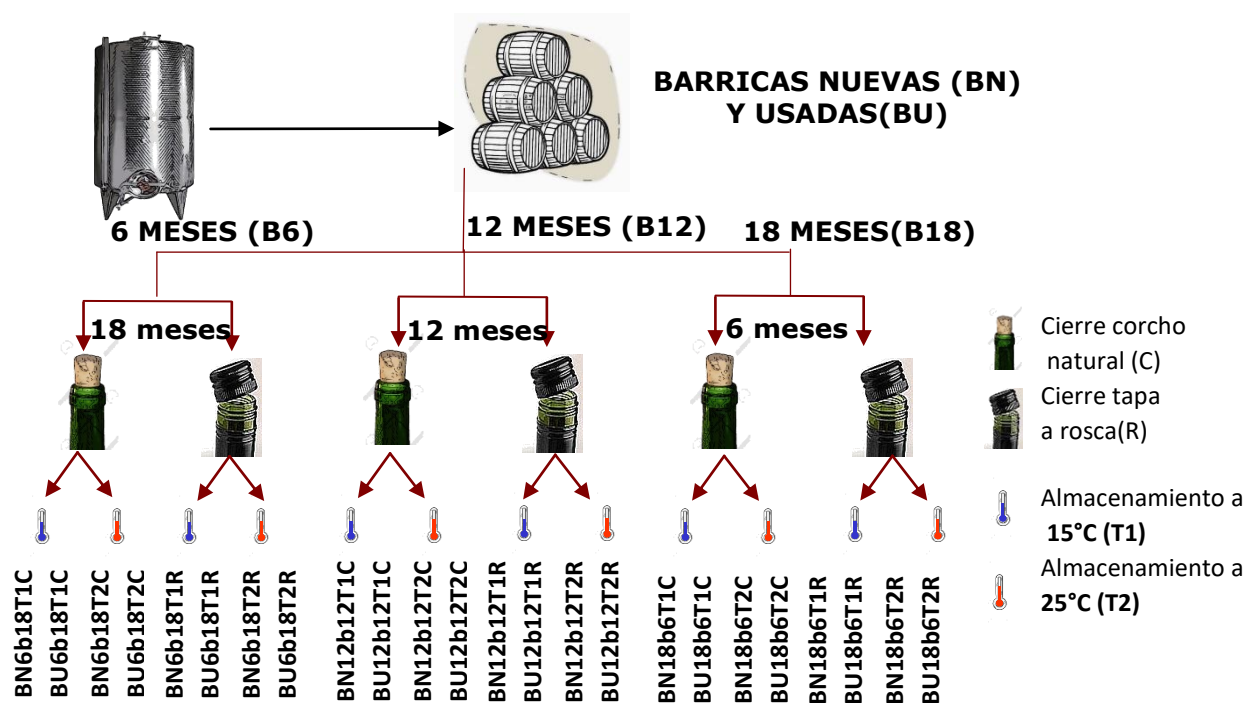
La maduración del vino que combina el uso de la bodega y la botella, es una práctica muy extendida en el proceso enológico. Por un lado, durante la guarda en bodegas se extraen una multiplicidad de compuestos fenólicos y odorantes que dan complejidad al vino. Por otro lado, si este vino previamente añejado en bodegas es posteriormente almacenado en botellas hasta ser consumido, muchos analitos, pueden transformarse por diferentes reacciones químicas que acontecen en este medio reductor. En estos dos procesos madurativos, existen una multiplicidad de factores e interacciones que afectan a la evolución del vino. Entre los más estudiados se encuentran, origen, tostado, uso de la bodega, tiempo de conservación en bodegas y tipo de vino (Garde et al., 2010; Navarro et al., 2018; Rodríguez-Rodríguez & Gómez-Plaza, 2011), tiempo, temperatura y tipo de cierre empleado durante almacenamiento de las botellas (Cejudo-Bastante et al., 2013; Han et al., 2015; Scrimgeour et al., 2015), entre otros.

Pocos estudios abordan el efecto conjunto de los múltiples factores que gobiernan la maduración bodega-botella. Álamo-Sanza & Nevares Domínguez (2006), analizaron el efecto combinado del uso de maderas de diferentes orígenes (americana, francesa y húngara) y de diferentes formas (bodegas, duelas o chips) sobre la composición de antocianos durante la evolución en botella de vino tinto Cigales. Sin embargo, aún no se han observado estudios comparativos de la evolución en la composición química y el perfil sensorial de vinos Malbec (Mendoza, Argentina) conservados en botella y madurados previamente en bodegas. Es por eso, que a fin de conocer mejor el comportamiento de este varietal en la etapa de añejamiento, se llevó a cabo el siguiente estudio que contempla en forma conjunta, múltiples factores involucrados en la conservación bodega-botella.

El ensayo se realizó según muestra la Figura V.1. Una parte del vino añejado en bodegas nuevas (BN) y usadas (BU), se conservó en botellas transparentes de 0,75L. Los fraccionamientos se realizaron a los 6 meses de conservación en bodegas (B6) nuevas (BN6) y usadas (BU6), 12 meses (B12) en bodegas nuevas



(BN12) y barricas usadas (BU12) y a los 18 meses (B18) del añejamiento en barricas nuevas (BN18) y barricas usadas (BU18). Los vinos fueron almacenados en botella (b) Los cierres utilizados en los fraccionamientos fueron: corcho natural (C), y rosca (R). Las botellas se almacenaron en dos cámaras termostáticas a 15°C (T1) y 25°C (T2). Los tiempos que permanecieron almacenados en botellas fueron 18 meses para los vinos B6 (B6b18), 12 para los vinos B12 (B12b12) y 6 meses para los vinos B18 (B18b6). Resultaron un total de 24 tratamientos (Figura V.1).



24 tratamientos que combinan la multiplicidad de factores

Fig. V.1. Esquema del ensayo realizado para la evaluación de los cambios químicos y sensoriales durante la conservación en botellas de vinos provenientes del añejamiento en barricas.

A continuación, se exponen los resultados del ensayo que cuyo objetivo fue evaluar las transformaciones químicas y sensoriales producidas durante la conservación de vinos Malbec,



provenientes de barricas (nuevas y barricas usadas), en botella con tapa rosca y corcho natural, y a dos temperaturas (15°C y 25 °C).

V.2 Parámetros generales

La Tabla V.1 muestra el nivel de significancia (p) y el porcentaje de varianza explicada (Var %) de los factores estudiados y sus respectivas interacciones sobre la evolución de los parámetros enológicos generales, durante diferentes periodos de almacenamiento en botella de los vinos Malbec, procedentes de la guarda en barricas. Se considera que un factor o interacción de factores produce un efecto estadísticamente significativo sobre una variable respuesta, cuando su valor de probabilidad (p) es menor a 0,05. Asimismo, un factor o interacción de factores es relevante para la variable en estudio, cuando el porcentaje de varianza explicada (Var %) es mayor que la varianza residual o Error %. El criterio del porcentaje de varianza explicada se tomó según los ejemplos de aplicaciones aportados por los manuales del programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2012; Rienzo & Casanoves, 2012).

Tabla V.1. Efecto del uso de la barrica, tipo de cierre, temperatura, tiempo de conservación en botella sobre los parámetros enológicos generales de vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas.

Variables		Factores ^{a,b}							Interacciones de los factores ^b								Error
		c	T	B	t	c:T	C:B	c:t	T:BK	T:t	BK:t	c:T:B	c:T:t	c:B:t	T:B:t	c:T:B:t	
B6b18	Etanol	p	0,9071	0,0157	0,0001	0,0001	0,8034	0,7965	0,0002	0,0736	0,0636	0,173	0,264	0,6849	0,0636	0,0478	0,745
	(% v/v)	Var %	0,00	0,12	65,83	23,61	0,00	0,00	1,31	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,23	1,41	0,00
	pH	p	0,0191	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,251	0,0203	0,442	0,0001	0,0087	0,667	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
		Var %	0,00	0,00	2,11	90,11	0,34	0,00	0,00	0,00	1,98	0,00	0,00	0,10	0,00	0,32	2,13
	Acidez volátil	p	0,5638	0,1461	0,0042	0,0001	0,7383	0,0256	0,9150	0,2132	0,1742	0,6956	0,0533	0,0333	0,4713	0,0001	0,979
	(g.L ⁻¹)	Var %	0,00	0,00	0,18	94,86	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,24	3,62
	Acidez total	p	0,0034	0,7051	0,0001	0,0001	0,0018	0,6015	0,0754	0,0065	0,0505	0,0009	0,1079	0,0001	0,0003	0,0123	0,2076
	(g.L ⁻¹)	Var %	0,04	0,00	2,24	91,19	0,18	0,00	0,00	0,16	0,00	0,68	0,00	0,47	0,00	1,77	3,27
	Ácido tartárico	p	0,6765	0,0074	0,0001	0,0001	0,0001	0,1316	0,6305	0,0001	0,0050	0,0001	0,4710	0,0001	0,0144	0,0028	0,0238
	(g.L ⁻¹)	Var %	0,00	0,00	1,41	88,98	0,62	0,00	0,00	0,70	0,00	2,46	0,00	0,37	0,00	0,27	1,86
	SO ₂ libre	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0012	0,0007	0,0001	0,9061	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3878	0,0001	0,0246
	(mg.L ⁻¹)	Var %	0,37	7,25	5,20	79,28	0,24	0,04	0,03	0,00	1,95	2,39	0,00	0,12	0,49	1,52	0,00
	SO ₂ total	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0116	0,0012	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1535	0,0001	0,0001
	(mg.L ⁻¹)	Var %	0,05	5,94	1,67	84,83	0,00	0,00	0,00	0,45	5,29	0,96	0,00	0,00	0,16	0,05	0,23



B12b12	Etanol (% v/v)	p	0,5054	0,8318	0,0001	0,0001	0,2875	0,5054	0,9418	0,8318	0,8985	0,7856	0,5224	0,9173	0,4597	0,7460	0,1851	
		Var %	0,00	0,00	79,23	15,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,97
	pH	p	0,1641	0,0002	0,0095	0,0001	0,8705	0,0591	0,8205	0,1417	0,5033	0,8328	0,9740	0,4214	0,7080	0,9219	0,6893	
		Var %	0,00	1,65	4,44	83,54	0,00	0,02	0,00	0,21	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,05
	Acidez volátil (g.L ⁻¹)	p	0,8600	0,0157	0,1558	0,0001	0,5974	0,0320	0,0012	0,0597	0,0006	0,2144	0,9617	0,0290	0,3581	0,3113	0,0461	
		Var %	0,00	0,00	0,00	93,02	0,00	0,06	0,29	0,19	1,18	0,29	0,00	0,38	0,00	0,12	0,34	4,14
	Acidez total (g.L ⁻¹)	p	0,9999	0,0114	0,0004	0,0001	0,1800	0,5732	0,9053	0,1993	0,1042	0,1531	0,9999	0,1659	0,3930	0,8800	0,4686	
		Var %	0,00	0,21	2,15	91,79	0,00	0,00	0,00	0,08	0,60	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,39
	Ácido tartárico (g.L ⁻¹)	p	0,3840	0,7081	0,2928	0,0001	0,1789	0,2326	0,2488	0,8867	0,0188	0,3888	0,7597	0,4765	0,0925	0,6912	0,0770	
		Var %	0,00	0,00	0,65	46,43	0,00	0,00	0,00	0,00	6,08	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,56
	SO ₂ libre (mg.L ⁻¹)	p	0,0001	0,0001	0,0130	0,0001	0,0189	0,3524	0,0001	0,0152	0,0001	0,5804	0,0585	0,0010	0,8664	0,0001	0,0001	
		Var %	1,16	6,31	1,08	73,88	0,19	0,00	0,00	0,00	10,92	0,00	0,00	0,51	0,00	2,35	1,12	2,47
B18b16	Etanol (% v/v)	p	0,0221	0,0139	0,0001	0,0001	0,5243	0,9999	0,2722	0,3122	0,3265	0,3550	0,9999	0,0625	0,0080	0,1445	0,0104	
		Var %	0,03	0,62	33,47	53,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	11,36
	pH	p	0,1100	0,0001	0,0786	0,0001	0,0044	0,6858	0,2525	0,2215	0,0001	0,2296	0,0522	0,0057	0,2054	0,0717	0,1587	
		Var %	0,00	1,07	0,87	72,65	0,65	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00	0,11	1,53	0,00	1,77	0,57	12,83
	Acidez volátil (g.L ⁻¹)	p	0,0014	0,0001	0,0150	0,0001	0,0914	0,4766	0,0006	0,0045	0,0001	0,1152	0,0238	0,0208	0,2668	0,0504	0,0018	
		Var %	0,00	0,00	0,99	82,57	0,00	0,00	0,81	0,53	3,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	1,67	8,54
	Acidez total (g.L ⁻¹)	p	0,0175	0,0001	0,3138	0,0001	0,8368	0,0001	0,1591	0,6952	0,0001	0,8373	0,0001	0,7197	0,0001	0,0151	0,0001	
		Var %	0,00	5,10	0,00	57,45	0,00	1,49	0,00	0,00	10,57	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	7,93	16,73
	Ácido tartárico (g.L ⁻¹)	p	0,1314	0,0010	0,6114	0,0001	0,2290	0,0311	0,5995	0,2417	0,0002	0,0144	0,1374	0,5092	0,1360	0,0315	0,5021	
		Var %	0,00	0,00	0,00	56,58	0,00	0,36	0,00	0,00	13,54	3,02	0,55	0,00	0,00	7,64	0,00	18,30

^a Factores: tipo de cierre (c), temperatura de conservación (T), uso de la bodega (B), tiempo de guarda en botella (t). Para vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente (B6b18, B12b18 y B18b6).

^b Valores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo. Valores en negrita representan factores o interacción de factores cuya varianza explicada porcentual (Var %)> Error residual porcentual (Error).

Tanto para los vinos B6b18, B12b12 y B18b6 el tiempo de conservación modificó el porcentaje de etanol, el pH, la acidez total y volátil y la concentración de ácido tartárico. Esto es porque el factor tiempo además de ser significativo, explica ampliamente las variaciones observadas (%Var> Error) (Tabla V.1). Mientras que la variación en el contenido de anhídrido sulfuroso en los vinos B6b18 y B12b12 dependió de la interacción de los factores T:t. Por otra parte, debido a que los vinos B18b6 solamente se conservaron seis meses en botella, las mediciones anhídrido sulfuroso no fueron lo suficientes para evaluar su variación en el tiempo.

Los valores medios de los parámetros enológicos de la evolución de todos los tratamientos evaluados, se presentan en el Anexo V.1.

Se observó que el factor cierre no afectó en la evolución de los parámetros enológicos de los vinos en botellas. Ya que, si bien presentó p valores <0,05, la variabilidad de los parámetros no se debería al



tipo de cierre utilizado porque el %Var no superó al Error Tabla V.1. Esto fue observado para todos los vinos, independientemente del tiempo que permanecieron en las barricas.

En cuanto al contenido de etanol, se observó que, si bien existieron algunos momentos donde su concentración varió significativamente, en general, los valores medios se mantuvieron constantes (Anexo V.1) en $14,06 \pm 0,13$ %v/v, $14,13 \pm 0,14$ %v/v y $14,33 \pm 0,16$ %v/v para los vinos B6b18 (Figura V.2A), B12b12 (Figura V.2B) y B18b6 (Figura V.2C) respectivamente. Asimismo, la variabilidad en el contenido de etanol se explica en un 65,83, 79,23 y 33,47 % por el uso de la barrica (Tabla V.1). Para los vinos procedentes de BN la concentración de etanol fue de $13,97 \pm 0,09$, $14,02 \pm 0,08$ y $14,25 \pm 0,15$ %v/v para los vinos B6b18, B12b12 y B18b6 respectivamente, mientras que, para los procedentes de BU, $14,16 \pm 0,10$, $14,25 \pm 0,07$ y $14,41 \pm 0,13$ v/v. Estos resultados están asociados a las diferencias en el contenido de etanol durante la evolución de vinos en barricas nuevas y usadas de la Sección IV.1 del Capítulo IV. La utilización de BU favorecía a un mayor contenido de etanol respecto a las BN ya que la presencia de sales de tartrato, coloides, y materia colorante en barricas de re-uso, limitan la difusión de etanol a través de la madera (Garde et al., 2002; Zamora, 2019).

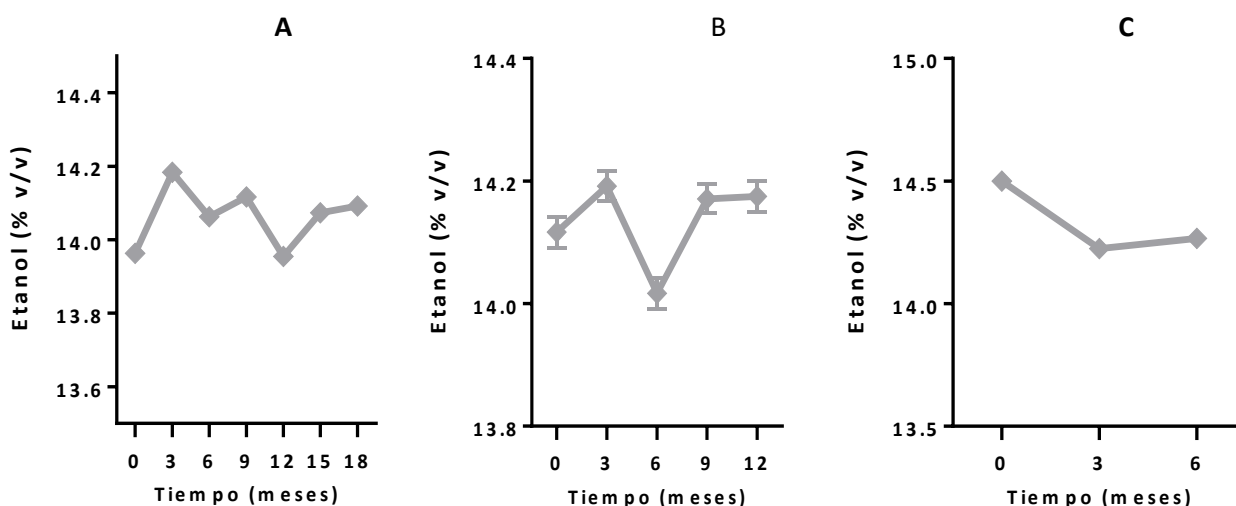
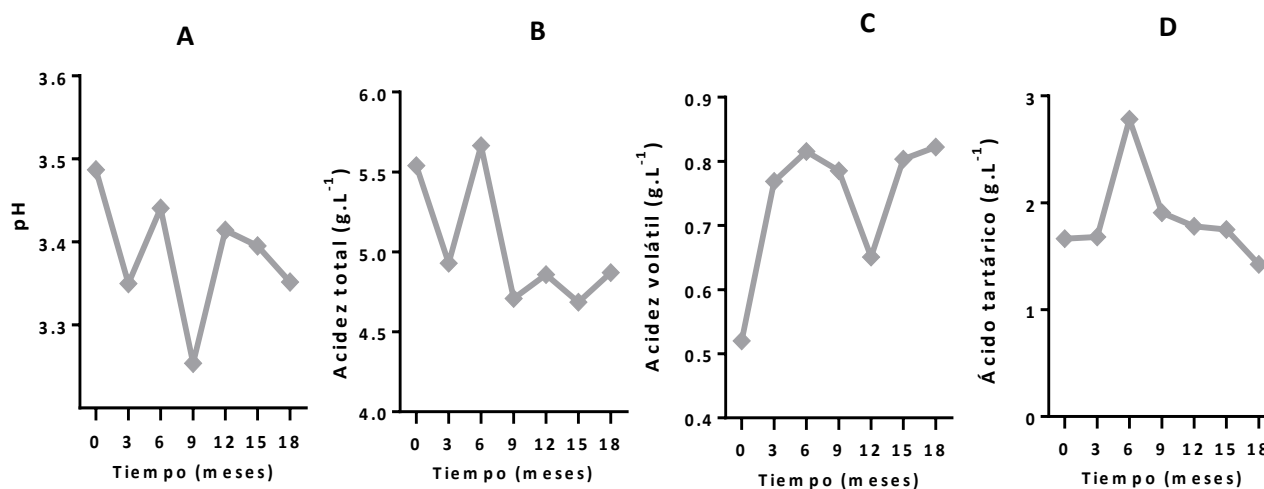


Fig. V.2. Evolución del contenido de etanol (%v/v) de vinos Malbec durante el tiempo de conservación en botella. Vinos provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (B6b18, A), 12 (B12b18, B) y 6 meses en botella respectivamente (B18b6, C). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1



Por otra parte, el pH de los vinos B6b18 (Figura V.3A) y B12b12 (Figura V.3E), presentaron un descenso significativo entre el inicio y el final de la conservación en botella. Al final del proceso, el descenso observado, en relación a los valores iniciales, fue de 0,14 y 0,13 unidades de pH para los B6b18 y B12b12 respectivamente. En el caso de los vinos B6b18 y B12b12 podría relacionarse con el incremento significativo en acidez volátil (Figuras V.3C y V.3G respectivamente), posiblemente por procesos de oxidación química (Clarke & Bakker, 2004a). Asimismo, la disminución del pH en los vinos B6b18 también podría relacionarse con la disminución de la concentración de ácido tartárico entre el inicio y el final del proceso (Figura V.3D), por posible formación de sales de tartrato de potasio. Cuando se produce la precipitación de sales de bitartrato de potasio (KHT), el medio tiende a reestablecer el equilibrio termodinámico y el ácido tartárico (H_2T) se disocia, lo que disminuye su concentración, y aumentan las concentraciones HT^- (disponibles para la formación de sales de KHT) y de iones hidronio que provocarían una disminución del pH del vino (Boulton et al., 1999; Waterhouse et al., 2016a). Por otra parte, en los vinos B18b6 el descenso en el pH fue significativo entre los 3 y 6 meses (Figura V.3I), que podría asociarse al aumento de acidez volátil que también se observó en ese periodo (Figura V.3K).



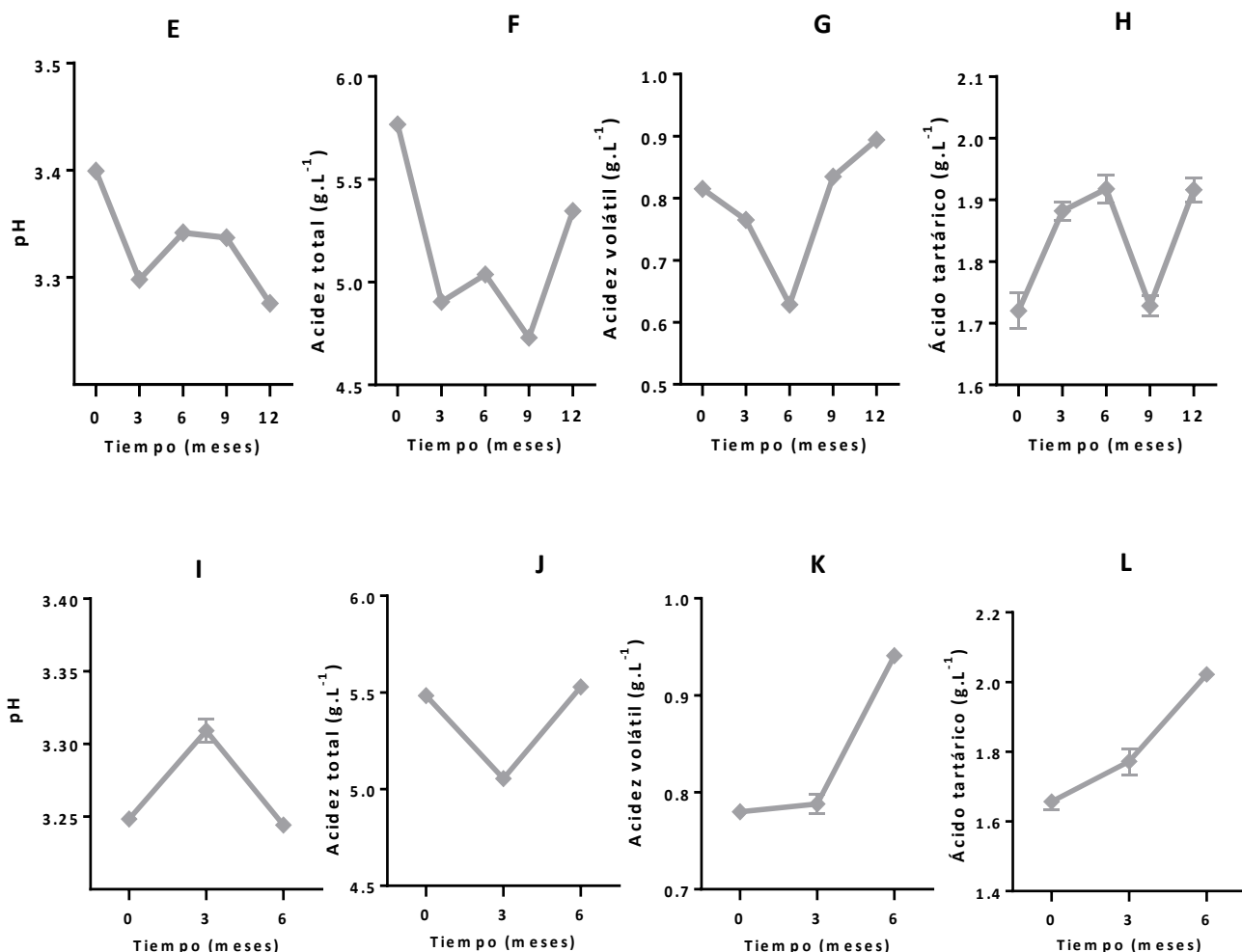


Fig. V.3. Evolución de variables asociadas a la acidez de vinos Malbec durante el tiempo de conservación en botella. pH, acidez total y volátil y contenido de ácido tartárico de vinos provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (**B6b18, A, B, C y D**), 12 (**B12b18, E, F, G y H**) y 6 meses en botella respectivamente (**B18b6, I, J, K, y L**). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1

La modificación del contenido de anhídrido sulfuroso presentó similar comportamiento a los vinos que fueron conservados en botella sin almacenamiento en bodega (Sección III.2 del Capítulo III). El efecto de la interacción de los factores temperatura y tiempo fue significativo y explica la varianza de los datos (Tabla V.1). Los vinos B6b18 (Figura V.4A) y B12b12 (Figura V.4B) presentaron en todos los momentos de muestreo, menores concentraciones de anhídrido sulfuroso cuando se almacenaron a 25°C que a 15°C. Las mayores temperaturas de conservación promoverían diversas reacciones, como



la formación de flavanoles monosulfonados, la reacción entre el peróxido de hidrógeno y metabisulfito y también el desplazamiento del equilibrio hacia la forma molecular (SO_2), respecto de la forma iónica (metabisulfito). Estas reacciones conducirían una menor disponibilidad de metabisulfito ($\text{SO}_{2\text{ libre}}$) a 25°C que a 15°C (Arapitsas et al., 2014; Karbowiak et al., 2010; Scrimgeour et al., 2015).

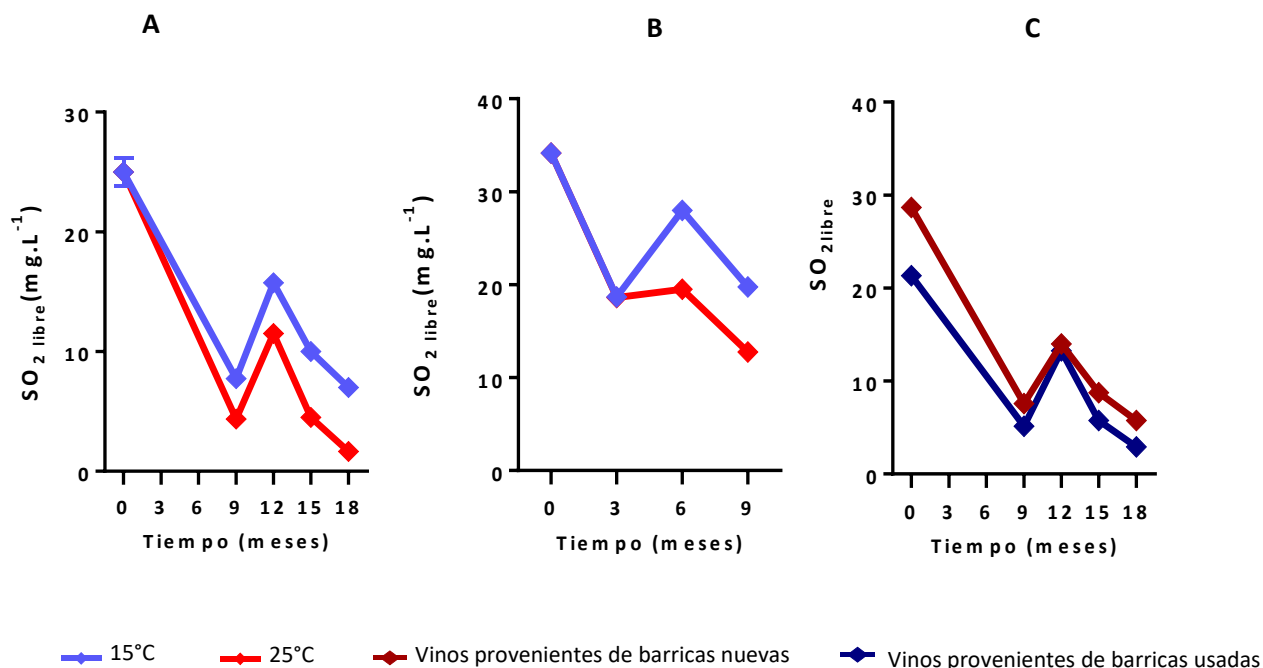


Fig. V.4. Efecto de la temperatura (**A y B**) y el tipo de barrica (**C**) sobre el anhídrido sulfuroso libre de vinos Malbec durante la conservación en botella de vinos provenientes de barricas. **B6b18**: vinos conservados durante 6 meses en barricas y 18 en botella (**A y C**) y **B12b18** vinos conservados durante 12 meses en barrica y 12 en botella (**B**). Los estudios seleccionados son aquellos cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1.

Finalmente, la interacción del uso de la barrica y el tiempo de conservación fue relevante en la evolución del anhídrido sulfuroso libre (Figura V.4C) para los vinos B6b18. Como se observa en esta gráfica, los vinos provenientes de barricas nuevas presentaron en el embotellado $7,34 \text{ mg.L}^{-1}$ más de SO_2 libre que en BU, pero a los 9 meses las concentraciones eran similares. Respecto a esto, Ancín, Garde, Torrea, y Jimenez (2004) encontraron que compuestos volátiles, que presentan grupo



carbonilos, como el 5-hidroximetilfurfural, vainillina y el siringaldehído se combinarían con el bisulfito. Es posible, que algunos compuestos odorantes con mayor disponibilidad en barricas nuevas, podrían estar reaccionando con el bisulfito del medio, hasta que finalmente (desde los 9 a los 18 meses de permanencia en botella) las concentraciones de bisulfito de ambos vinos (provenientes de barricas nuevas y usadas) tiendan a igualarse.

5.2 Análisis microbiológico

El Anexo V.2 muestra que en general, la mayoría de los vinos procedente de los diversos periodos de conservación en bodega y luego almacenados en botella, fueron estables microbiológicamente. Solamente los procedentes del añejamiento en barricas usadas durante 6 meses (B6b18) y luego almacenados a 15 y 25°C con cierre rosca y corcho natural, presentaron contaminación con levaduras *Brettanomyces*. La contaminación por *Brettanomyces* durante el envejecimiento de los vinos en barricas, es controlada por la adición de dióxido de azufre, que es antiséptico. Una concentración de SO_2 libre de 30 mg.L^{-1} elimina el total de todas las poblaciones viables durante 30 días (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Por eso, el resto de los vinos procedentes de BU (BU12b12 y BU18b6) no presentaron este defecto, ya que se incrementó la dosis añadida de anhídrido sulfuroso durante la evolución del vino en las barricas (Sección IV.2 del Capítulo IV).

Se observó que existió un tratamiento que no permitió la multiplicación de estos microorganismos contaminantes en los vinos B6b12, esta fue la combinación de la utilización de tapa a rosca y temperatura de almacenamiento 25°C (Anexo V.2). Aunque, solamente el efecto del cierre respondería a las condiciones físicas que retardan la multiplicación de levaduras *Brettanomyces*, estas son bajas temperatura y baja disponibilidad de oxígeno en el medio, como lo es la tapa a rosca (Dagleish et al., 2007; Sua & Caldero, 2007).



El Anexo V.2 indica además la presencia de levaduras *Saccharomyces*, que podrían ser residuales al proceso de fermentación o la contaminación durante el embotellamiento. Este grupo microbiano forma parte de la microflora habitual presente en las bodegas (Loureiro, 2003). Además, como estos vinos presentaron, en el momento del embotellado, una concentración menor a 2 g.L^{-1} de azúcares reductores, no tuvieron riesgo de re-fermentación (Du Toit & Pretorius, 2000; Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2012). Asimismo, todos los vinos en que se encontró este grupo microbiano, no presentaron alteraciones organolépticas.

Finalmente, todos los vinos procedentes del añejamiento durante distintos periodos en BN y BU y luego conservados en botella a 15 y 25°C con C y R, no presentaron contaminaciones con bacterias acéticas y lácticas.

V.3 Evolución del contenido de oxígeno disuelto y en espacio de cabeza

La velocidad de flujo (F) del aire a través del cierre se explica por la ley de Fick, que es una integración de la misma adaptada al sistema en cuestión. En esta ecuación $[F = (706 \cdot d^3 \cdot v \cdot (p_{\text{int}} - p_{\text{ext}})) / (l \cdot T)]$, el ingreso de oxígeno es directamente proporcional al gradiente de presión parcial de oxígeno desde un sitio del material poroso al otro ($p_{\text{int}} - p_{\text{ext}}$), a la velocidad media de las partículas de gas (v), al diámetro de los poros del material (d) e inversamente proporcional al espesor del cierre utilizado (l) y a la temperatura del medio (T) (Karbowski et al., 2010). Asimismo, la velocidad media molecular de las partículas de gas es modificada por la temperatura según la siguiente relación $[v_{T1} = v_{T2} \cdot (T_1/T_2)^{1/2}]$.

Por otra parte, la concentración de oxígeno consumido total acumulado en el tiempo (TOC), se calculó según el balance propuesto por (Dimkou et al., 2011). Este resulta como la suma del oxígeno presente en el momento del embotellado y el oxígeno que entra en la botella a través del cierre durante el almacenamiento, menos el oxígeno total medido en cada momento del muestreo, que es el oxígeno que no ha sido consumido por el vino (Ecuación V.1). Como en nuestro estudio no se midieron las velocidades de ingreso de oxígeno, se utilizaron las indicadas por Silva, Julien, Jourdes,



& Teissedre, (2011) para rosca ($1\mu\text{L}/\text{día}=1,43 \text{ ppb}/\text{día}$ en CNPT) y corcho natural ($4\mu\text{L}/\text{día}=5,71 \text{ ppb}/\text{día}$ en CNPT) , considerando una presión atmosférica constante entre 15 y 25°C . Asimismo, las velocidades de ingreso de oxígeno para cada cierre, fueron corregidas para las temperaturas de almacenamiento (15 y 25°C) según la segunda relación propuesta del párrafo anterior.

$$\text{Ecuación V.1} \quad TOC_t = cOD_e + cHS_e + v * t - cOD_t - cHSO_t$$

Donde:

TOC= Es el total de oxígeno consumido en un momento t

$cOD_e + cHS_e$ = concentración de oxígeno disuelto y en espacio de cabeza respectivamente, en el momento del embotellado.

v : velocidad de oxígeno a través del cierre. Para corcho $7,62 \mu\text{g}/\text{día.L}$ a 25°C y $7,49 \mu\text{g}/\text{día.L}$ a 15°C .
Tapa a rosca $1,91 \mu\text{g}/\text{día.L}$ a 25°C y $1,87 \mu\text{g}/\text{día.L}$ a 15°C .

t : tiempo transcurrido (días) hasta el momento de la medición.

cOD_t y $cHSO_t$ = concentración del oxígeno residual disuelto y en espacio de cabeza respectivamente, para el momento t .

La Tabla V.2 muestra el nivel de significancia (p) y el porcentaje de varianza explicada (Var %) de los factores estudiados y sus respectivas interacciones sobre la evolución de las distintas variables asociadas a la disponibilidad y consumo de oxígeno, durante diferentes periodos de almacenamiento en botella del vino Mabec, procedentes de la guarda en barricas.



Tabla V.2. Efecto del uso de la barrica, tipo de cierre, temperatura, tiempo de conservación en botella sobre el oxígeno residual disponible [disuelto (cOD), en espacio de cabeza (cHSO), total (cOT= cOD + cHSO)] y consumido (TCO) en vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas.

			Factores ^{a,b}								Interacciones ^b								Error
			c	T	B	t	c:T	c:B	c:t	T:B	T:t	B:t	c:T:B	c:T:t	c:BK:t	T:B:t	c:T:B:t		
B6b18	cOD	p	0,0001	0,0001	0,8581	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	1,57	0,00	0,00	2,26	0,00	0,00	3,49	0,00	33,96	0,19	0,13	53,27	0,82	0,34	2,53	1,44	
	cHSO	p	0,0001	0,0001	0,2798	0,0001	0,0001	0,7715	0,0001	0,5263	0,0001	0,0001	0,5149	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	0,42	1,52	0,00	69,25	0,29	0,03	7,45	0,00	11,45	0,00	0,04	7,12	0,11	0,00	0,94	1,37	
	cOT	p	0,0001	0,0001	0,0711	0,0001	0,0001	0,0038	0,0001	0,0240	0,0001	0,0001	0,4051	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	1,44	0,00	0,00	41,42	0,00	0,00	48,25	0,00	5,04	0,22	0,00	1,19	1,28	0,23	0,59	0,35	
TOC	p	0,0001	0,0390	0,0001	0,0001	0,3845	0,0001	0,0001	0,9605	0,0001	0,0001	0,9854	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001			
	Var %	69,58	0,01	0,07	14,48	0,00	0,53	15,19	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06		
B12b12	cOD	p	0,0380	0,0333	0,4958	0,0001	0,3200	0,6614	0,0001	0,7251	0,0001	0,0001	0,7724	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	6,37	6,48	0,12	19,65	3,53	0,30	4,88	0,16	20,71	11,34	0,30	4,47	4,41	0,00	9,69	7,59	
	cHSO	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	2,89	5,57	0,00	47,53	0,00	0,45	13,13	0,32	16,76	0,42	0,17	5,80	0,75	0,00	6,21	0,00	
	cOT	p	0,0014	0,0005	0,1607	0,0001	0,2664	0,3277	0,0001	0,6291	0,0001	0,0001	0,7221	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
		Var %	4,23	5,56	0,33	53,04	1,18	0,63	5,09	0,11	9,62	4,94	0,10	0,00	8,18	0,00	4,58	2,40	
TOC	p	0,0001	0,0447	0,0001	0,0001	0,4745	0,0001	0,0001	0,8146	0,0001	0,0001	0,8629	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001			
	Var %	45,65	0,20	2,03	23,51	0,05	5,88	21,26	0,00	0,15	0,13	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,05		
B18b16	cOD	p	0,0001	0,0001	0,1868	0,0001	0,0001	0,1949	0,0001	0,4145	0,0001	0,0016	0,0965	0,0001	0,0064	0,0001	0,0111		
		Var %	3,11	6,99	0,00	35,23	5,26	0,00	3,73	0,00	29,85	0,32	0,17	9,75	0,00	0,38	0,95	4,25	
	cHSO	p	0,0009	0,0163	0,9320	0,0001	0,3423	0,8168	0,0001	0,4354	0,0001	0,0085	0,5828	0,0001	0,0008	0,0001	0,0094		
		Var %	4,33	2,13	0,00	58,18	0,52	0,00	19,42	0,14	7,02	0,00	0,30	4,53	0,00	0,00	0,39	3,04	
	cOT	p	0,0001	0,0001	0,5576	0,0001	0,0020	0,3411	0,0001	0,1754	0,0001	0,0043	0,1283	0,0001	0,0001	0,0001	0,0025		
		Var %	6,43	1,20	0,00	64,90	1,20	0,00	13,53	0,00	7,10	0,18	0,33	1,35	0,00	0,00	0,46	3,31	
TOC	p	0,0001	0,0001	0,0065	0,0001	0,1300	0,0001	0,0001	0,4626	0,0001	0,0085	0,9056	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023			
	Var %	31,64	0,54	0,00	40,72	0,21	1,24	22,77	0,04	1,33	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	1,37		

^aFactores: tipo de cierre (c), temperatura de conservación (T), uso de la barrica (B), tiempo de guarda en botella (t). Para vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente (**B6b18**, **B12b18** y **B18b6**).

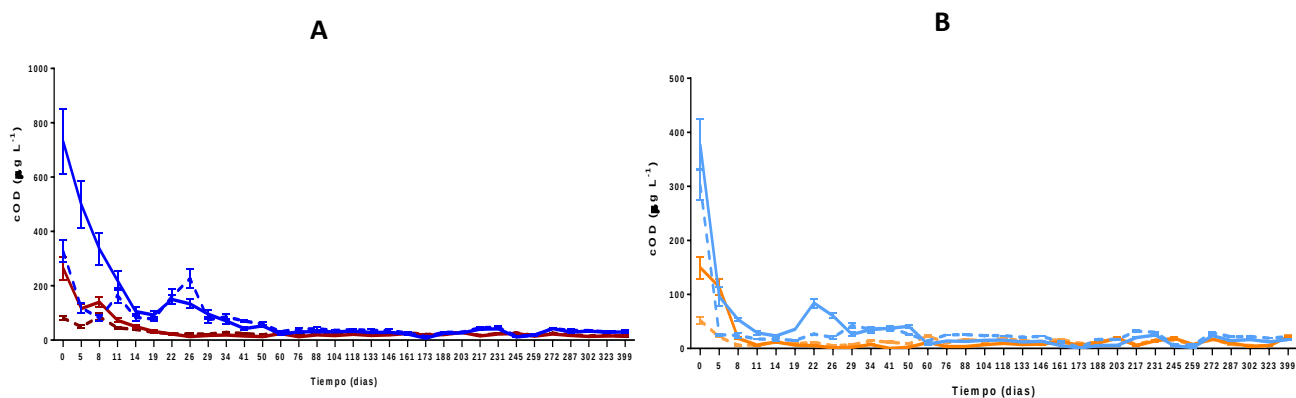
^bValores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo. Valores en negrita representan factores o interacción de factores cuya varianza explicada porcentual (Var %)> Error residual porcentual (Error).



En general se observó que las interacciones de los factores T:t y c:t fueron significativos y explicaron la variabilidad de la mayoría de las variables de los vinos Malbec que fueron conservados durante 18, 12 y 6 meses en botella. Con respecto a la interacción B:t solamente presentó una varianza mayor que el error residual en la evolución de los vinos conservados durante 12 meses en botella, provenientes del añejamiento durante 12 meses en barricas.

Como en general las variables relacionadas con el oxígeno en el vino, presentaron evoluciones similares entre los vinos B6b18, B12b12 y B18b6, se seleccionaron los vinos B12b12 para mostrar estas tendencias, ya que fueron los que todos los factores estudiados (c, T y B) y su interacción con tiempo, incidieron sobre la variabilidad de la mayoría de las variables estudiadas (cOD, CHSO, cOT y TOC).

La Figura V.5 muestra la evolución de las concentraciones de oxígeno disuelto (cOD), oxígeno en el espacio de cabeza (CHSO) y oxígeno total (cTO=cOD+CHSO) para los diferentes tratamientos estudiados. Como en estas variables, la interacción cuádruple de todos los factores (C:T:B:t) es relevante en la variabilidad de los datos (Tabla V.2), se representaron la interacción triple B:T:t para los dos tipos de cierre utilizados (C y R). En tanto que, para el TOC solo se analizan las interacciones dobles de los factores con el tiempo, ya que la interacción cuádruple carece de importancia (Figura V.6 y Tabla V.2).



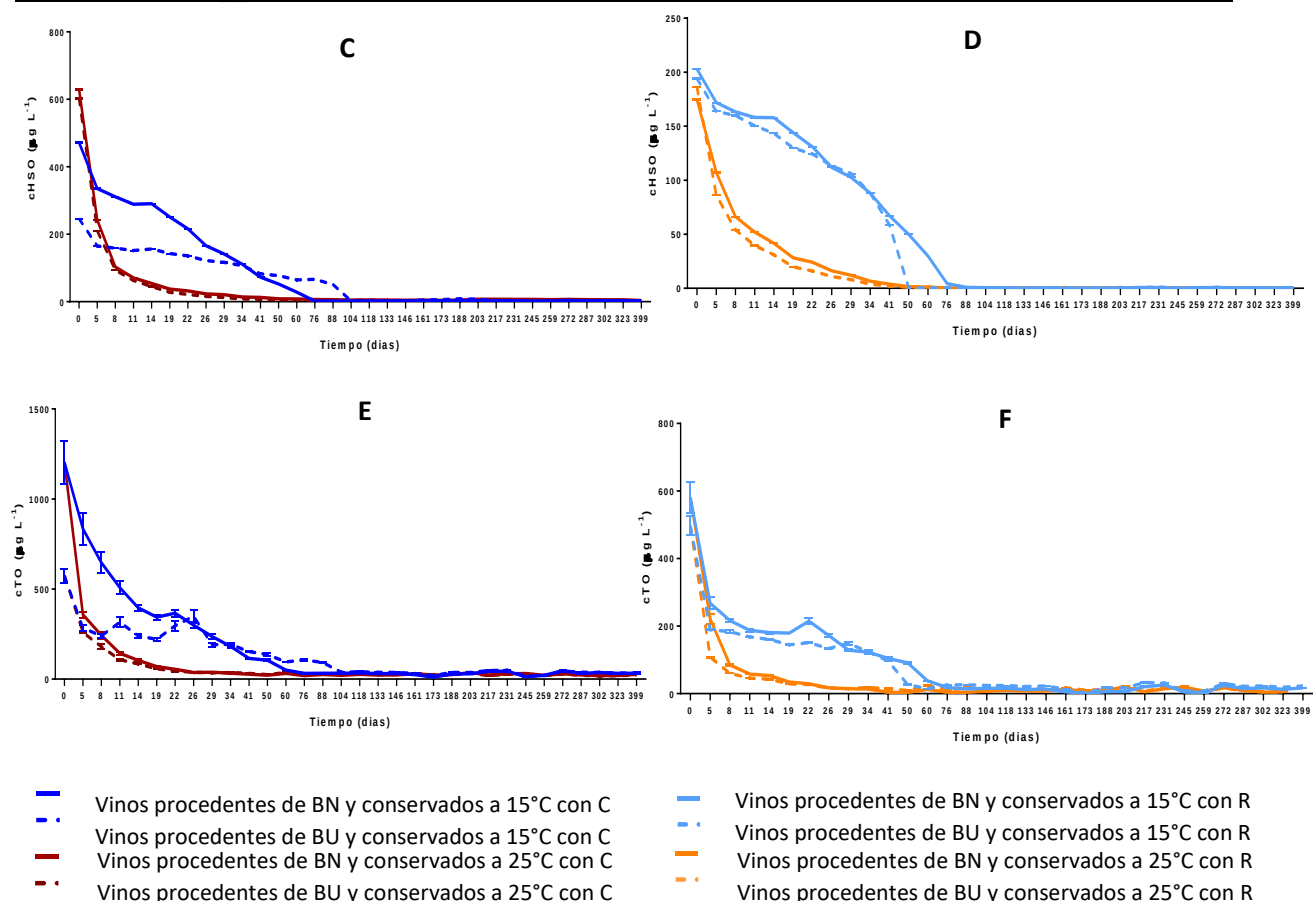


Fig. V.5. Evolución del oxígeno disponible de vinos Malbec conservados durante 12 meses en barricas nuevas (BN) y usadas (BU) y 12 meses en botella sellados con corcho natural (C) y rosca (R) a 15 y 25°C. Evolución del oxígeno disuelto (A, B), oxígeno en el espacio de cabeza (C, D) y oxígeno total (E, F) para C y R respectivamente.

En general, en todos los tratamientos (Figura V.5A, V.5B, V.5C y V.5D), se observó que cOD y cOHS decrecieron según el tiempo de conservación aumentó, concordando con los resultados presentados por Dimkou et al. (2011) y P. Lopes, Saucier, Teissedre, & Glories (2007). El descenso de cOD y cOHS durante el período de conservación mostró un patrón de comportamiento formado por 2 fases: a) en la primera, cOD y cOHS disminuyeron exponencialmente; b) en la segunda, cOD y cOHS se mantuvieron prácticamente constantes. La primera fase pone en evidencia que el sistema fuera del equilibrio termodinámico evoluciona hasta alcanzarlo. La segunda fase muestra que el equilibrio termodinámico ha sido establecido en el sistema. Por otro lado, se observa que el tiempo en el cual dicho equilibrio se alcanza depende de las condiciones de conservación de cada tratamiento en



particular. Asimismo, en la primera fase prevalecería la disolución de oxígeno desde la fase gaseosa a la líquida (descenso en CHSO), mientras que en la segunda, procesos de consumo de oxígeno (Laurie et al., 2008; Ugliano, 2013)

En el momento del embotellado, las cOHS y cOT fueron significativamente mayores en los vinos que se cerraron con corcho natural ($487,90 \pm 158,51 \mu\text{g.L}^{-1}$ y $889,38 \pm 354,23 \mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente) que con rosca ($189,51 \pm 10,82 \mu\text{g.L}^{-1}$ y $539,00 \pm 71,80 \mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente). Por otra parte, una vez alcanzado el equilibrio termodinámico, se observaron concentraciones significativamente mayores de cOD , CHSO y cOT los vinos sellados con corcho ($26,72 \pm 9,31 \mu\text{g.L}^{-1}$; $5,34 \pm 9,87 \mu\text{g.L}^{-1}$ y $32,06 \pm 14,89 \mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente) que con rosca vinos con tapa a rosca ($14,31 \pm 7,28 \mu\text{g.L}^{-1}$; $0,49 \pm 0,51 \mu\text{g.L}^{-1}$ y $14,88 \pm 7,39 \mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente). Esto se debería a que el corcho natural presenta mayor permeabilidad al aire que la tapa a rosca, provocando que la presión parcial de oxígeno en el espacio de cabeza sea mayor en el primer caso que en el segundo. De esta forma se rompe el equilibrio entre cOHS y cOD y, para reestablecerlo, el oxígeno del espacio de cabeza difunde a la fase líquida, lo que conduciría a una mayor disponibilidad de oxígeno disuelto y total en vinos con cierre C que R. Similares resultados han sido observados por Godden et al., (2005), Hopfer et al., (2012), Kilmartin, (2009) y Paulo Lopes et al., (2007).

Asimismo, independientemente del tipo de cierre empleado, los vinos mantenidos a 15°C mostraron cOD mayores que a 25°C , y esto se debería a que por un lado la constante de disolución de oxígeno en un líquido disminuye cuando la temperatura aumenta [$\Delta\text{H}_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}$ (298 K, 1 atm) $14,13 \text{ kJ.mol}^{-1}$, Karbowski et al., (2010)] y la presión parcial del gas se mantiene constante y por el otro lado, la temperatura de conservación impactaría en las reacciones químicas que consumen oxígeno. El efecto de la temperatura puede observarse en la Figura V.5, ya que, el tiempo para alcanzar el equilibrio termodinámico en las cOD , CHSO y cOT sería de 15 días para los vinos almacenados a 25°C , y 60 para los de 15°C .



La Figura V.6 muestra el total de oxígeno consumido (TOC) durante la evolución de los vinos en botella. Un 21, 26 % de la varianza del TOC es explicado por la interacción de los factores cierre y tiempo (c:t), (Figura V.6A y Tabla V.2). Según se observa en la gráfica, el total de oxígeno consumido acumulado fue siempre mayor en los vinos cerrados con C que con R. Esto se debería a las diferencias de permeabilidades al oxígeno entre estos cierres que impactarían en la disponibilidad de oxígeno para ser consumido. Si bien las máximas diferencias observadas en el TOC acumulado entre ambos cierres fueron de 3 mg.L^{-1} , este consumo total no impactaría en las variables químicas y sensoriales analizadas, ya que los vinos Malbec resultaron estables al tipo de cierre utilizado, lo que podría deberse a que los vinos Malbec poseen una alta composición fenólica, en comparación con otras variedades tintas, lo que generaría mayor resistencia a los procesos degradativos inducidos por la entrada de oxígeno a través de los tapones (Fanzone et al., 2010, 2012; Silva et al., 2011).

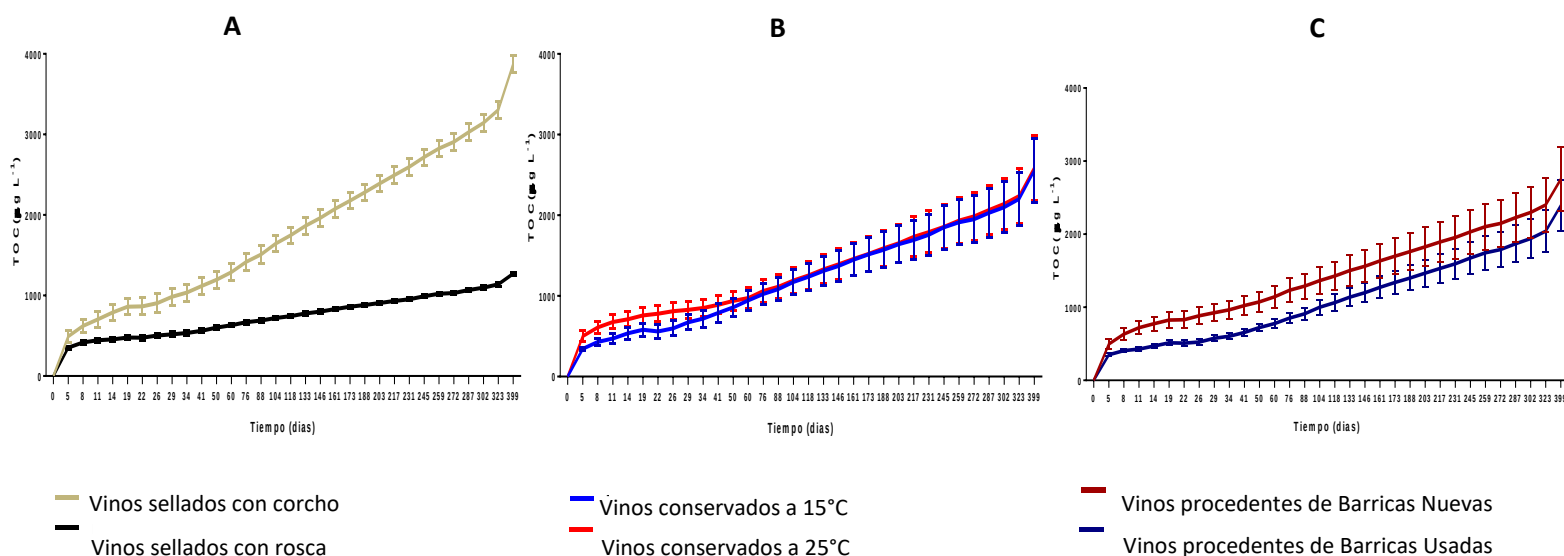


Fig. V.6. Evolución del oxígeno consumido de vinos Malbec según la interacción de factores con elevado porcentaje de varianza explicada (% Var). Para vinos conservados durante 12 meses en barricas nuevas (BN) y usadas (BU) y 12 meses en botella sellados con corcho natural (C) y rosca (R) a 15 y 25°C. Interacciones representadas, **(A)** cierre-tiempo de conservación en botellas (c:t), **(B)** temperatura-tiempo de conservación (T:t), **(C)** uso de la bodega-tiempo (B:t).



La Figura V.6B muestra el efecto de la interacción de los factores T:t sobre el TOC. En la Tabla V.2 se mostró que esta interacción es significativa pero no explica la variabilidad TOC ($\text{Var\%} < \text{Error}$). Asimismo, se observó una tendencia, durante el primer mes de almacenamiento, de un mayor consumo de oxígeno en los vinos conservados a 25°C que en los de 15°C. Esto estaría asociado al efecto de la temperatura en el descenso de las cOD, cHSO y cOT, menores concentraciones de oxígeno disponible, se debería a un mayor TOC por la Ecuación 1. Los vinos conservados a mayor temperatura lograron el equilibrio termodinámico más rápido que los almacenados a 15°C, ya que su consumo de oxígeno durante el primer mes fue superior también. Además, como se indicó en la Sección III.3 del Capítulo III, las reacciones entre el oxígeno y los compuestos presentes en el vino (compuestos fenólicos, anhídrido sulfuroso, compuestos volátiles, etc.) son procesos endotérmicos, por lo que mayores temperaturas de conservación generarían menores tiempos para establecer el equilibrio termodinámico (Karbowski et al., 2010; Mercali et al., 2013; Scrimgeour et al., 2015; Ugliano, 2013)

Considerando la interacción B:t (Figura V.6C), que, si bien no resultó de alta incidencia en la variabilidad del TOC, presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$; Tabla V.2), que mostrarían una tendencia de un mayor TOC en los vinos procedentes del añejamiento durante 12 meses en BN que los de BU. Esto podría deberse a que, los vinos de BN contienen mayor concentración de compuestos fenólicos capaces de reaccionar con oxígeno (taninos elágicos) que los vinos de BU, como ha sido demostrado por Cano-López, López-Roca, Pardo-Minguez, & Gómez Plaza (2010) y Navarro-Fernández (2017). Estas diferencias se observaron principalmente durante los 3 primeros meses de almacenamiento de las botellas.

V.4 Composición fenólica y color

La Tabla V.3 muestra el nivel de significancia (p) y el porcentaje de varianza explicada ($\text{Var \%}$) de los factores estudiados y sus respectivas interacciones en la evolución de la composición fenólica y el



color durante el almacenamiento del vino en botellas de los vinos Malbec, procedentes de la guarda en barricas. Los valores medios y los coeficientes de variación de la evolución de la composición fenólica y el color de todos los vinos evaluados, se muestran en el Anexo V.3. Pero para la discusión de resultados se considerarán los factores individuales o las interacciones, según Tabla V.3, que contribuyan a explicar la variabilidad de las variables estudiadas (factor o interacción relevante si el porcentaje de varianza explicada > Error residual porcentual).

Como se observa en la Tabla V.3, todos los factores evaluados (tipo de cierre, uso de la bodega, temperatura y tiempo de conservación en botellas) producirían un efecto significativo en la evolución de la composición fenólica y el color de los vinos que fueron conservados durante 6 meses en barricas y 18 meses en botellas (B6b18), 12 meses en barricas y 12 meses en botellas (B12b12) y 18 meses en barricas y 6 meses en botellas (B18b6). Aunque, para los vinos B6b18, los cambios observados en las variables, serían explicados principalmente por la interacción de ambos factores tiempo y temperatura de almacenamiento de los vinos (T:t).

Por otra parte, en cuanto a vinos B12b12, las variaciones en la concentración de antocianos, taninos y tono de los vinos se explicarían por la interacción T:t y el uso de la bodega. Además, los cambios en SPP, L^* y C_{ab}^* , se explicarían por la interacción T:t, mientras que para el índice LPP solamente por el tiempo de conservación (Tabla V.3).

Para los vinos B18b6, las variaciones observadas en la concentración antocianos, taninos, y h_{ab} se explicarían por la interacción T:t, por otro lado, los cambios en los índices LPP y SPP responderían a la interacción de los factores uso de la bodega y tiempo de conservación (B:t). Además, las variaciones en la saturación de los vinos se deberían a la interacción T:t y al factor tipo de cierre utilizado. Por último, las variaciones observadas en la claridad de los vinos B18b6 se deberían a la interacción de los factores cierre y tiempo de conservación (c:t) según Tabla V.3.



Tabla V.3. Efecto del uso de la barrica, tipo de cierre, temperatura, tiempo de conservación en botella sobre la composición fenólica y el color de vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas.

Variables ^a		Factores ^{b,c}								Interacciones de los factores ^c								Error
		c	T	B	t	c:T	c:B	c:t	T:B	T:t	B:t	c:T:B	c:T:t	c:B:t	T:B:t	c:T:B:t		
B6b18	Antocianos	p	0,1128	0,0001	0,0001	0,0001	0,009	0,511	0,2736	0,2316	0,0001	0,0025	0,5904	0,2358	0,8938	0,1128	0,787	
		Var %	0,00	25,41	0,25	66,41	0,11	0,00	0,0026	0,00	6,24	0,13	0,00	0,07	0,00	0,12	0,00	0,89
	Taninos	p	0,0073	0,0001	0,0001	0,0001	0,0505	0,5743	0,3014	0,5511	0,0001	0,1548	0,341	0,8173	0,3748	0,8663	0,8075	
		Var %	0,38	24,07	3,86	51,00	0,59	0,00	0,21	0,00	9,81	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,37
	LPP	p	0,0019	0,0001	0,0001	0,0001	0,3836	0,0031	0,0001	0,0016	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
		Var %	0,00	9,72	0,39	41,51	0,00	0,00	0,00	0,00	19,05	0,00	1,08	0,00	0,00	8,47	12,48	7,30
	SPP	p	0,1184	0,0001	0,0029	0,0001	0,3728	0,1333	0,0002	0,5437	0,0001	0,0186	0,0023	0,0015	0,2851	0,0695	0,1569	
		Var %	0,00	9,96	1,83	9,96	0,00	0,00	1,83	0,00	34,35	3,25	1,83	7,32	0,00	1,83	3,25	24,59
	L*	p	0,0001	0,0001	0,3769	0,0001	0,0193	0,0814	0,0236	0,0002	0,0001	0,1702	0,5449	0,2161	0,8631	0,8253	0,9784	
		Var %	1,69	17,83	0,00	64,52	0,38	0,11	0,46	1,13	6,65	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10
	C* _{ab}	p	0,009	0,0001	0,9455	0,0001	0,0112	0,2854	0,017	0,0001	0,0001	0,0007	0,2491	0,3373	0,8464	0,6567	0,9834	
		Var %	0,35	26,42	0,00	60,93	0,18	0,00	0,25	0,71	7,21	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53
	h _{ab}	p	0,406	0,0001	0,0284	0,0001	0,0076	0,0687	0,1397	0,0044	0,0001	0,0193	0,2011	0,2899	0,0957	0,0184	0,2413	
		Var %	0,00	46,52	0,00	25,75	0,03	0,00	0,00	0,18	24,81	0,04	0,04	0,00	0,09	0,49	0,09	1,95
B12b12	Antocianos	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,5196	0,6781	0,0070	0,0202	0,0001	0,017	0,0202	0,9474	0,2562	0,7621	0,7292	
		Var %	0,01	22,38	2,69	61,81	0,00	0,00	0,00	0,07	12,28	0,18	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
	Taninos	p	0,0039	0,0001	0,0001	0,0001	0,0100	0,9158	0,4720	0,2969	0,0001	0,707	0,0009	0,4041	0,474	0,9437	0,3386	
		Var %	0,48	17,16	7,72	63,67	0,03	0,00	0,00	0,00	7,36	0,28	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
	LPP	p	0,083	0,0735	0,0001	0,0001	0,4865	0,8745	0,0038	0,0040	0,0001	0,0001	0,1139	0,0001	0,1399	0,0155	0,0737	
		Var %	0,00	0,00	13,44	49,73	0,00	0,00	0,00	1,33	0,95	3,55	0,00	7,34	0,00	4,00	4,55	15,10
	SPP	p	0,0162	0,001	0,0054	0,0001	0,6558	0,4277	0,2013	0,0085	0,0001	0,0036	0,0091	0,3468	0,9141	0,4681	0,6852	
		Var %	0,90	0,00	0,00	27,63	0,00	0,00	1,08	2,50	37,96	6,17	2,53	0,31	0,00	0,00	0,00	20,92
	L*	p	0,0011	0,0001	0,1548	0,0001	0,4971	0,0782	0,0048	0,2286	0,0001	0,0825	0,9190	0,0001	0,0001	0,3857	0,0282	
		Var %	1,29	5,40	1,92	72,36	0,00	0,00	0,00	0,06	8,23	2,35	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	8,23
	C* _{ab}	p	0,0667	0,0001	0,0429	0,0001	0,2793	0,3086	0,0001	0,0363	0,0001	0,0312	0,9186	0,0011	0,0001	0,5828	0,1032	
		Var %	0,84	13,11	1,39	68,20	0,00	0,00	0,00	0,06	11,39	0,67	0,00	0,31	0,17	0,00	0,00	3,88
	h _{ab}	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1091	0,1321	0,0001	0,3811	0,0001	0,2616	0,469	0,4814	0,7722	0,9486	0,7515	
		Var %	0,00	31,75	2,64	42,53	0,00	0,00	0,00	0,00	21,99	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
B18b6	Antocianos	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,9033	0,1185	0,0001	0,0899	0,0001	0,8097	0,8083	0,8027	0,3226	0,4536	0,9084	
		Var %	0,15	9,50	8,38	69,09	0,00	0,03	0,15	0,11	11,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42
	Taninos	p	0,5166	0,0001	0,0001	0,0001	0,0343	0,4933	0,985	0,4575	0,0001	0,6457	0,3696	0,2373	0,89	0,4883	0,7266	
		Var %	0,00	16,80	14,88	42,73	0,70	0,00	0,00	0,00	17,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,77
	LPP	p	0,0017	0,1514	0,9178	0,0001	0,6794	0,5491	0,1853	0,6936	0,5949	0,0001	0,7840	0,9010	0,8798	0,6889	0,8446	
		Var %	1,18	0,00	0,00	30,12	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	48,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,21
	SPP	p	0,1846	0,0661	0,0001	0,0001	0,3904	0,5451	0,5034	0,1659	0,1644	0,0001	0,7303	0,8386	0,9254	0,6261	0,9747	
		Var %	0,03	0,93	9,67	43,48	0,00	0,00	0,23	0,44	0,91	33,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,21
	L*	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,8007	0,2337	0,0001	0,0023	0,0001	0,0460	0,3572	0,4924	0,1531	0,0043	0,1757	
		Var %	4,13	2,04	31,83	50,27	0,00	0,11	3,94	1,05	1,54	0,00	0,00	0,00	0,12	1,68	0,14	3,15
	C* _{ab}	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,9837	0,076	0,0001	0,0001	0,0001	0,0036	0,5296	0,2605	0,8137	0,0174	0,3453	
		Var %	3,84	5,18	23,59	50,77	0,00	0,15	3,66	1,93	4,60	0,05	0,00	0,00	0,00	2,49	0,00	3,75
	h _{ab}	p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,7539	0,0001	0,5569	0,0001	0,8968	0,3663	0,0031	0,522	0,4046	0,4202		
		Var %	0,00	23,51	9,31	34,55	2,27	0,00	0,00	0,00	26,12	0,00	0,00	1,91	0,00	0,00	0,00	2,33

^a Variables: Pigmentos poliméricos grandes (LPP) y pequeños (SPP), claridad (L*), saturación (C*_{ab}) y tono (h_{ab}). Para vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente (**B6b18**, **B12b18** y **B18b6**).

^b Factores: tipo de cierre (c), temperatura de conservación (T), uso de la barrica (B), tiempo de guarda en botella (t).

^c Valores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo. Valores en negrita representan factores o interacción de factores cuya varianza explicada porcentual (Var %)> Error residual porcentual (Error).



En la Figura V.7 se observa que en todos los tratamientos (B6b18, B12b12 y B18b6) la concentración de antocianos descendió durante la conservación en botellas según la temperatura de conservación (Figuras V.7A, V.7B y V.7C respectivamente). Al final del añejamiento, el descenso en el contenido de antocianos (respecto al inicio o embotellado), fue de 296,12 mg.L^{-1} para los vinos B6b18 almacenados a 15°C y de 417,76 mg.L^{-1} para 25°C , de 141,91 mg.L^{-1} para los vinos B12b12 conservados a 15°C y de 251,22 mg.L^{-1} para 25°C y de 82,93 mg.L^{-1} para los vinos B18b16 almacenados a 15°C y 144,52 mg.L^{-1} para 25°C . Estos valores muestran que los vinos que más tiempo permanecieron en las botellas (B6b18), fueron en los que más disminuyó el contenido de antocianos, asimismo este descenso aumentó con T.

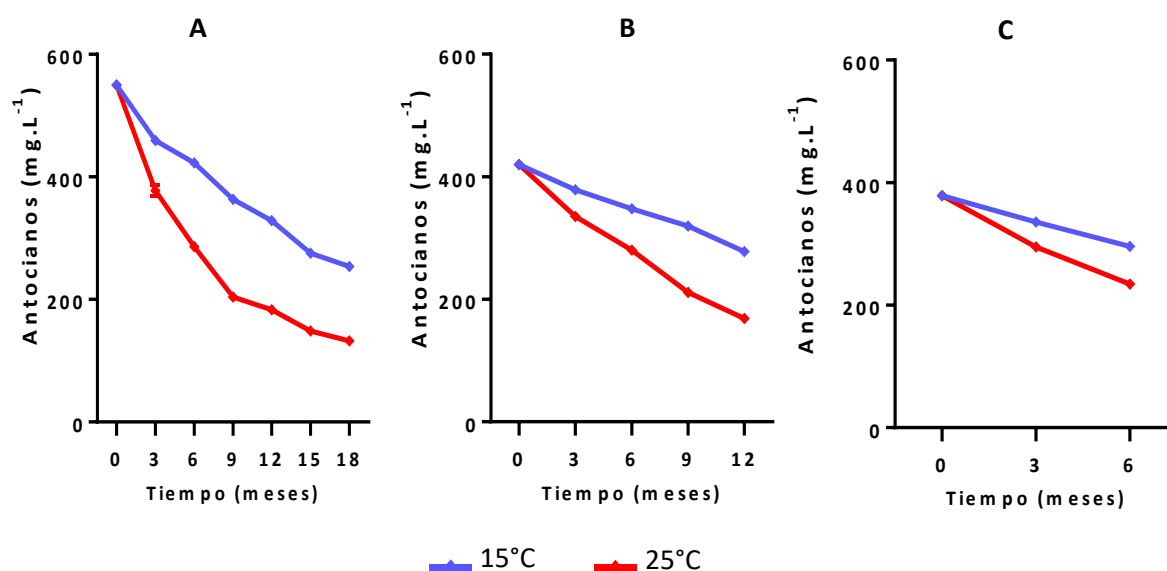


Fig. V.7. Efecto de la temperatura de conservación sobre el contenido de antocianos de vinos Malbec provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (B6b18, A), 12 (B12b18, B) y 6 meses en botella respectivamente (B18b6, C). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1

Análogamente, el contenido de taninos también disminuyó (pero no progresivamente) en todos los vinos según la temperatura de conservación, esto se muestra en la Fig V.8. La diferencia en el contenido de taninos entre el inicio y final de la conservación en botellas fue de 22,31 mg.L^{-1} para los vinos B6b18 almacenados a 15°C y de 81,89 mg.L^{-1} para 25°C , de 75,51 mg.L^{-1} para los vinos B12b12 conservados a 15°C y de 144,38 mg.L^{-1} para 25°C y de 7,55 mg.L^{-1} para los vinos B18b16 almacenados a 15°C y 74,05



mg.L⁻¹ para 25°C. Aunque, en estos casos los que mayores diferencias presentaron respecto al contenido inicial, fueron los vinos que permanecieron 12 meses en barricas y 12 en botellas, que al mismo tiempo fueron los que mayor contenido inicial de taninos tenían. Es decir, que estos vinos fueron los que lograron una mayor extracción de taninos en barricas, pero al mismo tiempo una mayor combinación, reacción, de estos compuestos durante el almacenamiento en botella. Una mayor temperatura de almacenamiento de los vinos en botellas aumentaría la oxidación de antocianos y taninos con respectiva formación de quinonas, degradación de antocianos a ácidos fenólicos para finalmente obtener compuestos amarillos denominados chalconas, y pérdida de taninos de alto peso molecular por la ruptura del enlace interflavano (Cheynier et al., 2006; Due et al., 2006; He et al., 2012a; Lago-Vanzela et al., 2014; Lopes, Tristan, et al., 2007; Vidal et al., 2002; Villamor et al., 2009). Asimismo, antocianos y taninos participan de reacciones de polimerización, en las que la temperatura de conservación también es un factor importante (SPP y LPP, Tabla V.3).

Por otra parte, un 2,69 y 8,38 % de la varianza observada en la concentración de antocianos de los vinos B12b12 y B18b6 respectivamente se explicaría por uso de la bodega. El contenido medio global de los vinos B12b12 provenientes de BN fue de 304.85±77.33 mg.L⁻¹ y los de BU 326.82± 82.4 mg.L⁻¹. En cuanto a los vinos B18b6 306,10 ±52,23 mg.L⁻¹ para los provenientes de BN, mientras que los provenientes de barricas usadas 333,27±52,80 mg.L⁻¹. El posible efecto del uso de la bodega sobre la concentración de antocianos podría deberse a que los antocianos participan de reacciones de condensación y/o polimerización con taninos cuyas concentraciones son mayores en los vinos añejados en BN que en BU (Jourdes et al., 2009; Waterhouse et al., 2016b).

Como se observa en el Anexo V.3, los vinos B6b18 también presentaron al inicio, diferencias en el contenido de antocianos entre los procedentes de BN y BU, aunque no fueron significativas.

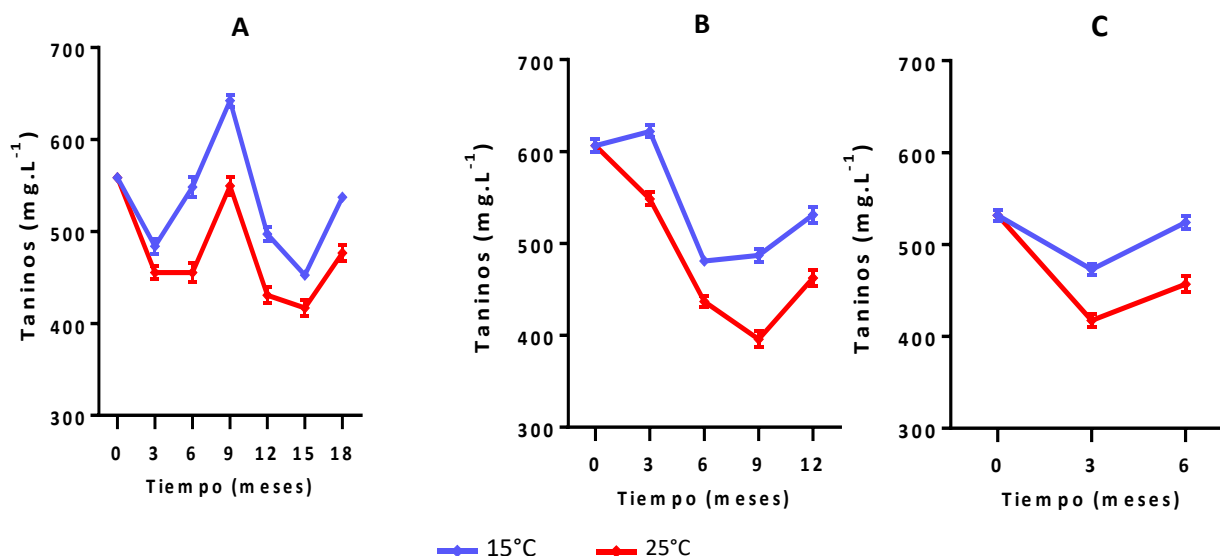


Fig. V.8. Efecto de la temperatura de conservación sobre el contenido de taninos de vinos Malbec provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (**B6b18, A**), 12 (**B12b18, B**) y 6 meses en botella respectivamente (**B18b6, C**). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1

Como se observa en la Tabla V.3 el uso de la barrica explicaría un 7,72% de las diferencias observadas en el contenido de taninos en los vinos B12b12 y 14,38% para los vinos B18b6. Así, la media global de la concentración de taninos para los vinos procedentes de barricas nuevas B12b12 fue de $535,72 \pm 75,92$ mg.L⁻¹ y para B18b6 de $505,65 \pm 43,54$ mg.L⁻¹, mientras que para los de barricas usadas fue de $499,73 \pm 76,71$ mg.L⁻¹ y $472,53 \pm 50,31$ mg.L⁻¹ respectivamente. Si bien, esta cuantificación de taninos se realizó mediante el método que se basa en la precipitación de la proteína albúmina del suero bovino (BSA), por la presencia de taninos condensados presentes en pieles y semillas de bayas (Harbertson et al., 2003), no debería descartarse la interacción de los taninos elágicos en la precipitación de BSA (Hofmann et al., 2006; Karonen et al., 2015). En consecuencia, las mayores concentraciones observadas en el contenido de taninos en los vinos procedentes de BN, podría deberse al aporte de taninos elágicos de la madera que se agotan con la reutilización de las barricas (Navarro et al., 2016; Vivas & Saint-Cricq de Gaulejac, 1998).



En los gráficos (Figuras V.9A y 5B y Figuras V.9D y E) se observa que, durante el almacenamiento de los vinos en botella, la formación de pigmentos poliméricos grandes y pequeños (LPP y SPP respectivamente) aumentó significativamente en los vinos que fueron conservados al menos 12 meses en botellas. En cambio, en los vinos B18b6, solo se observó un aumento en la formación de LPP en los vinos procedentes de BN (Figura V.9C), mientras que el índice de SPP disminuyó significativamente durante los 6 meses de almacenamiento en botellas (Figura V.9F).

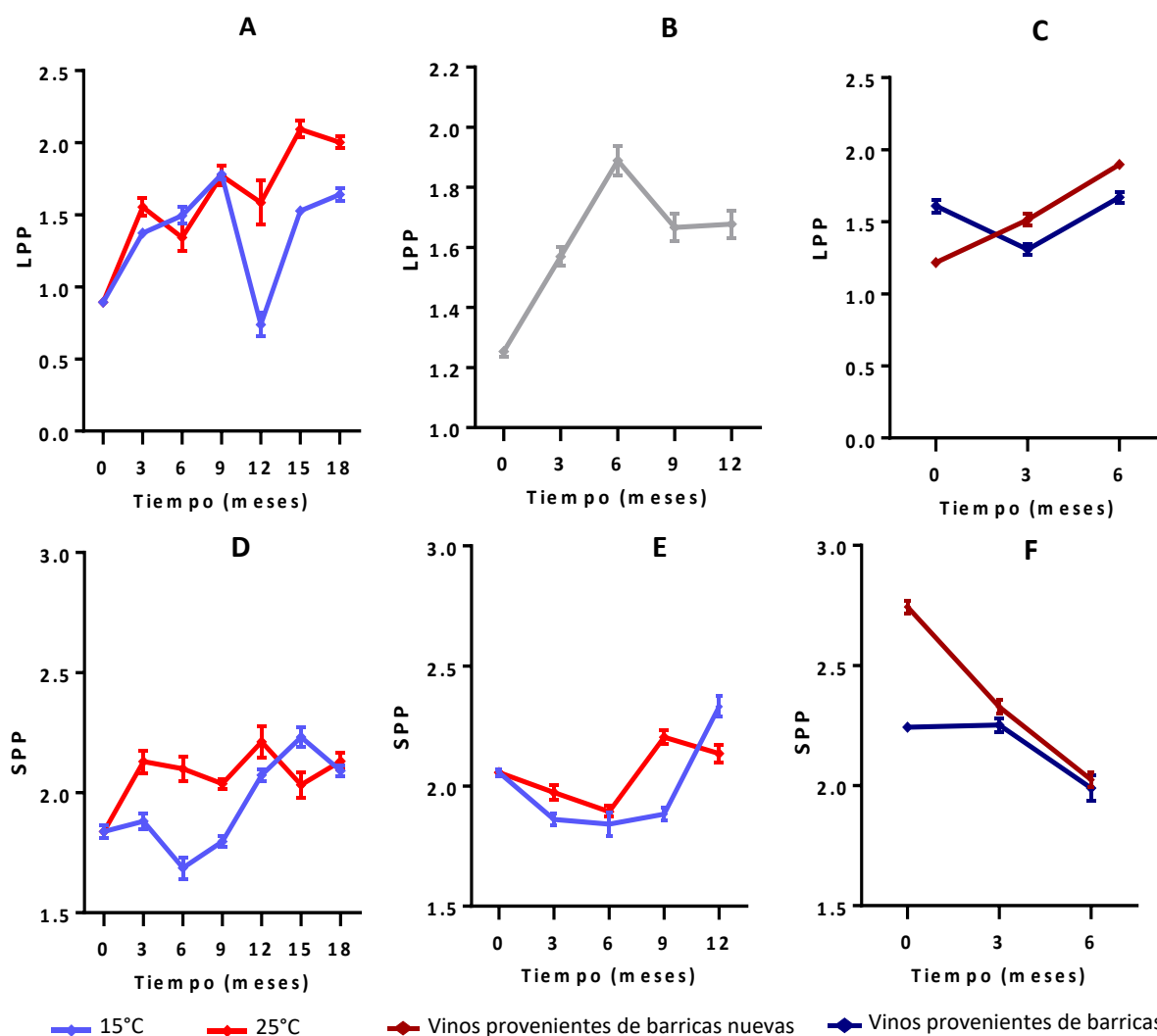


Fig. V.9. Evolución de pigmentos poliméricos grandes (LPP) y pequeños (SPP) en vinos Malbec embotellados, provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (**B6b18, A y D**), 12 (**B12b18, B y E**) y 6 meses en botella respectivamente (**B18b6, C y F**). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1.



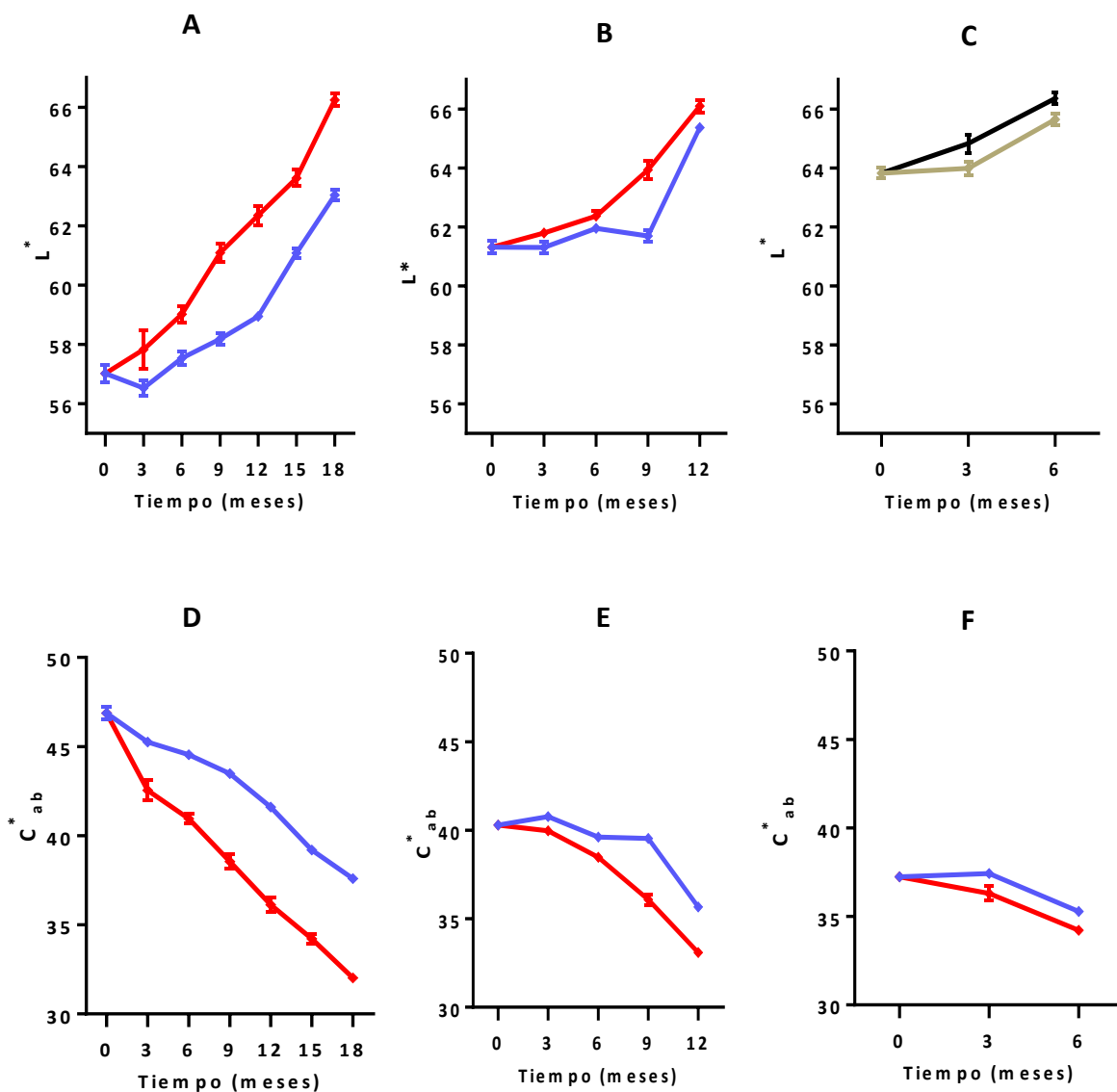
Para los vinos B18b6, el factor que impactaría en la polimerización de compuestos fenólicos sería el uso de la bodega. Aunque, solamente se observaron diferencias estadísticas en la formación de SPP (Figura V.9F) en el momento del embotellado de los vinos, luego los vinos evolucionaron de manera similar. Esta diferencia inicial, podría estar relacionada con la reacción directa entre las antocianinas y la vescalagina (tanino elágico), que formarían parte de los pigmentos poliméricos pequeños. Como los vinos precedentes de BN presentaban mayor contenido de elagitaninos que los de BU, tuvieron también mayor índice SPP, aunque el efecto de la bodega, se perdería a los 3 meses de almacenamiento en botellas (He et al., 2012b; Versari et al., 2007). Mientras que en el índice LPP (Figura V.9C) los vinos se diferenciarían significativamente durante los 6 meses, observando que desde los 3 a los 6 meses los vinos procedentes de BN presentaron mayor índice de LLP, lo que podría estar relacionado con la menor concentración media global de antocianos en los vinos procedentes de BN que los de BU, ya que la fracción de LPP contendría las antocianinas que hayan reaccionado directamente o indirectamente (por puente etilo) para dar pigmentos poliméricos lo suficientemente grandes como para precipitar con BSA (Harbertson et al., 2003).

Por otra parte, los vinos B12b6 y B6b18, el proceso de formación de pigmentos poliméricos fue modificado principalmente por la interacción T:t. La aceleración de los procesos de formación de SPP también ha sido observada por Villamor et al. (2009), que encontró que vinos Cabernet Sauvignon almacenados a 32°C presentaron mayor índice de SPP que a 27°C, aunque no observaron diferencias para el contenido de LPP, pero estos estudios fueron realizados en periodos más breves que nuestro estudio (70 días).

Finalmente, en la Figura V.10 se muestra la variación del color de los vinos provenientes de distintos periodos en bodega, durante los diferentes tiempos de almacenamiento en botellas. Se observó que la mayoría de los vinos aumentaban la claridad y el tono y disminuían la saturación o vividez, mientras aumentaba el tiempo de conservación en botellas. Estos resultados son esperables, ya que los pigmentos



poliméricos aumentan de tamaño (LPP) y precipitarían esto llevaría a una pérdida de la saturación del vino y a un aumento de la claridad y concuerdan con lo observado por otros autores (Avizcuri, Sáenz-Navajas, Echávarri, Ferreira, & Fernández-Zurbano, 2016; Casassa & Catania, 2006; Casassa & Sari, 2007; Sáenz-Navajas, Echavarri, Ferreira, & Fernández-Zurbano, 2011).



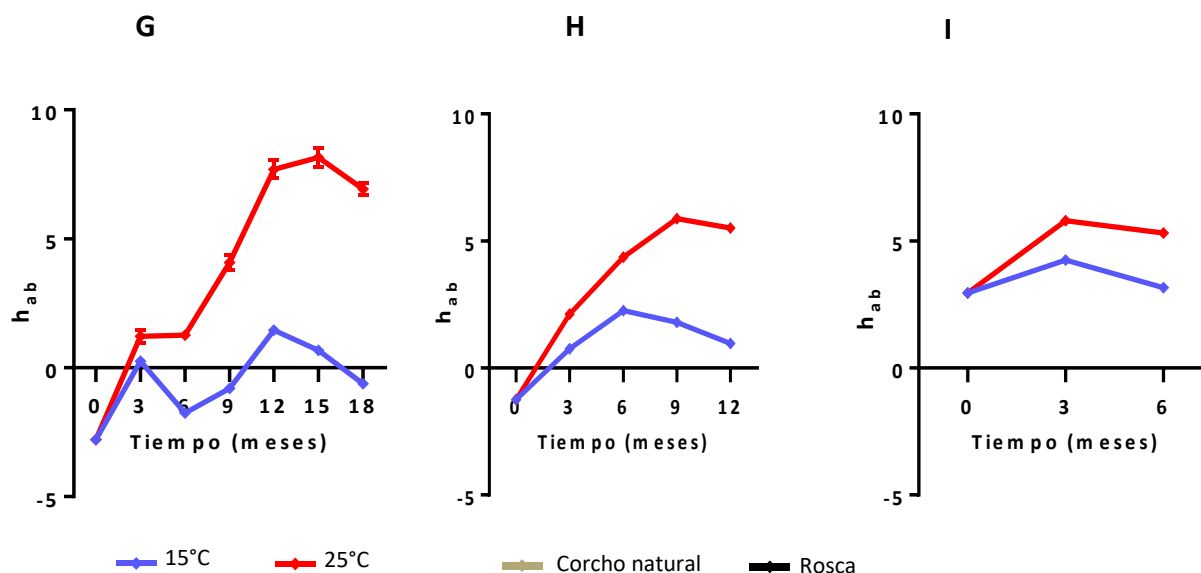


Fig. V.10. Evolución de variables asociadas al color [claridad (L^*), saturación (C^*_{ab}) y, tono (h_{ab})] de vinos Malbec embotellados, provenientes de 6, 12 y 18 meses de barricas y almacenados 18 (**B6b18, A, D y G**), 12 (**B12b18, B, E y H**) y 6 meses en botella respectivamente (**B18b6, C,F y I**). El factor de estudio seleccionado es aquel cuya varianza explicada (% Var) supera el Error residual porcentual (Error), según Tabla V.1

En la Tabla V.3 y en las Figura V.10 se observa que la interacción T:t mostró un alto impacto en al desarrollo del color de los vinos Malbec, provenientes de barricas. Finalizada la conservación en botella, se analizó la distribución del color de los vinos en el plano CIELAB (a^*b^*) (Figura V.11), para las distintas combinaciones de T:t de conservación. Los vinos B6b18, independientemente del uso de la barrica, fueron los que más se diferenciaron en el color por efecto conjunto de la T y el mayor tiempo de conservación en botellas (18 meses). A 25°C, estos vinos presentaron menor saturación y mayor tono y claridad, que los almacenados a 15°C (Figuras V.10A, V.10D, V.10H y V.11). Asimismo, la diferencia de color (ΔE_{ab}^*) producida por conservarlos a distintas temperaturas fue de 7, 86 para los vinos B6b18, 3,8 para los vinos B12bb12 y de 1,77 unidades de color para B18b6. Por lo que, los vinos que más permanecieron en barricas y menos en botella (B18b6) no lograrían diferencias de color apreciables por efecto de T, luego de 6 meses de almacenamiento en botella [$\Delta E_{ab}^* < 3$, (Martínez, Melgosa, Pérez, Hita,



& Negueruela (2001)]. Mientras que, 12 meses de conservación en botellas serían suficientes para generar diferencias de color apreciables en los vinos B12b12. Asimismo, la combinación de más tiempo en botellas y menos en barricas (B6b18), produjo ΔE_{ab}^* del doble respecto a B12b12, lo que indicaría vinos ampliamente deferentes en el color, por efecto de la T.

El desarrollo de vinos con mayor tonalidad a 25° que a 15°C observados para todos los periodos de almacenamiento de botellas (Figura V.10G, V.10H y V.10I), se debería, en parte, a la mayor formación de SPP a 25°C, cuyos pigmentos se asocian a los tonos naranjas (Avizcuri et al., 2016). Por otra parte, el desarrollo de vinos con mayor claridad (Figura V.10A, y V.10B para B6b18 y B12b12 respectivamente) y menor saturación (Figura V.10D, V.10E y V.10F para B6b18, B12b12 y B18b6 respectivamente) a 25°C de conservación de las botellas que a 15°C, podría deberse a la relación de estas variables con la formación y precipitación de LPP (arrastre de pigmentos) que se favorecería (vinos B6b18) con el mayor tiempo y temperatura de almacenamiento de las botellas (Casassa & Sari, 2007; Hopfer et al., 2013).

Por otra parte, la interacción c:t solamente impactaría en la claridad de los vinos B18b6 (Tabla V.3, Figura V.10C), observándose que durante los 6 meses de almacenamiento, los vinos con tapa a rosca presentaron mayor claridad que los con corcho natural. Si bien estas diferencias fueron estadísticamente significativas, no produjeron ΔE_{ab}^* apreciables por su escaso valor (0,71 unidades de color, a los 6 meses). Esto podría asociarse al hecho de que el tipo de cierre empleado no incidió en la variación de la composición fenólica de los vinos. Similares resultados fueron hallados por Guaita et al. (2013) en vinos rosados Montepulciano d'Abruzzo conservados durante 12 meses con corcho natural presentaron menor claridad y mayor intensidad colorante, que en los que se utilizó tapa rosca, aunque tampoco observaron diferencias por el cierre utilizado en el total de antocianinas.

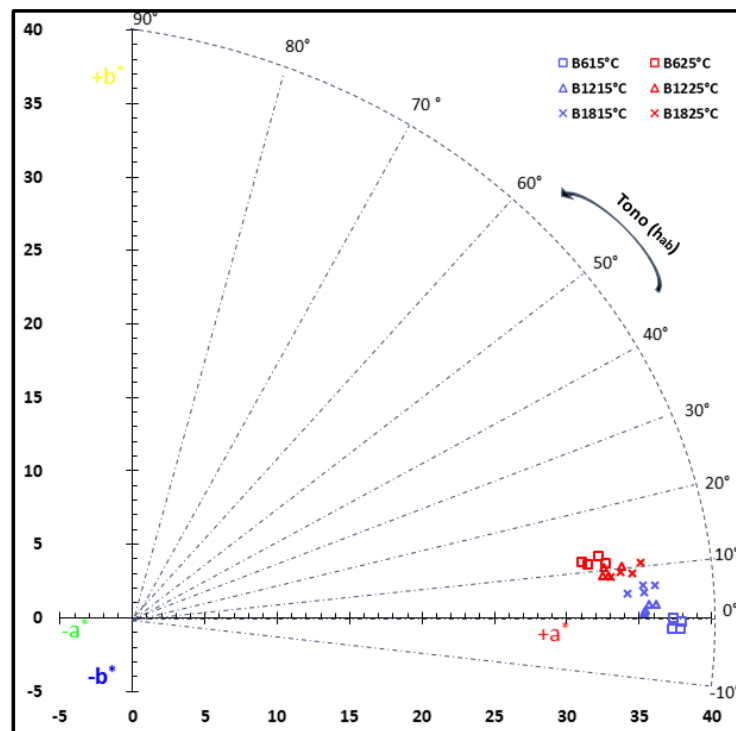


Fig. V.11. Ubicación en el plano CIELAB (a^*b^*) de vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas, finalizada la conservación en botellas. Cuadrados representan vinos conservados 6 meses en barricas y 18 en botella, triángulos representan vinos conservados 12 meses en barricas y 12 en botella y cruces representan vinos conservados 18 meses en barricas y 6 en botella. Azul y rojo son vinos Malbec almacenados a 15 y 25°C respectivamente.

V.5 Evolución de Taninos elágicos

Los taninos elágicos son compuestos cedidos por el roble durante la conservación del vino en barricas (García-Estévez et al., 2017; Jourdes et al., 2009; Zamora, 2019). En esta sección se observará el efecto de las condiciones de embotellado del vino, sobre la evolución de estos compuestos. Para esta finalidad, se seleccionaron las muestras B6b18, es decir los vinos que se conservaron tanto en barricas nuevas como usadas durante 6 meses y luego fueron embotellados con ambos cierres (C y R) a 15 y 25°C durante 18 meses.



El análisis de la varianza, con un nivel de significancia del 95%, indicó que la evolución de los taninos elágicos totales e individuales, fue dependiente del uso de la bodega y del tiempo e independiente del tipo de cierre empleado y la temperatura de almacenamiento.

La Figura V.12 muestra la evolución de la concentración total de taninos elágicos, de los vinos procedentes de BN6 y BU6 conservados a 15 y 25°C (Figura V.12A) y sellados con C y R (Figura V.12B). Por otra parte, el contenido de elagitaninos individuales (Roburina A, Roburina BC, Grandinina, Vescalagina, Roburina E y Castalagina), tampoco varió por efecto del cierre y la temperatura de almacenamiento, de forma similar que los elagitaninos totales. Los gráficos se presentan en el Anexo V.4.

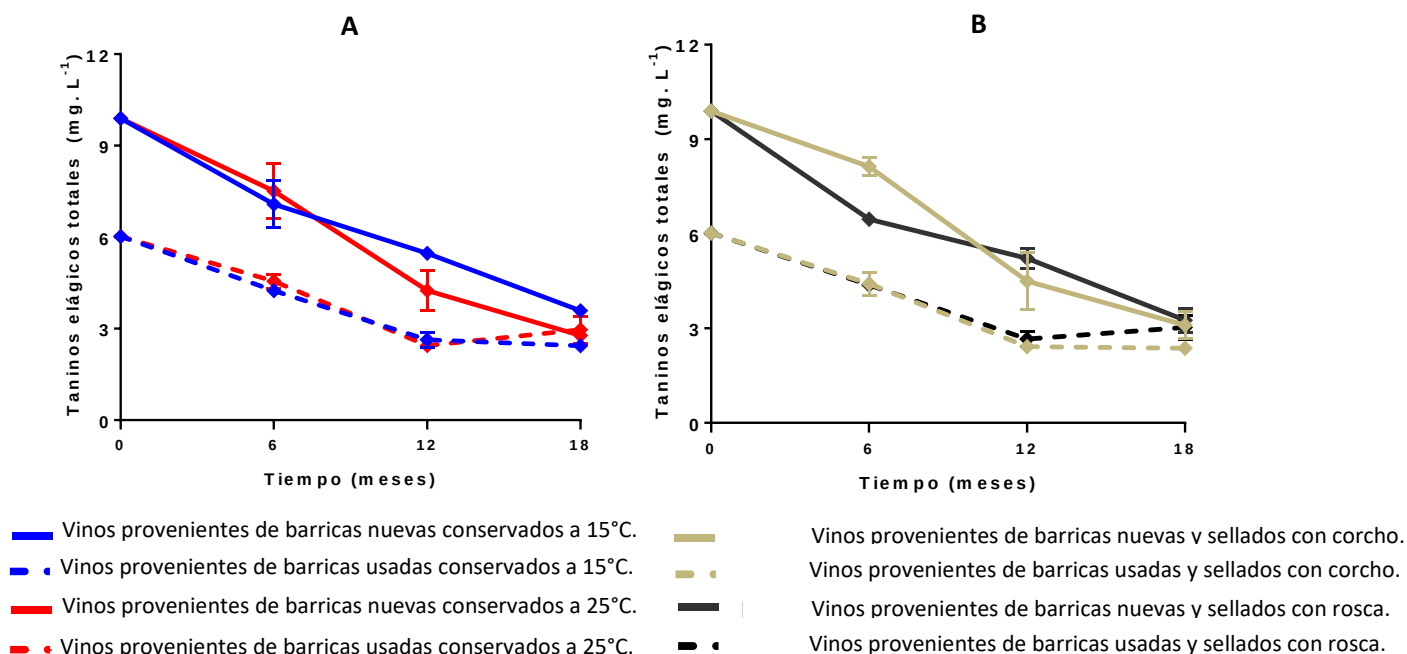


Fig. V.12. Evolución de la concentración de taninos elágicos totales durante los 18 meses de conservación en botellas de vinos Malbec provenientes de 6 meses de añejamiento en barricas nuevas u usadas. A) Interacción Uso de la bodega: Temperatura de conservación: tiempo. B) Interacción Uso de la bodega: Cierre: tiempo.

Como se observa en la Figura V.12A, la concentración de elagitaninos totales disminuyó significativamente durante los 18 meses de conservación en botella, aunque este descenso fue independientemente de la temperatura de conservación. Asimismo, la Figura V.12B muestra que el tipo



de cierre utilizado no influyó en el descenso del contenido de elagitaninos. Aunque en ambos casos, la concentración de taninos elágicos presentó diferencias estadísticamente significativas por el tipo de bodega del que procedían los vinos. Los vinos procedentes de 6 meses en bodegas nuevas presentaron una concentración media de elagitaninos estadísticamente mayor que los de BU6 ($6,31 \pm 2,69 \text{ mg.L}^{-1}$ y $3,91 \pm 1,49 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente). Los taninos elágicos son cedidos por el roble y son compuestos que se agotan con el uso de la bodega, esto explica las diferencias observadas desde el inicio del embotellado hasta los 12 meses de conservación (Navarro et al., 2016; Vivas & Saint-Cricq de Gaulejac, 1998; Zamora, 2019). Asimismo, el contenido inicial de estos compuestos en el vino disminuyó significativamente a medida que aumentó el tiempo de añejamiento en botella, debido a que participarían en diferentes reacciones de hidrólisis, degradación y sustitución nucleofílica con otros analitos presentes en el vino (García-Estévez et al., 2017; Jourdes et al., 2009; Petit et al., 2019).

Finalmente, el tipo de cierre y la temperatura de conservación no presentaron efecto significativo sobre la evolución de los taninos elágicos, esto indicaría que las reacciones en las que estos compuestos participan, serían estables a las diferentes condiciones de oxígeno y temperatura evaluadas. En relación a este hecho, García-Estévez et al. (2017), observaron el descenso del contenido de taninos elágicos, y encontraron menores diferencias de las que esperaban, entre sistemas que participaba o no el oxígeno. Los autores atribuyeron que este descenso en los elagitaninos del vino, se debería principalmente a reacciones de autooxidación. Por otra parte, estudios (Navarro et al., 2016; Fernando Zamora, 2019) aseguran que temperaturas elevadas favorecen la degradación de elagitaninos, disminuyendo su extractabilidad de la madera, aunque este efecto se analizó en condiciones de pirólisis ($180\text{-}230^{\circ}\text{C}$) como es el tostado de las bodegas. Actualmente, no se han observado estudios comparativos de la evolución de estos compuestos en diferentes temperaturas de almacenamiento de las botellas.



V.6 Composición volátil

Para el análisis de la evolución de la composición volátil, se realizó una selección de muestras de los 24 tratamientos presentados en este capítulo. La selección de las muestras se realizó considerando que el tipo de cierre empleado, no ejerció efecto significativo en la evolución de la mayoría de los compuestos volátiles hallados en vinos Malbec (Capítulo III) y que el uso de la bodega empleada no modificaría la evolución de los compuestos volátiles no extraíbles de la madera (Capítulo IV). Por eso, para el caso de los vinos con 6 meses de barricas y 18 meses en botella (B6b18), se analizaron solamente los vinos provenientes de BN y los sellados con rosca y conservados a 15 y 25°C.

Por otra parte, el efecto de la interacción T:t, fue analizada solamente en los vinos que mayor tiempo se conservaron en botellas (B6b18). En tanto que, para los vinos B12b12 y B18b6 provenientes de BN y sellados con tapa a rosca, solamente se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento.

Los análisis estadísticos se realizaron en función de los valores medios de familias de compuestos volátiles. La composición volátil individual de los vinos Malbec, se presenta en el Anexo V.5. En la Tabla V.3 se observan los valores de probabilidad y el % de varianza explicada (impacto) sobre las familias de compuestos analizados para los vinos B6b18.



Tabla V.4: Efecto de la temperatura y tiempo de conservación en botella con tapa a rosca sobre la concentración de familias químicas volátiles de vinos Malbec provenientes del añejamiento durante 6 meses barricas nuevas.

		Factores ^{a,b}		Interacción ^b	
		T	t	T:t	Error
B6b18	Ésteres totales	p	0,0504	0,0001	0,0961
		Var %	1,53	77,73	5,70 15,05
	Alcoholes totales	p	0,0703	0,0001	0,0013
		Var %	0,00	47,08	29,67 23,25
	Ácidos totales	p	0,1698	0,0001	0,0001
		Var %	0,00	42,79	36,61 20,60
	Terpenoides totales	p	0,3225	0,0001	0,0003
		Var %	0,00	35,14	38,79 26,08
	Norisoprenoides totales	p	0,0001	0,2480	0,0008
		Var %	79,54	0,00	9,12 11,35
	Furanoides totales	p	0,0001	0,0001	0,0578
		Var %	5,82	87,60	0,00 6,58
	Lactonas totales	p	0,5140	0,0067	0,0008
		Var %	0,00	26,07	24,05 49,88
	Fenoles volátiles totales	p	0,0482	0,0001	0,0001
		Var %	0,00	27,34	54,52 18,14

a Factores: temperatura de conservación (T), tiempo de guarda en botella (t).

b Valores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha=0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo.

Varianza explicada porcentual (Var %), factor o interacción relevante si Var % > Error residual porcentual (Error).

Tabla V.5: Evolución de las diferentes familias químicas volátiles durante los 18 meses de conservación en botellas con tapa a rosca de vinos Malbec provenientes de 6 meses de añejamiento en barricas nuevas.

Variable	Tiempo de conservación en botellas (meses)							
	0		3	6	9	12	15	18
ÉSTERES TOTALES (mg.L ⁻¹)	9,41 (13,11)	15°C	8,71 (14,08) dA	5,97 (0,38) bcA	6,83 (3,06) cA	4,46 (17,58) aA	5,16 (2,58) abA	4,86 (6,53) abB
	d,c	25°C	6,68 (5,80) bA	6,69 (14,41) bA	6,32 (16,70) bA	4,78 (4,36) aA	3,95 (28,67) aA	3,99 (3,93) aA
ALCOHOLES TOTALES (mg.L ⁻¹)	381,93	15°C	280,68 (14,70) abA	297,11 (6,23) bA	360,37 (4,54) cA	284,04 (14,95) abA	346,89 (0,99) cA	246,20 (1,69) aA
	(1,92) c, bc	25°C	248,62 (6,13) aA	448,35 (15,24) cB	377,77 (10,50) bA	270,12 (14,39) aA	341,26 (15,53) bA	263,87 (6,90) aA
ÁCIDOS TOTALES (mg.L ⁻¹)	6,41 (2,70)	15°C	5,75 (4,44) cA	4,53 (9,48) abA	4,65 (5,90) abA	4,56 (3,01) abA	4,85 (3,79) bA	4,39 (0,80) aA
	d,b	25°C	5,92 (4,02) bA	6,50 (9,09) bB	5,68 (16,64) bA	4,14 (9,91) aA	3,58 (31,6) aA	4,37 (2,16) aA
TERPENOIDES TOTALES (µg.L ⁻¹)	78,13	15°C	71,73 (4,51) cdA	56,89 (0,63) aA	64,52 (1,17) bcA	57,92 (8,06) abA	67,79 (5,90) cA	58,51 (0,14) abB
	(10,83) d,b	25°C	73,47 (4,80) bA	79,08 (5,63) bB	69,77 (13,00) bA	57,63 (0,08) aA	54,17 (18,17) aA	53,20 (1,79) aA
NORISOPRENOIDES TOTALES (µg.L ⁻¹)	444,44	15°C	337,55 (9,29) cA	234,02 (5,34) aA	285,13 (0,39) bA	286,68 (4,57) bA	296,81 (0,38) bA	320,80 (9,47) bcA
	(8,65) d,a	25°C	508,82 (2,99) abB	506,17 (10,42) abB	529,51 (17,08) abB	599,07 (12,68) bB	508,51 (25,44) abB	513,55 (3,96) abB
FURANOIDES TOTALES (mg.L ⁻¹)	9,12 (14,43)	15°C	5,89 (20,32) dA	4,59 (15,54) cdA	4,08 (14,10) bcA	3,12 (1,75) abB	2,77 (11,68) abB	2,13 (8,46) aB
	e	25°C	4,12 (4,16) dA	3,67 (2,10) cdA	2,90 (20,85) bcA	2,12 (6,23) abA	1,76 (22,74) aA	1,56 (3,39) aA
LACTONAS TOTALES (µg.L ⁻¹)	821,27	15°C	790,68 (8,23) bA	686,93 (4,73) abA	740,65 (9,89) abA	687,15 (12,19) abA	712,65 (12,38) abA	624,51 (8,3) aA
	(15,95) b, bc	25°C	751,70 (8,01) abA	941,57 (20,42) cA	781,29 (0,27) bcA	598,59 (10,48) aA	575,84 (14,01) aA	601,13 (9,36) aA
FENOLES VOLÁTILES TOTALES (µg.L ⁻¹)	235,31	15°C	198,04 (5,16) bA	155,52 (5,84) aA	149,68 (0,50) aA	160,41 (3,31) aB	220,61 (21,56) bcB	140,07 (2,50) aB
	(4,54) c	25°C	201,57 (3,19) bcA	203,14 (18,97) bcA	192,67 (10,85) bB	114,23 (5,5) aA	112,46 (23,08) aA	130,38 (2,75) aA

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos.

Diferentes letras mayúsculas (en una columna) indican diferencias significativas entre temperatura de conservación de las botellas (15 y 25°C) para cada variable ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha=0,05$).



V.6.1 Esteres, alcoholes y ácidos orgánicos en vinos conservados 6 meses en barricas nuevas y 18 meses en botellas con tapa a rosca.

En la Tabla V.4 se muestra que un 77, 47 y 42% de la varianza total en las concentraciones de ésteres, alcoholes y ácidos orgánicos respectivamente, se debería al tiempo de conservación. Asimismo, en el caso de la concentración total de alcoholes y ácidos la interacción T:t también sería relevante.

La Tabla V.5 muestra la evolución de las concentraciones medias de las familias químicas de compuestos volátiles de los vinos provenientes de 6 meses de guarda en barricas nuevas y conservados luego durante 18 meses en botella con tapa a rosca a 15 y 25°C. La concentración total de ésteres disminuyó significativamente, durante los 18 meses de conservación en botellas, independientemente de la temperatura de conservación. Se observó una pérdida de 5 mg.L⁻¹ en la concentración de ésteres totales, entre el inicio y el final del proceso. Esto se correspondería, con el descenso en el contenido de ésteres etílicos de ácidos grasos de cadena larga octanoato de etilo principalmente) y acetatos de alcoholes superiores (acetato de isoamilo y de 2-feniletilo) (Anexo V.5). La disminución en las concentraciones de ésteres se explicaría por proceso de hidrólisis en ésteres, que es catalizada por el medio ácido. Esto también ha sido observado en otros estudios comparativos (Jackson, 2008; Linsenmeier et al., 2010; Pickering et al., 2009). Aunque, existen un grupo de ésteres (ésteres del ácido succínico) que aumentan sus concentraciones, ya que el proceso de añejamiento favorecería la esterificación de este ácido. Pero su impacto no es relevante en la concentración total de ésteres, ya que sólo representan un 9% del total. A diferencia de los vinos que procedieron del tanque y se conservaron 24 meses en botella (Sección III.5 del Capítulo III), en los vinos B6b18, la T de almacenamiento no modificó significativamente la evolución del contenido de ésteres totales, solamente se observó una mayor concentración global en el contenido de ésteres etílicos de ácidos grasos (2319,66±192,46 µg.L⁻¹) y acetatos de alcoholes superiores a 15°C (3633,56±339,57 µg.L⁻¹) que a 25°C (2017,79±126,35 µg.L⁻¹ y



3320,78±369,30 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente), pero sin impactar estas diferencias, en el contenido global de ésteres totales.

Asimismo, la concentración de alcoholes totales fluctuó durante el proceso, principalmente debido al tiempo de conservación. La interacción T:t resultó significativa ya que, a los 6 meses, los vinos almacenados a 25°C presentaron concentraciones 1,5 veces superiores que, a 15°C. Este comportamiento fue también observado para el isobutanol, 3metil-1-butanol, hexanol y 2-feniletanol, que juntos representaron un 98,16 % de la concentración media de los alcoholes totales (Anexo V.5). Probablemente, es este periodo la temperatura más alta de almacenamiento (25°C), podría favorecer reacciones de hidrólisis con la correspondiente liberación de estos alcoholes. Aunque en general durante el proceso no se observaron diferencias por T y el contenido medio de alcoholes totales entre el inicio y el final de la conservación en botella, descendió 126,94 mg.L^{-1} (Tabla V.5). En la Sección III.5 del capítulo III, también se observó el efecto de la T sobre la concentración de alcoholes en vinos conservados solamente en botellas, en general, estos vinos incrementaron sus concentraciones durante la evolución en botella. Es posible, que las fluctuaciones en las concentraciones globales de estos compuestos, sean debidas a la intervención de estos compuestos en reacciones de hidrólisis y esterificación, lo que permitirían también observar su incremento en el periodo comprendido entre los 12 y 15 meses de conservación. Por tanto, debido a un restablecimiento del equilibrio químico, por las reacciones de hidrólisis y de formación de ésteres que acontecen, las concentraciones de ácidos orgánicos, alcoholes y ésteres tenderán a reajustarse durante la guarda en botellas (Clarke & Bakker, 2004b). Asimismo, la concentración de ácidos orgánicos totales, descendió significativamente durante el almacenamiento de los vinos en botellas (Tabla V.4 y V.5). La interacción T:t impactaría en la evolución de los ácidos totales, ya que a los 6 meses se observó que los vinos a 25°C presentaron concentraciones más elevadas de ácidos que a 15°C. Los ácidos hexanoico y octanoico, que representan el 36,54 y 54,88 evaluado.



V.6.2 Terpenoides, norisoprenoides, furanoides, lactonas y fenoles volátiles en vinos conservados 6

meses en barricas nuevas y 18 meses en botellas con tapa a rosca.

El contenido de terpenoides descendió significativamente, y en este descenso la interacción T:t fue significativa, a los 6 meses los vinos a 25°C presentaron mayores concentraciones de estos compuestos que a 15°C, mientras que a los 18 meses esta relación se invirtió (Tabla V.4 y V.5)

Esto podría deberse, a que durante el añejamiento del vino algunos terpenos glicosidados pueden hidrolizarse por el medio ácido del vino, pero al mismo tiempo, algunos terpenos libres con bajos umbrales de percepción ya existentes, podrían reordenarse y transformarse por reacciones de oxidación, ciclación, entre otras, en terpenos con altos umbrales de percepción. Así el o-cimeno, el nerol y el α -terpineol que representan el 2,95, 5,76 y el 21,74 % de la media global de terpenos totales, presentaron concentraciones más elevadas a 25°C que a 15°C (Anexo V.5), mientras que linalol (13,65%) y el citrionelol (13,73%), presentaron concentraciones mayores a 15 que a 25°C. Por tanto, el incremento de la temperatura de almacenamiento y la acidez del medio, favorecería a la formación de nuevos terpenos a partir de terpenos existentes, como el α -terpineol por ciclación del linalol (Marais, 1983; Moreno & Peinado, 2012).

La variación en el contenido de norisoprenoides se explicaría en un 79,54% por la temperatura de conservación de las botellas (Tabla V.4 y V.5). Independientemente del tiempo de conservación, la concentración media para los vinos almacenados a 15°C fue de $315,06 \pm 65,22 \mu\text{g.L}^{-1}$, mientras que para los almacenados a 25°C fue de $515,72 \pm 73,63 \mu\text{g.L}^{-1}$. La Tabla V.5 muestra que T generó diferencias estadísticas durante todo el proceso de almacenamiento de los vinos. Este comportamiento fue observado en los dos isómeros del vitispirano y el 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (Anexo V.5) que representan el 70,58% del contenido global de norisoprenoides totales, mientras que la β -damascenona presentó un comportamiento diferenciado, ya que disminuyó su concentración durante t ($p < 0,05$), y a



partir de los 12 meses, presentó mayor contenido a 15°C que a 25°C. Estos cambios observados en el contenido de norisoprenoides durante la maduración de los vinos, se deberían a que los norisoprenoides glicoconjugados pueden liberar su aglicona volátil durante la maduración de los vinos a través de procesos de hidrólisis ácida (Linsenmeier et al., 2010; Moreno & Peinado, 2012; Mendes-Pinto, 2009; Scrimgeour et al., 2015). Asimismo, temperaturas elevadas favorecerían la formación de norisoprenoides por hidrólisis y la degradación de otros como la β -damascenona. Respecto a esto, Guedes De Pinho et al. (2013), observó que los efectos sinérgicos del aumento de la temperatura y la disminución del pH tuvieron el mayor impacto, produjeron un ascenso de los niveles de TDN y vitispirano y disminución de los niveles de β -ionona y β -damascenona en vinos oportos almacenados en bodega. Más aún, Tarasov et al., (2021) indicaron que la formación o degradación de TDN y vitispirano en los vinos Riesling estaba fuertemente condicionado por la temperatura de almacenamiento. Mientras que, el contenido de β -damascenona dependió de los niveles de dióxido de azufre. La β -damascenona reacciona por adición del dióxido de azufre, produciendo un producto inodoro derivado del ácido sulfónico.

Por otra parte, el 87,60% del contenido de furanoides en los vinos se modificaría por efecto del tiempo de conservación de los vinos BN6b18 en las botellas (Tabla V.4). Desde el embotellado (0 meses) hasta los 18 meses, la concentración de furanoides totales descendió un 79,77% (Tabla V.5) y aunque en los 12, 15 y 18 meses de conservación se observaron diferencias significativas por efecto de la temperatura de almacenamiento de las botellas, la relevancia de este factor es menor al error porcentual residual (Tabla V.4). Contrariamente a lo observado en la evolución de vinos conservados solamente en botellas (TK) (Sección III.5 del Capítulo III), que aumentaban sus concentraciones de furanoides totales durante t, es posible que como los vinos BN6b18 que fueron embotellados con aproximadamente 50 veces el contenido inicial de furanoides que los vinos TK, por permanecer 6 meses en contacto con barricas nuevas, reduzcan su contenido por la degradación de estos compuestos y/o reacción con catequinas (Nonier Bourden et al., 2008). Análogamente, Rubio-Bretón et al., (2018) evaluaron la modificación en



el contenido de furanoides durante los 12 meses maduración en barricas y posteriores 12 meses en botella de vinos Tempranillo, y encontraron un descenso en las concentraciones de furfural, 5-metilfurfural y 5-hidroximetilfurfural entre los 6 y 24 meses. Asimismo, en el caso de este estudio el 97,68% del contenido medio de furanoides totales, es el resultante de la sumatoria de los furanoides individuales furfural éter, furfural (66,37%) y 5-metilfurfural (24,10%) (Anexo V.5). Además, los aldehídos furánicos presentaron similar comportamiento que los furanoides totales, mientras que el furfuriléter, incrementó su concentración. Esto se debería, a que la formación de éteres furánicos es altamente favorecido en la etapa de conservación (Hopfer et al., 2012; Pereira et al., 2014).

En cuanto la evolución de las lactonas totales, se observó que los factores estudiados no fueron relevantes en la variación del contenido medio de estos compuestos. Esto se debería, a que los errores residuales del modelo, fueron mayores a la varianza explicada por cada factor (Tabla V.4 y V.5). Por tanto, no fue posible realizar inferencias respecto a los factores estudiado por más que los valores de probabilidad (p) hayan sido menores a 0,05.

Finalmente, la concentración de fenoles volátiles disminuyó significativamente y la evolución de estos compuestos, se explicaría en un 54,52 % por la interacción de los factores T:t (Tabla V.4 y V.5). El eugenol, al igual que los fenoles totales, mostró concentraciones significativamente mayores ($p < 0,05$) a 25°C respecto de 15°C, hasta los 9 meses, luego a los 12 y 15 meses el efecto se invirtió. Este compuesto representó el 84% del contenido global de fenoles volátiles totales y el resto de los fenoles volátiles cuantificados (4 metilguayacol y 4-etilfenol), también disminuyeron sus concentraciones durante el almacenamiento en botella, pero independientemente de la temperatura de conservación (Anexo V.5). Asimismo, los vinos conservados en solamente en botella (Sección III.5 del Capítulo III) presentaron el igual comportamiento en los fenoles volátiles. Fernández De Simón et al. (2006) y Linsenmeier et al. (2010), indicaron que el descenso en las concentraciones de fenoles volátiles se deberían a reacciones químicas de degradación de estos compuestos.



V.6.3 Efecto del tiempo sobre la composición volátil de vinos provenientes del añejamiento en barricas nuevas durante 12 y 18 meses y almacenados en botella con tapa a rosca a 15°C durante 12 y seis meses respectivamente

Tabla V.6: Evolución de las diferentes familias químicas volátiles durante los 12 y 6 meses de conservación en botellas con tapa a rosca a 15°C de vinos Malbec provenientes de 12 y 18 meses respectivamente de añejamiento en barricas nuevas.

Variable	Tiempo de conservación en botellas (meses)				
	0	3	6	9	12
B12b12					
ÉSTERES TOTALES* (mg.L ⁻¹)	7,52(4,97) c	6,48 (3,98) bc	5,69 (12,86) ab	4,99 (4,83) a	6,49 (14,72) c
ALCOHOLES TOTALES* (mg.L ⁻¹)	353,74 (3,47) bc	306,47 (11,47) a	364,63 (2,63) c	288,95 (7,72) a	321,39 (5,81) ab
ÁCIDOS TOTALES* (mg.L ⁻¹)	5,86 (0,84) b	4,57 (1,03) a	4,92 (9,89) a	4,46 (12,79) a	4,93 (4,52) a
TERPENOIDES TOTALES* (μg.L ⁻¹)	78,21 (1,07) d	60,63 (2,01) ab	67,00 (6,29) bc	59,45 (5,17) a	72,45 (10,21) cd
NORISOPRENOIDES TOTALES* (μg.L ⁻¹)	496,57 (8,66) b	281,81 (9,22) a	306,39 (6) a	297,77 (4,79) a	466,54 (11,11) b
FURANOIDES TOTALES* (mg L ⁻¹)	5,76 (27,57) b	4,01 (17,12) a	3,93 (17,02) a	3,19 (15,97) a	3,05 (8,63) a
LACTONAS TOTALES (mg L ⁻¹)	1,21 (27,16) a	1,13 (10,51) a	1,11 (13,85) a	1,03 (2,72) a	1,15 (19,69) a
FENOLES VOLÁTILES TOTALES* (μg L ⁻¹)	288,04 (25,26) b	179,48 (3,39) a	173,31 (11,00) a	160,49 (4,31) a	184,38 (12,72) a
B18b6					
ÉSTERES TOTALES (mg.L ⁻¹)	5,53 (13,95) a	5,95 (12,28) a	5,67 (13,95) a		
ALCOHOLES TOTALES* (mg.L ⁻¹)	331,84 (9,20) b	264,48 (11,24) a	236,27 (7,16) a		
ÁCIDOS TOTALES (mg.L ⁻¹)	4,30 (5,08) a	4,49 (6,60) a	4,48 (12,58) a		
TERPENOIDES TOTALES (μg.L ⁻¹)	57,57 (2,58) a	66,83 (1,44) b	62,6 (10,86) ab		
NORISOPRENOIDES TOTALES (μg.L ⁻¹)	417,70 (3,16) a	353,22 (15,08) a	373,31 (12,76) a		
FURANOIDES TOTALES (mg L ⁻¹)	2,63 (14,22) ab	2,70 (2,91) b	2,25 (1,04) a		
LACTONAS TOTALES (mg L ⁻¹)	1,44 (4,98) a	1,49 (5,48) a	1,46 (21,14) a		
FENOLES VOLÁTILES TOTALES* (μg L ⁻¹)	433,72 (2,33) b	256,94 (6,35) a	273,53 (23,41) a		

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos. Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).

La Tabla V.6 muestra la evolución de las familias químicas de los compuestos volátiles encontrados durante los 12 y 6 meses de conservación en botella a 15°C con cierre a rosca, de los vinos provenientes del añejamiento en barricas nuevas (12 y 18 meses respectivamente). Como puede observarse, en las condiciones presentadas (15°C y tapa a rosca), los vinos conservados durante 12 meses en botellas (B12b12) modificaron significativamente las concentraciones de la mayoría de las familias químicas



volátiles, mientras que los que solamente se almacenaron 6 meses (B18b6) solo variaron el contenido de alcoholes superiores y fenoles volátiles.

Al igual que los vinos B6b18, los vinos B12b12, presentaron un descenso en la concentración de ésteres totales desde el tiempo 0 hasta los 9 meses, aunque en el último periodo se observó un aumento en el contenido de estos compuestos. Esto podría deberse al incremento significativo en algunos ésteres etílicos de ácidos grasos (hexanoato, octanoato y decanoato de etilo), ésteres del ácido succínico (succinatos de dietilo y de etiliisopentilo) y acetatos de alcoholes superiores (acetato de 2-feniletilo) (Anexo 4.2). El ascenso en las concentraciones de estos compuestos, representó un 66,33% del aumento de ésteres observado entre los 9 y 12 meses.

Por otra parte, las evoluciones en el contenido de alcoholes superiores y ácidos orgánicos totales en los vinos B12b12 fue similar que los vinos B6b18, presentando una fluctuación en las concentraciones de alcoholes superiores totales y un descenso en el contenido de ácidos orgánicos durante el almacenamiento de las botellas. Asimismo, los vinos B18b6 presentaron un descenso significativo en el contenido de alcoholes desde el embotellado hasta los 6 meses de conservación.

El contenido de terpenoides, en los vinos B12b12, descendió hasta los 9 meses, en similar a lo observado en los vinos B6b118, mientras que entre los 9 y 12 meses la concentración de esta familia de compuestos aumentó. Este incremento se debería en parte, a los aumentos significativos ($p < 0,05$) en las concentraciones de terpinoleno y el α -terpineol que en conjunto representan un 72% del incremento de terpenoides totales en el periodo observado (Anexo V.6). Los compuestos terpénicos en uvas y vinos son sensibles a las condiciones de acidez, temperatura y tiempo de almacenamiento. Estos compuestos, se transforman en otros que pueden presentar diferente intensidad de aroma y carácter en el vino. Tal es el caso del reordenamiento ácido catalizado del nerol y el linalol, que pueden estabilizarse en α -terpineol, terpinoleno y limoneno (Marais, 1983).



Por otra parte, la concentración de furanoides en los vinos B12b12, descendió significativamente desde el inicio al final de la conservación en botella, como los vinos B6b18. Mientras que, el contenido de norisoprenoides, a diferencia de los vinos B6b18, varió con el tiempo de conservación (Tabla V.6). Presentando un descenso entre el inicio y los 3 meses, y un aumento significativo, entre los 9 y 12 meses de almacenamiento de las botellas. Este comportamiento fue observado en norisoprenoides como el 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno y en los dos isómeros del vitispirano, que en conjunto representan un 75% del contenido medio de norisoprenoides totales (Anexo V.6). El aumento en el contenido de estos compuestos se debería a la prevalencia de reacciones de hidrólisis ácida de norisoprenoides glicosidados (Linsenmeier et al., 2010; Silva Ferreira & Guedes De Pinho, 2004; Ugliano, 2013). Finalmente, la concentración de fenoles volátiles totales en los vinos B12b12 y B18b6, disminuyó significativamente durante la conservación en botella, de igual forma que los vinos B6b18.

V.7 Análisis sensorial

Trece atributos fueron consensuados por los panelistas durante la evaluación sensorial descriptiva de los vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas. Los descriptores fueron intensidad colorante (Int.Col), matiz violeta (MV), matiz rojo (MR), intensidad aromática (IA), fruta fresca (FF), fruta deshidratada (FD), Vegetal (V), caramelizado (CD), especiado (E), madera (M), acidez (Ac), astringencia (As), amargo (Am).

V.7.1 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 6 meses en barricas, durante los 18 meses de conservación en botella.

V.7.1.1 Seis meses en botella



A los 6 meses de almacenamiento en botellas, los vinos B6 fueron evaluados sensorialmente mediante la técnica *Sorting Tasks*, (Figura V.13). Estos vinos se diferenciaron por la procedencia (BN-BU), la temperatura de conservación y el cierre, aunque los vinos procedentes de BN y almacenados a 25°C con corcho natural, no pudieron diferenciarse del resto de los vinos procedentes de Barricas nuevas.

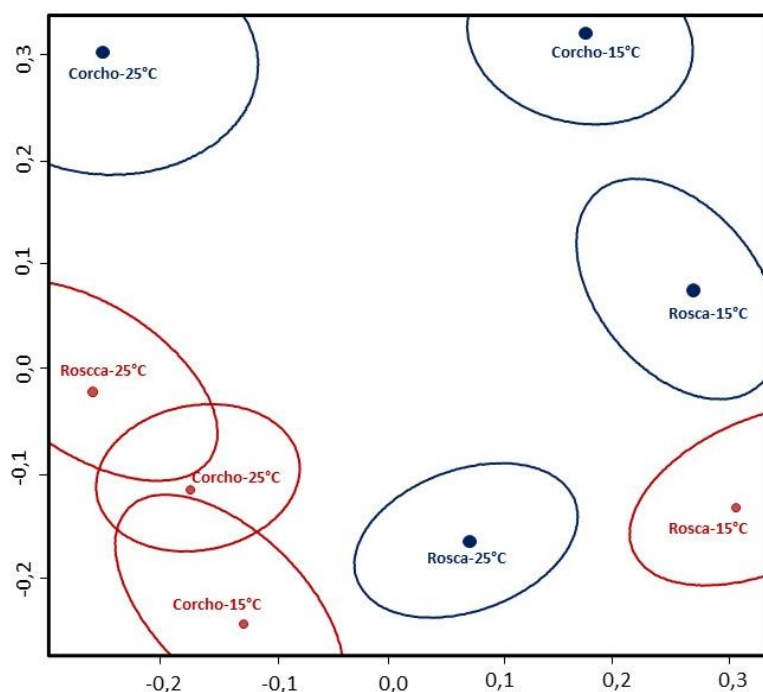


Fig. V.13. Biplot de los vinos evaluados sensorialmente por 20 panelistas no entrenados, con elipses de confianza del 95,00%. Los vinos Malbec conservados durante 6 meses en barricas nuevas y en barricas de re-uso están representados por líneas rojas y azules respectivamente. Elipses superpuestas indican que los tratamientos no se diferencian.

Inicialmente, el análisis de la varianza multivariado (MANOVA, Anexo V.9), confirmó que los vinos analizados son estadísticamente diferentes. Posteriormente, el análisis de componentes principales (Figura V.14) explicó un 80% de la varianza de los datos. La gráfica muestra una tendencia general de los tratamientos a agruparse según la temperatura de conservación. Sentido positivo de la CP1, reúne los vinos conservados a T1, y los asocia a mayor intensidad colorante y acidez. Sentido negativo de la CP1,



agrupa los vinos conservados a T2, y se relacionan estos con mayor fruta fresca y madera. Los atributos fruta fresca, madera y acidez fueron los que presentaron diferencias estadísticas en los vinos analizados.

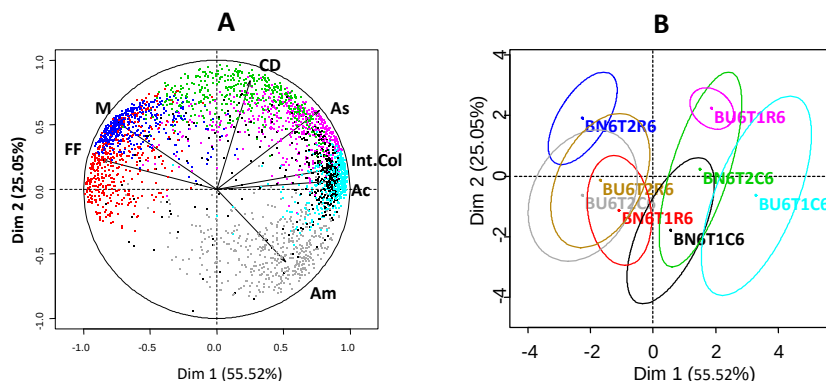


Fig.V.14. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados 6 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas durante 6 meses. Biplot del Análisis de componentes principales (ACP) para describir diferencias entre tratamientos **(A)** Diagrama de la distribución de las variables (vectores). FF; fruta fresca, M; madera; CD; caramelizado, As; astringencia, Int.Col; intensidad colorante, Ac; Acidez, Am; amargo. **(B)** Diagrama de la distribución de los vinos (puntos, promedio de 3 repeticiones). BN; barricas nuevas, BU; barricas usadas, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

Finalmente, un análisis multifactorial de los atributos que presentaron diferencias significativas, indicaría un efecto de la temperatura de guarda sobre los atributos fruta fresca y madera, presentando mayor percepción de los mismos en los vinos conservados a T2 que a T1 ($p < 0,05$). Los valores medios de estos atributos se observan en la Figura V.15A y B, mientras que los valores medios de todos los atributos analizados son presentados en el Anexo V.9. Contrariamente a lo esperado, la mayor percepción del atributo fruta fresca fue en vinos a conservados a 25°C. Esto no es acorde al contenido de ésteres (Sección V.6.1), ya que la temperatura de conservación no fue un factor relevante en estos compuestos, ni con los resultados observados por otros autores en que el descriptor frutos rojos disminuyó con el aumento de la temperatura de almacenamiento (Hopfer et al., 2013).

El uso de la barrica, no generó efecto sobre los atributos analizados, pero si en la interacción con la temperatura de guarda en el descriptor acidez. Esto se observa en la Figura V.15C, los vinos provenientes de BU, presentaron más acidez si se conservaban a 15°C que a 25°C, mientras que los provenientes de



BN no presentan diferencias en acidez por la temperatura de almacenamiento. Aunque, estas diferencias no se observaron analíticamente (Sección V.2). El tipo de cierre empleado generó diferencias en el descriptor madera y acidez, presentando mayores valores del atributo madera aquellos vinos que se empleó tapa a rosca y percibiéndose más ácidos los vinos con cierre corcho (Figura V.14B y C).

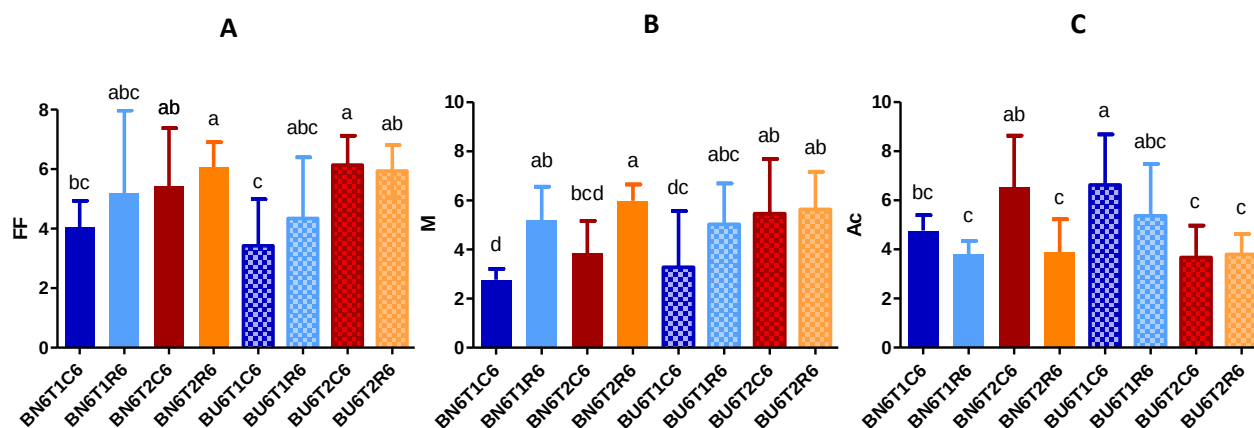


Fig. V.15. Variación de valores medios en atributos sensoriales significativos del análisis organoléptico de vinos Malbec conservados 6 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas durante 6 meses. **(A)** Fruta fresca. **(B)** Madera. **(C)** Acidez. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$). BN; bodega nueva, BU; bodega usada, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

V.7.1.2 Nueve meses en botella

A los nueve meses de conservación en botella, los vinos B6 fueron analizados sensorialmente. En este punto de muestreo, el análisis de la varianza multivariado (MANOVA, Anexo V.8), confirmó que existen diferencias entre los vinos analizados, pero ninguna de las variables medidas permitió distinguir los tratamientos. Esto también pudo observarse por el análisis de componentes principales que solo explicó el 60% de la varianza de los datos, aunque se observaron tratamientos diferentes, es decir elipses que no se superponen (gráfico no mostrado).

V.7.1.3 Doce meses en botella



El análisis de la varianza multivariado (MANOVA, Anexo V.8), confirmó que los vinos almacenados durante 12 meses en botella que provenían de la guarda en barricas nuevas y usadas durante 6 meses eran sensorialmente diferentes. Por otra parte, un 80% de variabilidad de los datos fue explicada por el análisis de componentes principales (Figura V.16). En esta grafica se observa que los vinos se agruparon según la temperatura que fueron conservados. Sentido positivo de la CP1, reúne los vinos conservados a 15°C, y los descriptores asociados son mayor intensidad colorante, amargo, intensidad aromática, fruta deshidratada, matiz violeta. Sentido negativo de la CP1, agrupa los vinos conservados a 25°C, y menores valores en los atributos anteriores. También se observa que la CP2, divide a los vinos según el cierre utilizado (sentido positivo tapa a rosca, sentido negativo corcho).

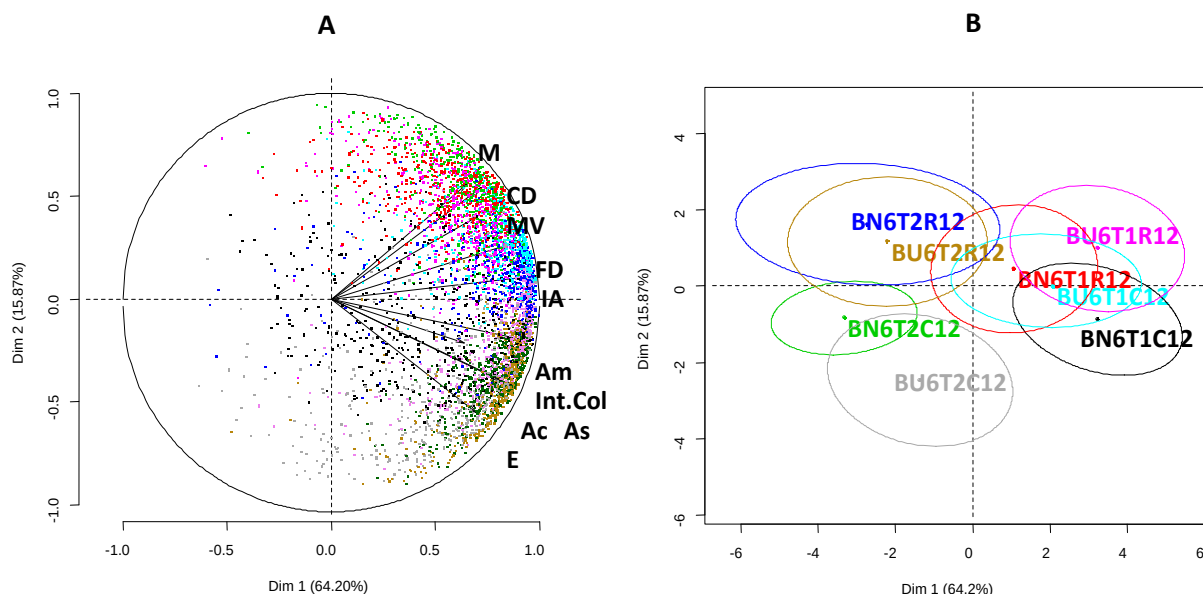


Fig.V.16. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados 12 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas durante 6 meses. Biplot del Análisis de componentes principales (ACP) para describir diferencias entre tratamientos **(A)** Diagrama de la distribución de las variables (vectores). M; madera, CD; caramelizado, MV, matiz violeta, FD; fruta deshidratada, IA; intensidad aromática, Am; amargo, Int.Col; intensidad colorante, As; astringencia Ac; Acidez, E; especiado. **(B)** Diagrama de la distribución de los vinos (puntos, promedio de 3 repeticiones). BN; barricas nuevas, BU; barricas usadas, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

En los análisis confirmatorios (Figura V.17) se observa que los vinos conservados a 15°C presentaron mayor matiz violeta (Figura V.17A), aromas a caramelizado (Figura V.17C), fruta deshidratada (Figura V.17D) y madera (Figura V.17E). Lo observado en el atributo matiz violeta, el aroma a fruta deshidratada



y los grupos de aromas caramelizado y madera; podría estar vinculado con las diferencias observadas por efecto de la temperatura en el contenido de antocianos (Sección V.4), norisoprenoides como la β -Damascenona y furanoides (furfural y 5 metil-furfural) y fenoles volátiles respectivamente (Sección V.6.2). Además, la mayor percepción en intensidad aromática global (Figura V.17B) a 15°C que a 25°C, podría relacionarse con el más elevado número de familias químicas de compuestos odorantes (Sección V.6.2), que presentaron concentraciones significativamente mayores a 15°C (furanoides y fenoles volátiles) que a 25°C (norisoprenoides).

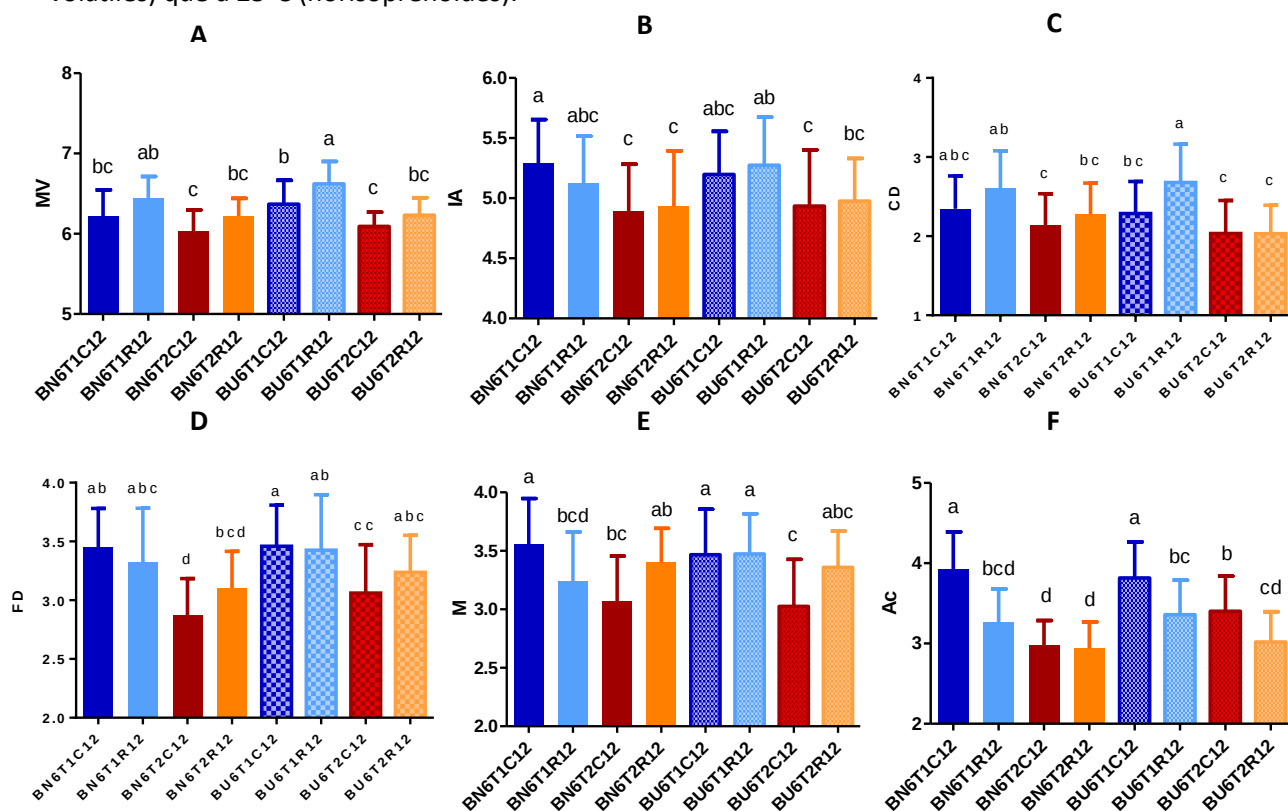


Fig. V.17. Variación de valores medios en atributos sensoriales significativos del análisis organoléptico de vinos Malbec conservados 12 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas durante 6 meses. **(A)** Matiz violeta. **(B)** Intensidad aromática. **(C)** Caramelizado. **(D)** Fruta deshidratada. **(E)** Madera. **(F)** Acidez. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$). BN; barrica nueva, BU; barrica usada, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

Asimismo, lo encontrado para el matiz violeta concordaría con lo observado en la Sección V.4 y con los resultados presentados por otros autores (Espitia-López, 2011). Nuevamente, la acidez no podría



relacionarse con los resultados analíticos obtenidos. Además, (Puech, Vidal, Pegaz, Riou, y Vuchot, (2006) asegura que parámetros como acidez total, y pH son parámetros estables a las condiciones de conservación.

V.7.1.4 Dieciocho meses en botella

Debido a que el factor uso de la barrica no generó diferencias significativas en los atributos analizados, a los 18 meses de conservación del vino en botellas, solo se analizaron sensorialmente la provenientes de BN. Con el análisis MANOVA (Anexo V.8) se observó que los tratamientos resultaron sensorialmente diferentes. Los atributos que permitieron a los panelistas diferenciar los tratamientos fueron intensidad colorante, matiz violeta e intensidad aromática.

El ACP explica (Figura V.18A y B) un 97,69% de la varianza de los datos experimentales y como se observa los panelistas pudieron diferenciar las muestras en dos grupos según la temperatura de conservación de las botellas (separación de las elipses según CP1). Los vinos conservados a 25°C tienden a separarse también según el cierre utilizado (tapa a rosca, sentido positivo de la CP2 y corcho natural, sentido negativo de la CP2). El análisis de conglomerados (Figura V.18C) muestra el efecto de la temperatura como factor de agrupamiento de las muestras, en concordancia con lo observado en el ACP. Los vinos conservados a 15°C durante 18 meses presentarían mayor intensidad colorante y aromática y madera que los conservados a 25°C. Finalmente, el análisis de la varianza multifactorial ($p < 0,05$), confirmó que los vinos presentaron diferencias estadísticamente significativas por efecto de T en los atributos intensidad colorante (Figura V.19A), matiz violeta (Figura V.19B), e intensidad aromática (Figura V.19C). Visualmente los vinos conservados a 15°C resultaron con mayor intensidad colorante y matiz violeta que los almacenados a 25°C. Esto es acorde con lo resultados presentados en la Sección V.4 en que analíticamente se encontró que los vinos a 15°C presentaron mayor concentración de antocianos, un color más vívido y menor tono que los conservados a 25°C durante 18 meses. Asimismo, también es congruente con los resultados del análisis de regresión (PLS), en la Sección III.6 del Capítulo III y con las



correlaciones químico-sensoriales observadas por otros autores (Hopfer et al., 2012, 2013; Robinson et al., 2010). En cuanto la intensidad aromática global que se percibió mayor en los vinos conservados durante 18 meses a 15°C que a 25°C, podría asociarse a también mayor número de familias químicas de compuestos odorantes (Secciones V.7.1 y V.7.2), que presentaron concentraciones significativamente mayores a 15°C (ésteres, furanos, fenoles volátiles y terpenos) que a 25°C (norisoprenoides).

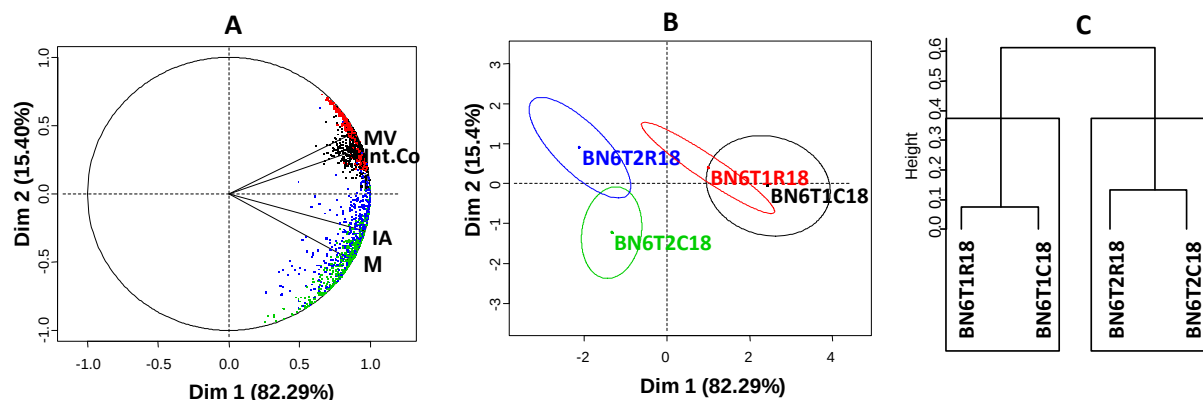


Fig.V.18. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados 18 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas nuevas durante 6 meses. Biplot del Análisis de componentes principales (ACP) para describir diferencias entre tratamientos (A) Diagrama de la distribución de las variables (vectores). M; madera, MV, matiz violeta, IA; intensidad aromática, Int.Col; intensidad colorante. (B) Diagrama de la distribución de los vinos (puntos, promedio de 3 repeticiones). (C) Dendrograma representando la agrupación de los 4 tratamientos los atributos sensoriales. BN; barricas nuevas, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

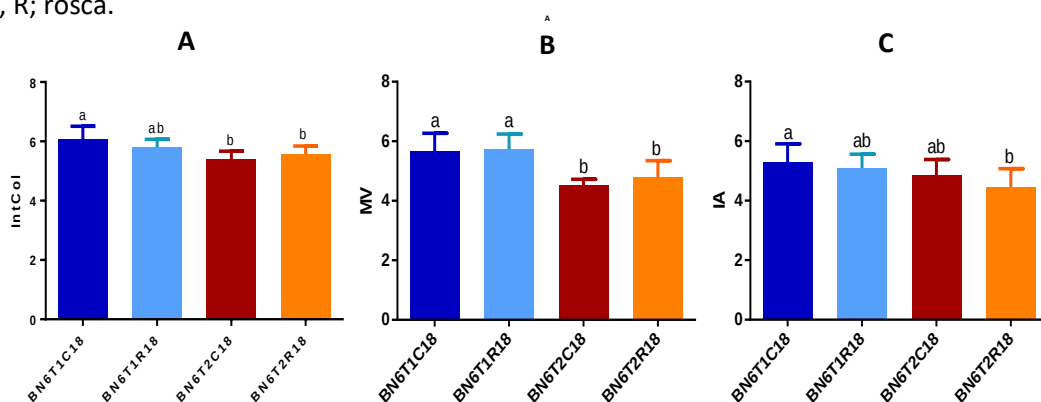


Fig. V.19. Variación de valores medios en atributos sensoriales significativos del análisis organoléptico de vinos Malbec conservados 18 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas nuevas durante 6 meses. (A) Intensidad colorante. (B) Matiz violeta. (C) Intensidad aromática. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$). BN; barrica nueva, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.



V.7.2 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 12 meses en barricas, durante los 12 meses de conservación en botella.

V.7.2.1 Seis meses botella

En una primera instancia, el análisis multivariado MANOVA (Anexo V.8) indicó que los vinos B12b6 eran diferentes sensorialmente en los atributos matiz violeta, madera, fruta deshidratada, amargo, acidez, astringencia. El ACP (Figura V.20) explica un 68% de la varianza de los datos experimentales. En el mismo se observa que la CP1 divide en su sentido positivo a los vinos conservados a T1, y en su sentido negativo a los vinos conservados a T2. Luego, los resultados del análisis sensorial, fueron confirmados con análisis de la varianza multifactorial (Figura V.21). Este análisis indicó que el factor temperatura fue clave en las sensaciones gustativas de los panelistas. Los atributos acidez, astringencia y amargo se percibieron significativamente más elevados en los vinos conservados a 15°C que a 25°C (Figura V.21E, V.21D, y V.21F respectivamente). Analíticamente, también se observó que la temperatura de almacenamiento fue significativa en la concentración de taninos precipitables (Sección V.4), estrechamente correlacionados con la percepción de astringencia y amargo en los vinos (Caillé et al., 2010; Sanctis, 2013). El descriptor fruta deshidratada dependió del cierre utilizado (Figura V.21B), predominando dicho atributo en los vinos sellados con tapa a rosca respecto de los de corcho natural. Aunque analíticamente (Sección V.6.3) el efecto del cierre no ha sido evaluado en estos vinos, el descriptor fruta deshidratada se asociaría con norisoprenoides, cuya composición puede modificarse por efectos físicos como la absorción en los tapones. Podría eliminarse entre un 50 a un 70% del norisoprenoide TDN por el uso de corcho natural respecto a tapa (Capone et al., 2003).

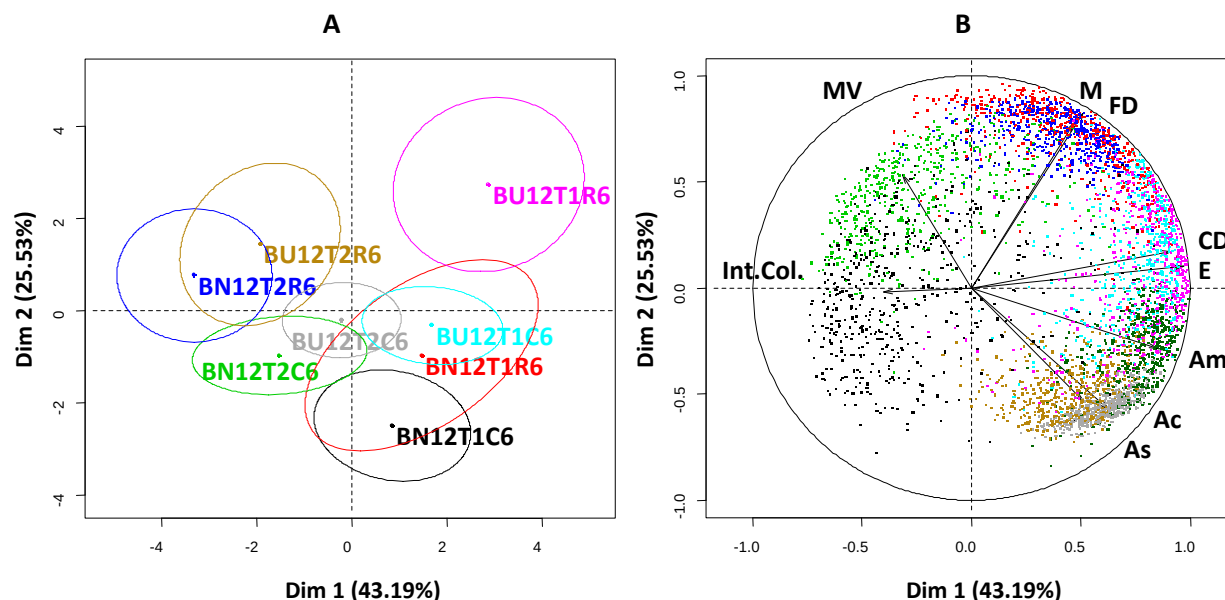


Fig.V.20. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados 6 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas durante 12 meses. Biplot del Análisis de componentes principales (ACP) para describir diferencias entre tratamientos **(A)** Diagrama de la distribución de las variables (vectores). M; madera, MV, matiz violeta, Int.Col; intensidad colorante, FD; fruta deshidratada, CD; caramelizado, E; especiado, Ac; acidez, As; Astringencia, Am; Amargo. **(B)** Diagrama de la distribución de los vinos (puntos, promedio de 3 repeticiones). BN; barricas nuevas, BU; barricas usadas T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

Por otra parte, el uso de la bodega en general no tuvo ningún efecto sobre la mayoría de los descriptores analizados. Solamente en el descriptor madera (Figura V.21C) los panelistas lo percibieron con mayor intensidad en los vinos provenientes de BU12 respecto de los de BN12.

Finalmente, interacción de los factores cierre y temperatura de conservación fue significativa en el descriptor matiz violeta (Figura V.21A), solamente presentaron diferencias por el tipo de cierre los vinos que fueron conservados a 25°C (mayor matiz violeta en tapa a rosca que en corcho), aunque estos resultados no podrían justificarse desde lo analítico, ya que el factor cierre utilizado no fue significativo en la composición fenólica y el color de los vinos B12 (Sección V.4).

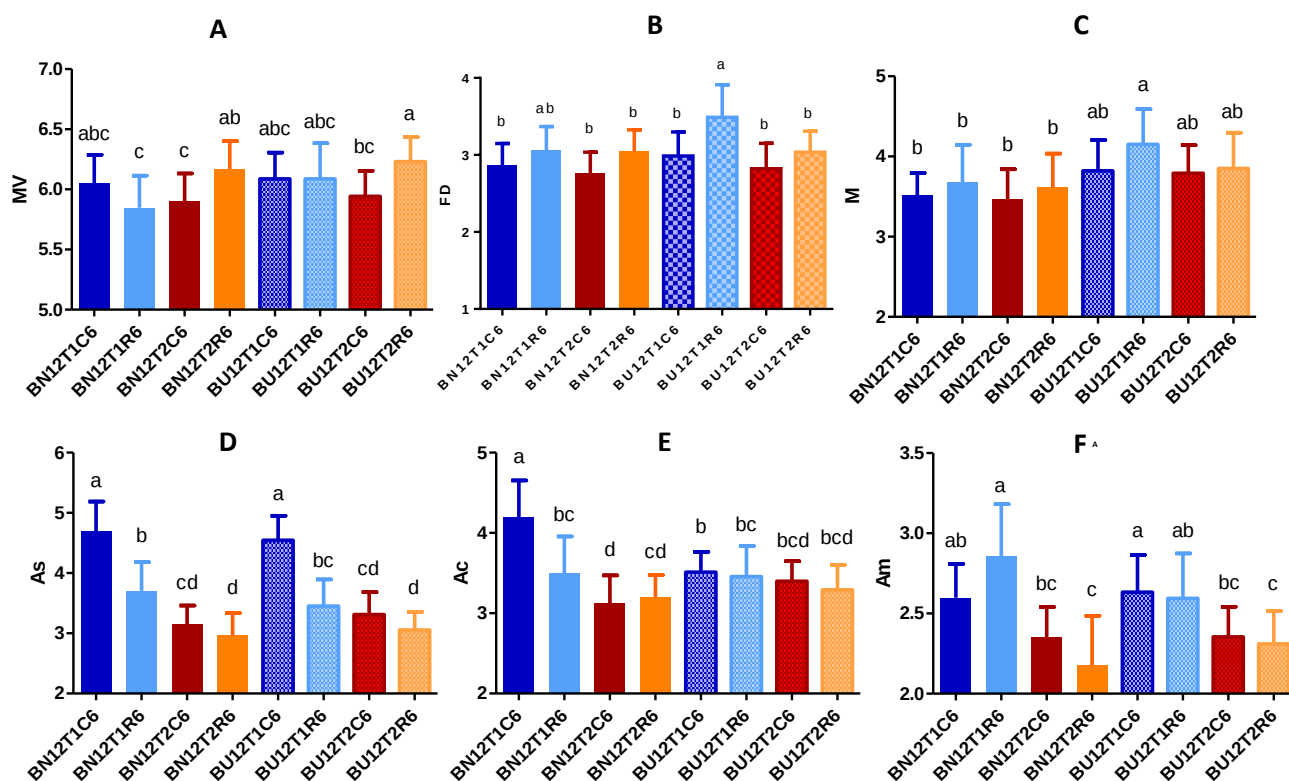


Fig. V.21. Variación de valores medios en atributos sensoriales significativos del análisis organoléptico de vinos Malbec conservados 6 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas nuevas durante 12 meses. **(A)** Intensidad colorante. **(B)** Matiz violeta. **(C)** Intensidad aromática. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$). BN; barrica nueva, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

V.7.2.2 Doce meses botella

Debido a que el uso de la barrica (BN-BU) no generó diferencias estadísticamente significativas en el perfil sensorial de los vinos B12b6, a los 12 meses de conservación en botellas se analizaron sensorialmente solamente los provenientes de barricas nuevas.

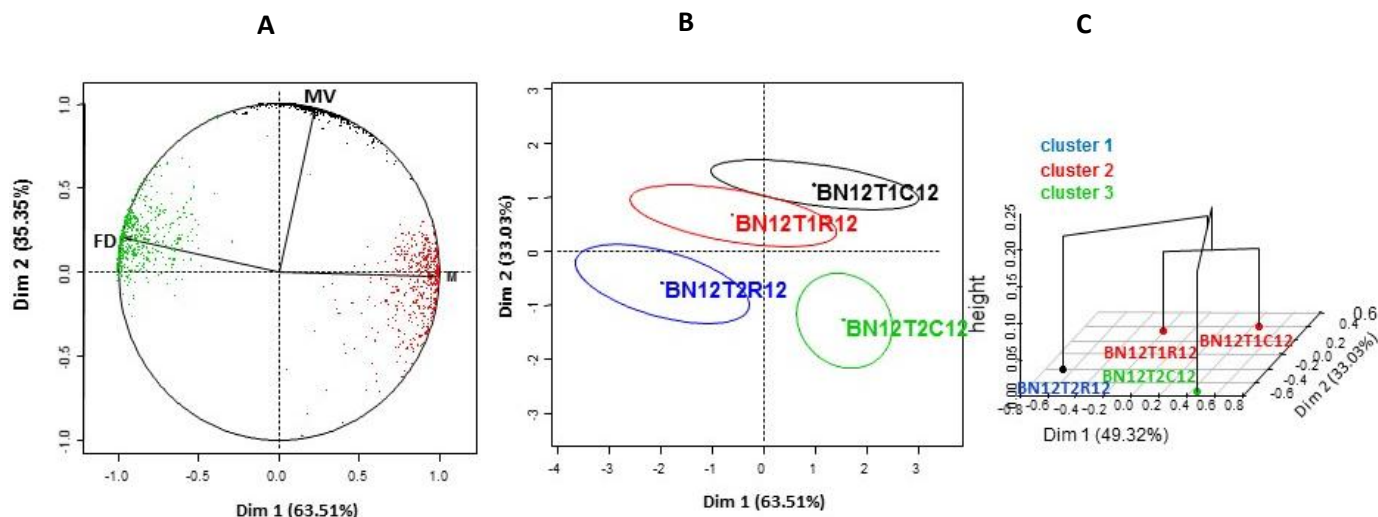


Fig.22. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados 12 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas nuevas durante 12 meses. Biplot del Análisis de componentes principales (ACP) para describir diferencias entre tratamientos **(A)** Diagrama de la distribución de las variables (vectores). M; madera, MV, matiz violeta, FD; fruta deshidratada. **(B)** Diagrama de la distribución de los vinos (puntos, promedio de 3 repeticiones). **(C)** Dendograma representando la agrupación de los 4 tratamientos los atributos sensoriales. BN; barricas nuevas, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

El análisis MANOVA (Anexo V.8) indicó que los vinos BN12b12 conservados 12 meses en botella, provenientes de la guarda en barricas nuevas resultaron diferentes sensorialmente y los atributos que permitieron diferenciarlos fueron, MV, FD y M. La Figura V.22 muestra el biplot del ACP que explica el 93,5% de la varianza de los datos. Los tratamientos se agruparon en tres clústeres (Figura V.22C), vinos conservados a 15°C no pudieron diferenciarse por el cierre utilizado (cluster 2). La CP1 divide los vinos conservados a 25°C según el cierre utilizado (cluster 1 y 3). El vino BN12T2C12 presentó mayor intensidad del descriptor madera y menor intensidad de fruta deshidratada que BN12T2R12 (Figura V.23C y B respectivamente). En cuanto a las diferencias observadas en el descriptor madera, podrían deberse a que los vinos tapados con cierres de mayor permeabilidad (corcho natural), desarrollarían aromas a tostado (asociados a madera) entre otros como lana mojada y oxidado (Silva et al., 2011). Las diferencias en el descriptor fruta deshidratada por el cierre utilizado, no podrían explicarse



analíticamente por carecer de estos datos (Sección V.6.3); pero si en relación a lo obtenido en la Sección III.8 del Capítulo III, en que los vinos a 25°C también se diferenciaron en el contenido de aromas complejos (FD) según el cierre utilizado, asimismo, algunos norisoprenoides pueden perderse en el corcho por fenómenos de absorción (Skouroumounis et al., 2005). El CP2 diferenció los vinos según la temperatura de conservación, presentando mayor matiz violeta los conservados a 15°C (clúster 2) que a 25°C. Esto, puede observarse en los análisis confirmatorios (Figura V.23A) y concuerda con lo observado analíticamente en el color y el contenido de antocianos (Sección V.4) de los vinos B12b12 y con lo observado por otros autores (Espitia-López, 2011).

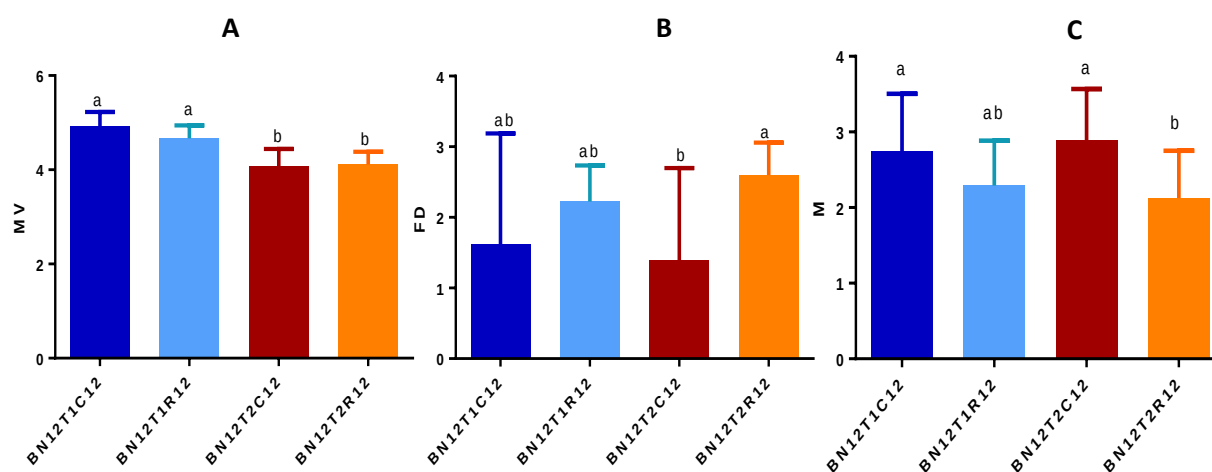


Fig. V.23. Variación de valores medios en atributos sensoriales significativos del análisis organoléptico de vinos Malbec conservados 12 meses en botellas y procedentes del añejamiento en barricas nuevas durante 12 meses. **(A)** Matiz violeta. **(B)** Fruta deshidratada. **(C)** Madera. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$). BN; barrica nueva, T1; temperatura de conservación de las botellas 15°C, T2; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.

V.7.3 Evolución sensorial de vinos provenientes del almacenamiento durante 18 meses en barricas nuevas, durante los 6 meses de conservación en botella.

Finalizados los 6 meses de conservación en botella, los vinos provenientes de los 18 meses de almacenamiento en barricas fueron analizados sensorialmente. Con el análisis MANOVA (Anexo V.8) se



observó que los tratamientos no generaron diferencias significativas en las variables sensoriales analizadas. El ACP y el test de Hotelling diferenciaron los vinos conservados a 15°C con cierre corcho, del resto de los tratamientos. BN18T1C8, se asociaría a mayor matiz violeta e intensidad colorante y un menor aroma de especiado, pero sin llegar a ser estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. Es posible que el tiempo de almacenamiento en botellas no sea lo suficiente para generar diferencias sensoriales por los tratamientos realizados.

V.8 Conclusiones parciales

Luego de observar diferentes combinaciones de tiempos en botella de vinos provenientes de distintos tiempos en barricas, se puede concluir que la composición química del vino se modificó principalmente por efecto del tiempo de conservación, temperatura de almacenamiento de las botellas y uso de las barricas y no tanto por la difusión de oxígeno a través del cierre. El tipo de cierre modificaría el oxígeno disuelto presente y sus variables asociadas, pero no la composición química y sensorial de los vinos Malbec.

La interacción temperatura-tiempo, explicaría las diferencias observadas en la composición fenólica, color y perfil sensorial de los distintos tiempos en botella analizados. Los vinos que se conservaron menos tiempo en barricas (6 meses) y más en botellas (18 meses), fueron los que más se diferenciaron por efecto de la temperatura de almacenamiento. Mientras que los vinos que procedían de 18 meses en barricas y luego permanecieron 6 meses en botellas, el factor uso de la barrica (nueva o usada) fue más importante en la diferenciación de los vinos. De aquí, la importancia de la temperatura de almacenamiento y de extender o disminuir el tiempo de permanencia en botella con el fin de atenuar o remarcar los efectos de la barrica y lograr diferentes estilos de vinos.



Bibliografía

- Ancín, C., Garde, T., Torrea, D., & Jimenez, N. (2004). Extraction of volatile compounds in model wine from different oak woods: Effect of SO₂. *Food Research International*, 37(4), 375–383.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.01.007>
- Arapitsas, P., Speri, G., Angeli, A., Perenzoni, D., & Mattivi, F. (2014). The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics*, 10(5), 816–832. <https://doi.org/10.1007/s11306-014-0638-x>
- Avizcuri, J. M., Sáenz-Navajas, M. P., Echávarri, J. F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2016). Evaluation of the impact of initial red wine composition on changes in color and anthocyanin content during bottle storage. *Food Chemistry*, 213, 123–134.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.050>
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). Juice and wine acidity. In S. S. M. N. York (Ed.), *Principles and practices of winemaking* (pp. 521–538).
- Caillé, S., Samson, A., Wirth, J., Diéval, J. B., Vidal, S., & Cheynier, V. (2010). Sensory characteristics changes of red Grenache wines submitted to different oxygen exposures pre and post bottling. *Analytica Chimica Acta*, 660(1–2), 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.11.049>
- Cano-López, M., López-Roca, J. M., Pardo-Minguez, F., & Gómez Plaza, E. (2010). Oak barrel maturation vs. micro-oxygenation: Effect on the formation of anthocyanin-derived pigments and wine colour. *Food Chemistry*, 119(1), 191–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.018>
- Capone, D. L., Sefton, M. A., Pretorius, I., & Høy, P. (2003). Flavour “scalping” by wine bottle closures. *Australia and New Zealand Wine Industry Journal*, 18(5), 16–20.
- Casassa, F., & Catania, A. (2006). Piranoantocianos, nuevos pigmentos en los vinos tintos. Aspectos científicos e implicancias tecnológicas. *Revista Enología N°3*, 36, 20p.
- Casassa, F., & Sari, S. (2007). Aplicación Del Sistema Cie-Lab a Los Vinos Tintos. Correlación con algunos



parámetros tradicionales. *Revista Enología*, 5(May-Jun).

http://www.researchgate.net/profile/L_Casassa/publication/259582055_APLICACION_DEL_SISTEMA_CIE-

[LAB_A_LOS_VINOS_TINTOS_CORRELACION_CON_ALGUNOS_PARAMETROS_TRADICIONALES/links/02e7e52cc2f09291a3000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/L_Casassa/publication/259582055_APLICACION_DEL_SISTEMA_CIE-LAB_A_LOS_VINOS_TINTOS_CORRELACION_CON_ALGUNOS_PARAMETROS_TRADICIONALES/links/02e7e52cc2f09291a3000000.pdf)

Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., & Pérez-Coello, M. S. (2013). Accelerated Aging against Conventional Storage: Effects on the Volatile Composition of Chardonnay White Wines. *Journal of Food Science*, 78(4). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12077>

Cheynier, V., Dueñas-Paton, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J. M., Sarni-Manchado, P., & Fulcrand, H. (2006). Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 298–05. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0334-5>

Clarke, R., & Bakker, J. (2004a). Basic taste and stimulant components. In *Wine flavour chemistry* (pp. 66–119).

Clarke, R., & Bakker, J. (2004b). Volatile components. In *Wine flavour chemistry* (pp. 120–188). <https://doi.org/10.1002/9781444346022>

Dalgleish, T., Williams, J. M. G. ., Golden, A.-M. J., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P. J., Au Yeung, C., Murphy, V., Elward, R., Tchanturia, K., & Watkins, E. (2007). Wine Microbiology. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 23–42.

Del Alamo Sanza, M., & Nevares Domínguez, I. (2006). Wine aging in bottle from artificial systems (staves and chips) and oak woods: Anthocyanin composition. *Analytica Chimica Acta*, 563(1-2 SPEC. ISS.), 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.030>

Di Rienzo, J. A., Macciavelli, R. E., & Casanoves, F. (2012). *Modelos Lineales Mixtos: aplicaciones en InfoStat*.

Dimkou, E., Ugliano, M., Dieval, J. B., Vidal, S., Aagaard, O., Rauhut, D., & Jung, R. (2011). *Impact of*



Headspace Oxygen and Closure on Sulfur Dioxide , Color , and Hydrogen Sulfide Levels in a Riesling Wine. 3(2005), 261–269. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11006>

Du Toit, M., & Pretorius, I. S. (2000). Microbial spoilage and preservation of wine: using weapons from Nature's own arsenal- A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21, 74–96.

Due, M., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2006). *Formation of anthocyanin – flavanol adducts in model solutions.* 563, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.10.062>

Espitia-López, J. (2011). *Efecto de la temperatura de añejamiento sobre el perfil de aromas y la capacidad antioxidante del vino tinto Ruby Cabernet.*

Fanzone, M. L., Peña-Neira, Á., Jofre, V., Assof, M., & Zamora, F. (2010). Phenolic characterization of Malbec wines from Mendoza province (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2388–2397. <https://doi.org/10.1021/jf903690v>

Fanzone, M. L., Zamora, F., Jofré, V., Assof, M., Gómez-Cordovés, C., & Peña-Neira, Á. (2012). Phenolic characterisation of red wines from different grape varieties cultivated in Mendoza province (Argentina). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 704–718.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4638>

Fernández De Simón, B., Cadahía, E., Hernández, T., & Estrella, I. (2006). Evolution of oak-related volatile compounds in a Spanish red wine during 2 years bottled, after aging in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *Analytica Chimica Acta*, 563(1-2 SPEC. ISS.), 198–203.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.10.067>

García-Estévez, I., Alcalde-Eon, C., Martínez-Gil, A. M., Rivas-Gonzalo, J. C., Escribano-Bailón, M. T., Nevares, I., & Álamo-Sanza, M. (2017). An approach to the study of the interactions between ellagitannins and oxygen during oak wood aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 6339–6378. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02080>

Garde, T., Lorenzo, C., Carot, J. M., Esteve, M. D., Climent, M. D., & Salinas, M. R. (2010). Effects of



composition, storage time, geographic origin and oak type on the accumulation of some volatile oak compounds and ethylphenols in wines. *Food Chemistry*, 122(4), 1076–1082.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.077>

Garde, T., Rodríguez Mozaz, S., & Ancín, C. (2002). Volatile composition of aged wine in used barrels of French oak and of American oak. *Food Research International*, 35(7), 603–610.

[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00151-X)

Godden, P., Lattey, K., Francis, L., Gishen, M., Cowey, G., Robinson, E., Waters, E., Skouroumounis, G., Capone, D., Kwiatkowski, M., Field, J., Coulter, A., Costa, D., & Bramley, B. (2005). *TOWARDS OFFERING WINE TO THE CONSUMER IN OPTIMAL CONDITION - THE*. 1–9.

Guedes De Pinho, P., R. C., Vivier, M. A., Young, P. R., Oliveira, C. M., Ferreira, A. C. S., Jorge, R., Ferreira, V., Molecular, B., & Centre, E. B. (2013). *Monitoring Carotenoids and Derived Compounds in Grapes and Port Wines : Impact on Quality*. In P. Winterhalter & S. Ebeler (Eds.), *Carotenoid Cleavage Products*.

Guaita, M., Petrozziello, M., Motta, S., Bonello, F., Cravero, M. C., Marulli, C., & Bosso, A. (2013). Effect of the closure type on the evolution of the physical- chemical and sensory characteristics of a Montepulciano d'Abruzzo rosé wine. *Food Chemistry*, 78(2), C160–C169.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12022>

Han, G., Ugliano, M., Currie, B., Vidal, S., Di??val, J. B., & Waterhouse, A. L. (2015). Influence of closure, phenolic levels and microoxygenation on Cabernet Sauvignon wine composition after 5 years' bottle storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 36–43.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.6694>

Harbertson, J. F., Picciotto, E. A., & Adams, D. O. (2003). Measurement of Polymeric Pigments in Grape Berry Extracts and Wines Using a Protein Precipitation Assay Combined with Bisulfite Bleaching. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(4), 301–306.



- He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012a). Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules*, 17(2), 1571–1601. <https://doi.org/10.3390/molecules17021571>
- He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012b). Anthocyanins and their variation in red wines II. Anthocyanin derived pigments and their color evolution. *Molecules*, 17(2), 1483–1519. <https://doi.org/10.3390/molecules17021483>
- Hofmann, T., Glabasnia, A., Schwarz, B., Wisman, K. N., Kelly, A., & Hagerman, A. E. (2006). Protein Binding and Astringent Taste of a Polymeric Procyanidin, 1,2,3,4,6-Penta-O-galloyl- β -D-glucopyranose, Castalagin and Grandinin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(25), 9503–9509. <https://doi.org/10.1021/jf062272c>. Protein
- Hopfer, H., Buffon, P. A., Ebeler, S. E., Heymann, H., Bu, P. A., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2013). The combined effects of storage temperature and packaging on the sensory, chemical, and physical properties of a cabernet sauvignon wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(13), 3320–3334. <https://doi.org/10.1021/jf3051736>
- Hopfer, H., Ebeler, S. E., & Heymann, H. (2012). The combined effects of storage temperature and packaging type on the sensory and chemical properties of chardonnay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 10743–10754.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2012). *Resolución N.º C.61/12*. Recuperado el 21 de agosto del 2026, de https://consultas.inv.gov.ar/index.php?r=resoluciones/verpdf&server_name=ResolucionesC/2012/ResolucionC61-2012.pdf.
- Jackson, R. S. (2008). Chemical Constituents of Grapes and Wine. In *Wine Science* (pp. 270–323). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373646-8.50004-4>
- Jourdes, M., Lefeuvre, D., & Quideau, S. (2009). C-Glycosidic ellagitannins and their Influence on wine



chemistry. In F. Quideau, Stéphane (University of Bordeaux (Ed.), *Chemistry and biology of ellagitannins. An underestimated class of bioactive plant polyphenols* (pp. 320–365).

Karbowiak, T., Egis, R., Gougeon, D., Alinc, J., Brachais, L., Ed, F. R., Debeaufort, E., & Ee, A. (2010). *Wine Oxidation and the Role of Cork*. 52, 20–52. <https://doi.org/10.1080/10408390802248585>

Karonen, M., Oraviita, M., Mueller-Harvey, I., Salminen, J. P., & Green, R. (2015). Binding of an Oligomeric Ellagitannin Series to Bovine Serum Albumin (BSA): Analysis by Isothermal Titration Calorimetry (ITC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(49), 10647–10654.

Kilmartin, P. A. (2009). The oxidation of red and white wines and its impact on wine aroma. *Chemistry in New Zealand, January*, 1–5.
[http://www.nzic.org.nz/CiNZ/articles/CiNZ_kilmartin.pdf%5Cnfile:///Users/ericwilkes/Dropbox/Library.papers3/Files/12/12D6A996-AB4F-465D-B847-](http://www.nzic.org.nz/CiNZ/articles/CiNZ_kilmartin.pdf%5Cnfile:///Users/ericwilkes/Dropbox/Library.papers3/Files/12/12D6A996-AB4F-465D-B847-A1767541AD9F.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/5C3575A1-0BB8-4F37-A683-0DA3548B7E59)

[A1767541AD9F.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/5C3575A1-0BB8-4F37-A683-0DA3548B7E59](http://www.nzic.org.nz/CiNZ/articles/CiNZ_kilmartin.pdf%5Cnfile:///Users/ericwilkes/Dropbox/Library.papers3/Files/12/12D6A996-AB4F-465D-B847-A1767541AD9F.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/5C3575A1-0BB8-4F37-A683-0DA3548B7E59)

Lago-Vanzela, E. S., Procópio, D. P., Fontes, E. A. F., Ramos, A. M., Stringheta, P. C., Da-Silva, R., Castillo-Muñoz, N., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Aging of red wines made from hybrid grape cv. BRS Violeta: Effects of accelerated aging conditions on phenolic composition, color and antioxidant activity. *Food Research International*, 56, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.030>

Laurie, V. F., Law, R., Joslin, W. S., & Waterhouse, A. L. (2008). In situ measurements of dissolved oxygen during low-level oxygenation in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(2), 215–219.

Linsenmeier, A. W., Rauhut, D., & Sponholz, W. R. (2010). Ageing and flavour deterioration in wine. In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing wine quality: Volume 2: Oenology and wine quality* (pp. 459–493). <https://doi.org/10.1533/9781845699987.2.459>

Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2007). Main routes of oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5167–5170.



<https://doi.org/10.1021/jf0706023>

- Lopes, P., Tristan, R., Saucier, C., Teissedre, P. L., Monti, J. P., & Glories, Y. (2007). Anthocyanone A: a quinone methide derivative resulting from malvidin 3-O-glucoside degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2698–2704. <https://doi.org/10.1021/jf062875o>
- Loureiro, V. (2003). Spoilage yeast in the wine industry. *International Journal of Food Microbiology*, 86, 23–50. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00246-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00246-0)
- Marais, J. (1983). *Terpenes in the Aroma of Grapes and Wines: A Review*. 4(2), 49–58.
- Martínez, J. A., Melgosa, M., Pérez, M. M., Hita, E., & Negueruela, A. I. (2001). Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines. *Food Science and Technology International*, 7(5), 439–444. <https://doi.org/10.1106/VFAT-5REN-1WK2-5JGQ>
- Mercali, G. D., Jaeschke, D. P., Tessaro, I. C., & Marczak, L. D. F. (2013). Degradation kinetics of anthocyanins in acerola pulp: Comparison between ohmic and conventional heat treatment. *Food Chemistry*, 136(2), 853–857. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.024>
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012). Aging. In *Enological Chemistry* (pp. 389–403). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-388438-1.00022-4>
- Navarro Fernández, M. A. (2017). *Influencia de la especie botánica, del grado de tostado y del uso de las barricas de roble sobre los elagitaninos; consecuencias enológicas y sensoriales*. UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI.
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez-alonso, S., García-romero, E., Miquel, J., Hermosín-gutiérrez, I., & Zamora, F. (2016). Influence of the botanical origin and toasting level on the ellagitannin content of wines aged in new and used oak barrels. *Food Research International*, 87, 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.016>
- Navarro, M., Kontoudakis, N., Gómez, S., García, E., Joan, R., Canals, M., Hermosín, I., & Zamora, F. (2018). Influence of the volatile substances released by oak barrels into a Cabernet Sauvignon red



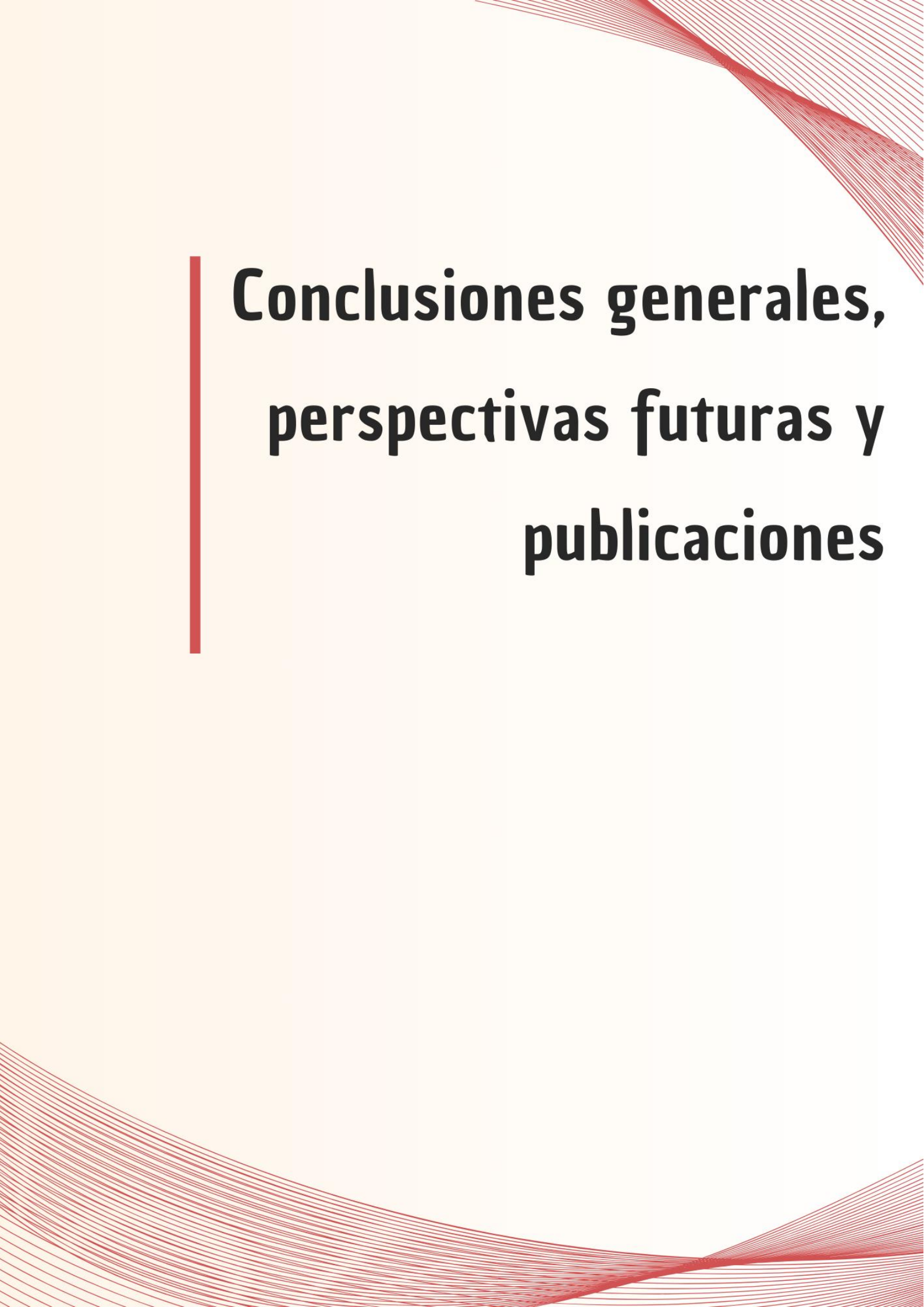
- wine and a discolored Macabeo white wine on sensory appreciation by a trained panel. *European Food Research and Technology*, 244(2), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2951-x>
- Nonier Bourden, M. F., Vivas, N., Absalon, C., Vitry, C., Fouquet, E., & Vivas de Gaulejac, N. (2008). Structural diversity of nucleophilic adducts from flavanols and oak wood aldehydes. *Food Chemistry*, 107(4), 1494–1505. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.012>
- Pereira, V., Cacho, J., & Marques, J. C. (2014). Volatile profile of Madeira wines submitted to traditional accelerated ageing. *Food Chemistry*, 162, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.039>
- Petit, E., Jacquet, R., Laurent, P., Deffieux, D., & Quideau, S. (2019). Reactivity of wine polyphenols under oxidation conditions: Hemisynthesis of adducts between grape catechins or oak ellagitannins and odoriferous thiols. *Tetrahedron*, 75, 551–560. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2018.11.071>
- Pickering, G. J., Blake, A., & Kotseridis, Y. (2009). Effect of closure, packaging and storage conditions on impact odorants of wine. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(SPEC. ISS.), 10–13.
- Puech, C., Vidal, J. C., Pegaz, J. F., Riou, C., & Vuchot, P. (2006). Influence of the storing conditions on the evolution of bottled wines. *Revue Des Oenologue*, 121, 13–16.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). Phenolic Compounds. In *Handbook of Enology* (2nd Editio, Vol. 2, Issue 1, pp. 142–203).
- Rienzo, J. A. Di, & Casanoves, F. (2012). *Modelos Lineales Mixtos InfoStat*.
- Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S., & Trengove, R. D. (2010). Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 337–347.
- Rodríguez-Rodríguez, P., & Gómez-Plaza, E. (2011). Effect of volume and toast level of french oak barrels (*Quercus petraea* L.) on cabernet sauvignon wine characteristics. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(3), 359–365. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10119>



- Rubio-Bretón, P., Garde, T., & Martínez, J. (2018). Use of oak fragments during the aging of red wines. Effect on the phenolic, aromatic, and sensory composition of wines as a function of the contact time with the wood. *Beverages*, 4(1–20). <https://doi.org/10.3390/beverages4040102>
- Sáenz-Navajas, M. P., Echavarri, F., Ferreira, V., & Fernández-Zurbano, P. (2011). Pigment composition and color parameters of commercial Spanish red wine samples : linkage to quality perception. *Eur Food Res Technol*, 232, 877–887. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1456-2>
- Sanctis, F. De. (2013). *Evolution of Phenolic Compounds and Astringency during Aging of Red Wine: Effect of Oxygen Exposure before and after Bottling*.
- Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R. R., & Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(December 2015), 713–722. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12196>
- Silva Ferreira, A. C., & Guedes De Pinho, P. (2004). Nor-isoprenoids profile during port wine ageing - Influence of some technological parameters. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.12.027>
- Silva, M. A., Julien, M., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2011). Impact of closures on wine post-bottling development: A review. *European Food Research and Technology*, 233(6), 905–914. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1603-9>
- Skouroumounis, G., Kwiatkowski, M. J., Francis, I. L., Oakey, H., Capone, D. L., Duncan, B., Sefon, M. A., & Waters, E. J. (2005). *The impact of closure type and storage conditions on the composition, colour and flavour properties of a Riesling and a wooded Chardonnay wine during five years' storage*. October. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00035.x>
- Sua, J. A., & Caldero, F. (2007). *Food Chemistry The production of ethylphenols in wine by yeasts of the genera Brettanomyces and Dekkera : A review*. 102, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.030>



- Tarasov, A., Garzelli, F., Schuessler, C., Fritsch, S., Loisel, C., Pons, A., Patz, C. D., Rauhut, D., & Jung, R. (2021). Wine storage at cellar vs. Room conditions: Changes in the aroma composition of riesling wine. *Molecules*, 26(20). <https://doi.org/10.3390/molecules26206256>
- Ugliano, M. (2013). Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26), 6125–6136. <https://doi.org/10.1021/jf400810v>
- Versari, A., Parpinello, G. P., & Mattioli, A. U. (2007). Characterisation of colour components and polymeric pigments of commercial red wines by using selected UV-Vis spectrophotometric methods. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 6–10.
- Vidal, S., Cartalade, D., Souquet, J. M., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2002). Changes in proanthocyanidin chain length in winelike model solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2261–2266. <https://doi.org/10.1021/jf011180e>
- Villamor, R. R., Harbertson, J. F., & Ross, C. F. (2009). Influence of tannin concentration, storage temperature, and time on chemical and sensory properties of cabernet Sauvignon and Merlot wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 442–449.
- Vivas, N., & Saint-Cricq de Gaulejac, N. (1998). Influence de la durée d'utilisation des barriques sur leurs apports aux vins. In *Actes du Colloque Sciences et Techniques de la Tonnellerie* (pp. 65–74). Bordeaux (France): Vigne et Vin publications Internationales.
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016a). Acids. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding wine chemistry* (pp. 19–33). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016b). Introduction. In John Wiley & Sons Ltd (Ed.), *Understanding Wine Chemistry* (pp. 131–139). <https://doi.org/10.1002/9781118730720>
- Zamora, F. (2019). Barrel Aging; Types of Wood. In *Red Wine Technology* (pp. 125–147). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00009-8>



Conclusiones generales, perspectivas futuras y publicaciones

CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones principales de cada ensayo se han mencionado anteriormente al final de cada capítulo; en esta sección se describirán brevemente los resultados más relevantes obtenidos y se explicará la implicación que en su totalidad representan y sus consecuencias sobre la Enología.

Por primera vez, pudo realizarse un estudio que analice de forma conjunta el efecto de las principales variables que intervienen en la etapa de la conservación del prestigioso vino Malbec.

Durante el desarrollo de esta tesis se han cumplido los objetivos específicos presentados en el plan de trabajo respondiendo al objetivo general del trabajo; que era identificar los factores que inciden en la conservación de vinos Malbec en barrica y en botella.

Respondiendo a las hipótesis planteadas se concluye que:

Los vinos jóvenes Malbec durante su conservación en barrica y botella modificaron su composición química y sensorial.

El perfil químico y sensorial de los vinos jóvenes embotellados fue modificado significativamente por el efecto conjunto de la interacción de los factores tiempo:temperatura de conservación, mientras que la concentración de oxígeno que dependió del tipo de cierre utilizado, generó diferencias significativas en muy pocas variables.

Si se conservan durante 24 meses vinos Malbec (San Pablo, Tupungato, Mendoza) a temperaturas elevadas de almacenamiento (25°C), se favorece el desarrollo de aromas complejos (te, tabaco, fruta deshidratada) y tonos pardos; mientras que, si se realiza a

15°C, se mantienen los colores violetas vivos típicos de los vinos jóvenes, independientemente del cierre utilizado.

El perfil químico y sensorial de los vinos jóvenes conservados en barricas se modificó principalmente por el tiempo de conservación en las mismas.

Si se conservan durante 18 meses vinos Malbec (San Pablo, Tupungato, Mendoza), en barricas nuevas y de 1 año de re-uso, variaría la evolución principalmente de los perfiles odorantes y de taninos elágicos; los procesos de difusión de oxígeno en barricas, parecería no afectar a este vino.

El perfil químico y sensorial de los vinos Malbec, procedentes de barricas, que fueron conservados en botellas, se modificó principalmente por el tiempo y la temperatura de conservación, y resultaron estables al tipo de cierre utilizado. Debido a la alta composición fenólica de los vinos Malbec provenientes de San Pablo, Tupungato, Mendoza, se generaría mayor resistencia a los procesos degradativos inducidos por la entrada de oxígeno a través de los tapones.

Se necesitaron, al menos, 12 meses de conservación en botella para generar diferencias de color apreciables por efecto de la temperatura de almacenamiento para los vinos provenientes de barricas, mientras que en los vinos que se embotellaban directamente del tanque estas diferencias ya eran observables a los 6 meses de conservación.

La tapa a rosca favorecería mayores concentraciones de norisoprenoides asociados a descriptores de fruta deshidratada, perceptibles sensorialmente, pero, estas diferencias con el corcho natural, se relacionarían con procesos de absorción de cierre y no de difusión del oxígeno.

Perspectivas futuras

A continuación, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se mencionan algunas propuestas sugeridas para investigaciones futuras

- Evaluar el efecto de la zona sobre la conservación del Malbec, considerando el efecto de las diferentes regiones vitivinícolas de la provincia de Mendoza.
- Valorar el efecto del año de cosecha (añada) en la conservación del Malbec. Si bien el clima en Mendoza es regular, el calentamiento global ha generado temporadas con precipitaciones excesivas que han afectado directamente en la calidad del viñedo.
- Considerar el efecto de temperaturas extremas (35-40°C) sobre la conservación de vinos embotellados. Atendiendo a que este varietal si demostró ser sensible a la temperatura de almacenamiento y estas temperatura son típicas del verano en Argentina y podrían registrarse en un transporte o almacenamiento descuidado de los mismos.

Presentaciones a Congresos, Jornadas o Reuniones Científicas relacionadas con la temática

-Giuffrida, M.; Pérez Álvarez, E.; Castellanos, R.; Assof, M.; Fanzone, M.; Jofré V. *Effect of closure and storage temperature on phenolic composition and colour of cv. Malbec wines (Mendoza, Argentina)*. España. Zaragoza-Argentina. 2018. Libro. Resumen. Congreso. MACROWINE 2018.

-Giuffrida, M.; Catania, A.; Castellanos, R.; Díaz, M.; Assof, M.; Fanzone, M.; Jofré V. *Evaluación de la conservación de vinos cv. Malbec (Mendoza, Argentina) mediante análisis sensorial y parámetros CIELAB*. Argentina. San Rafael-Argentina. 2018. Libro. Resumen. Congreso. CLICAP 2018.

-Giuffrida, M.; Castellanos, R.; Assof, M.; Abdala, L.; Fanzone, M.; Jofré, V. *Effect of closure types and storage temperature on the oxygen levels during ageing Malbec wines (Mendoza, Argentina)*. Argentina. Mendoza-Argentina. 2017. Libro. Resumen. Congreso. GIESCO 2017. INTA-INV-UNCuyo-CoViAr.

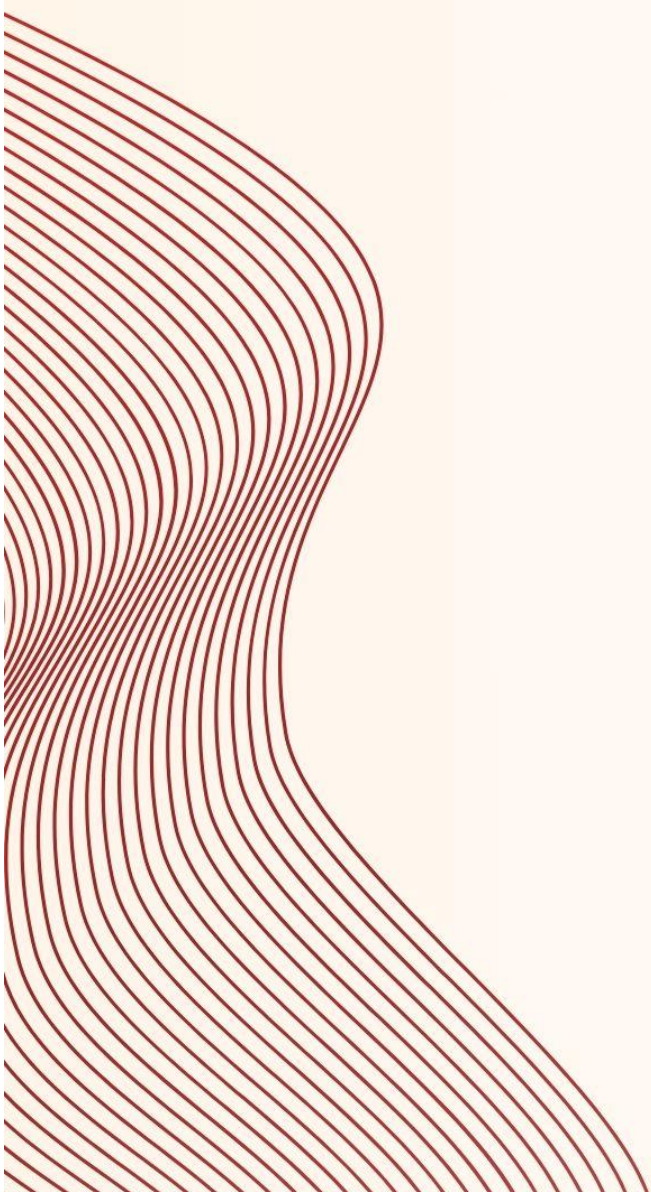
-Giuffrida, M.; Castellanos, R.; Assof, M.; Abdala, L.; Fanzone, M.; Jofré, V. *Efecto de distintas tecnologías de conservación sobre la composición fenólica y el color de vinos cv. Malbec de Mendoza (Argentina)*. Argentina. Mar del Plata. 2017. Libro. Resumen. Congreso. XVI CONGRESO CYTAL®. Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios.

-Giuffrida, M.; Castellanos, R.; Assof, M.; Fanzone, M.; Jofré, V. *Efecto del tipo de cierre y temperatura de conservación en botellas sobre la composición fenólica de vinos cv. Malbec. argentina*. Córdoba. 2016. Libro. Resumen. Congreso. VI CICYTAC 2016. Ministro de Ciencia y Tecnología Gobierno de Córdoba.

-Giuffrida, M.; Castellanos, R.; Assof, M.; Fanzone, M.; Jofré, V. *Evolución de pigmentos poliméricos y parámetros fenólicos globales en vinos cv. Malbec conservados en barricas*. Argentina. Córdoba. 2016. Libro. Resumen. Congreso. CICYTAC 2016. Ministro de Ciencia y Tecnología Gobierno de Córdoba.

Publicaciones

Giuffrida De Esteban, M.; Ubeda, C.; Heredia, F. J.; Catania, A.; Assof, M.; Fanzone, M.; Jofré, V. *Impact of closure type and storage temperature on chemical and sensory composition of Malbec wines (Mendoza, Argentina) during aging in bottle*. FOOD RESEARCH INTERNATIONAL. Amsterdam: ELSEVIER SCIENCE BV. 2019 Vol. 125.ISSN 0963-9969



ANEXOS

ANEXO I

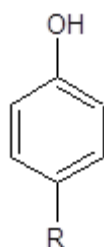
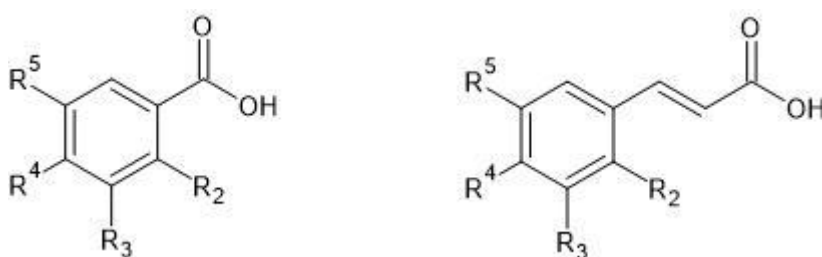


Fig. Suplementaria 1. Estructura básica de los compuestos fenólicos.



Ácidos benzoicos	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Ácidos cinámicos
Ácido p-hidroxibenzoico	H	H	OH	H	Ácido p-cumárico
Ácido protocatequina	H	OH	OH	H	Ácido cafeico
Ácido vanílico	H	OCH ₃	OH	H	Ácido ferúlico
Ácido gálico	H	OH	OH	OH	
Ácido siríngico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃	Ácido sinapínico
Ácido salicílico	OH	H	H	H	
Ácido gentísico	OH	H	H	OH	

Fig. Suplementaria 2. Ácidos fenólicos en uvas y vinos. Adaptado de (Ribéreau-Gayon et al., 2006c).

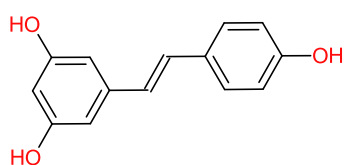


Fig. Suplementaria 3. Trihidroxi-3,5,4'-estilbeno (resveratrol). Adaptado de (Ribéreau-Gayon et al., 2006c).

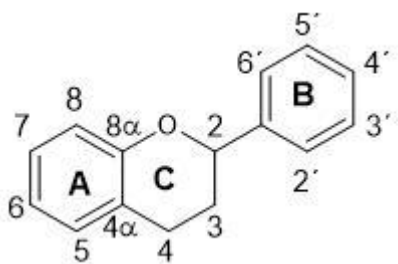
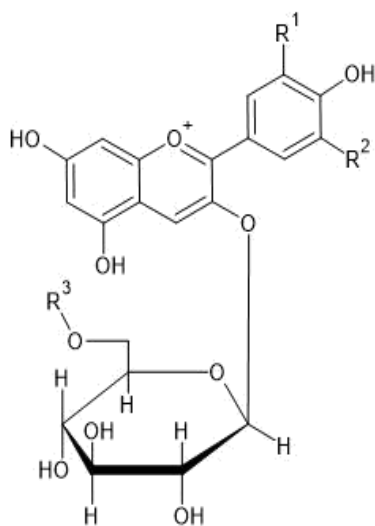


Fig. Suplementaria 4. Estructura y numeración de los flavonoides. Dos anillos bencénicos (A y B) unidos por un heterociclo oxigenado (C). Adaptado de Kennedy et al., 2006.



Antocianina	R ¹	R ²
Cianidina	OH	H
Delfinidina	OH	OH
Peonidina	OCH ₃	H
Petunidina	OCH ₃	OH
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃

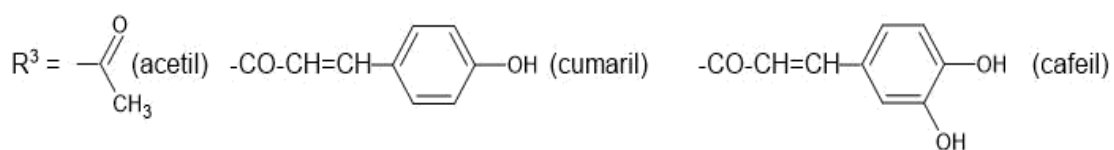
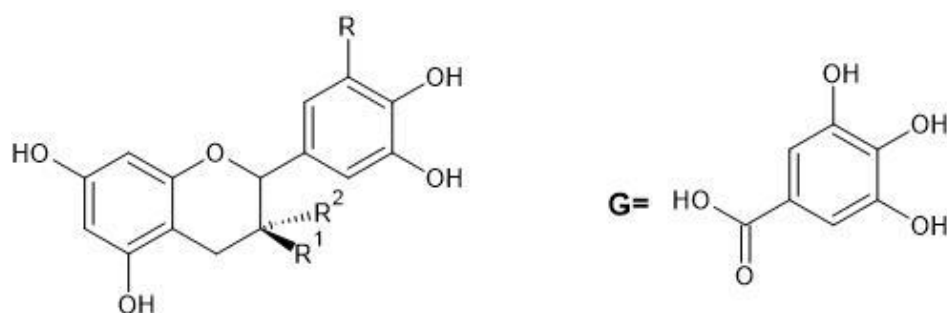


Fig. Suplementaria 5. Estructura química de las antocianinas presentes en vinos. Adaptado de (Monagas & Bartolom, 2009).



Monómeros	R	R ₁	R ₂
(+)-Catequina	H	OH	H
(-)-Epicatequina	H	H	OH
(+)-Galocatequina	OH	OH	H
(-)-Epigalocatequina	OH	H	OH
(-)-Epicatequina-3-galato	H	H	O-G
(+)-Galocatequina-3-galato	OH	O-G	H
(-)-Epigalocatequina-3-galato	OH	H	O-R

Fig. Suplementaria 6. Estructura química de catequinas presentes en uvas y vinos. Adaptado de Cheynier et al., (2006).

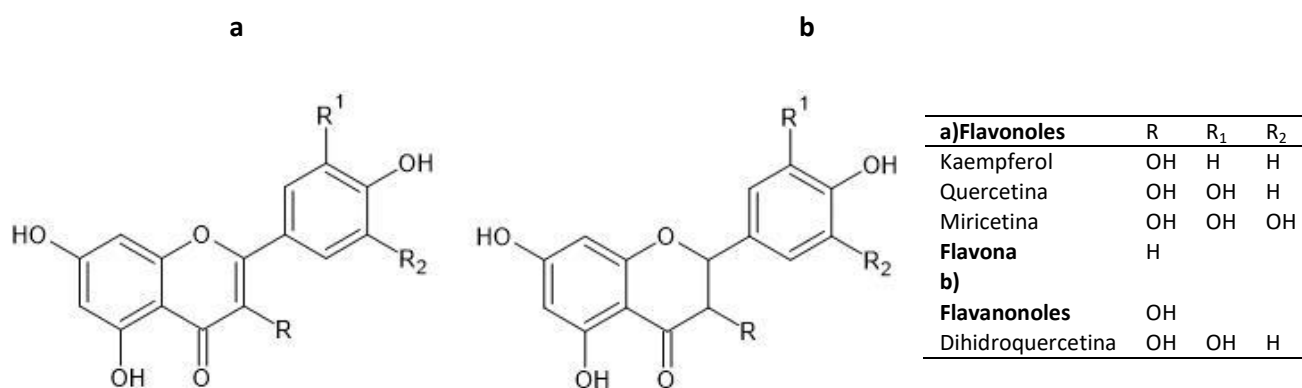


Fig. Suplementaria 7. Estructura química de flavonoides. a) Flavona (R= H) y Flavonol (R = OH); b) Flavanoles (R = OH). Adaptado de (Ribéreau-Gayon et al., 2006c).

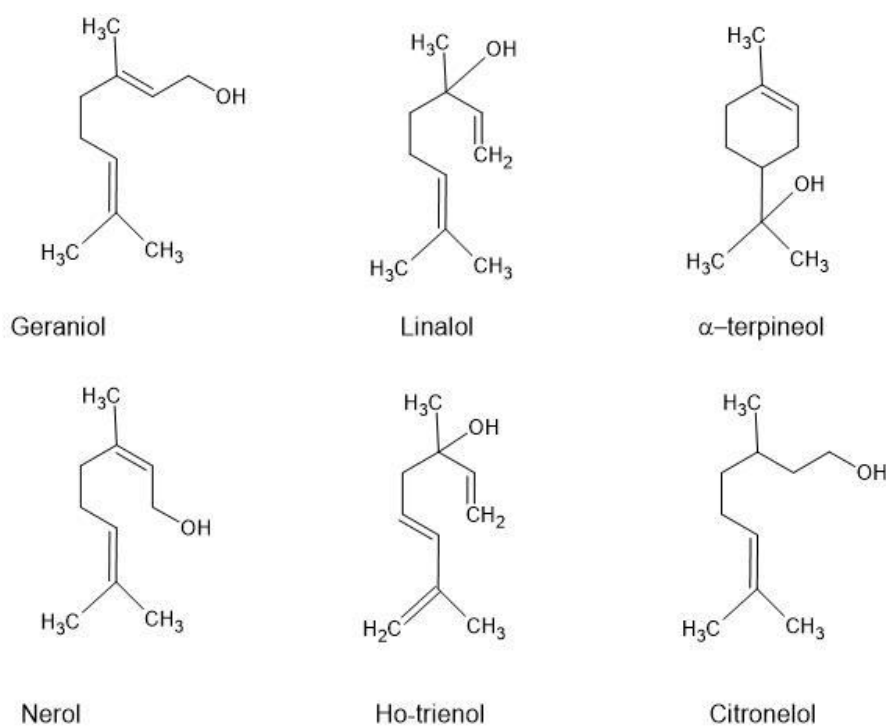
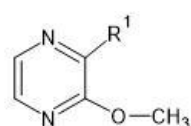


Fig. Suplementaria 8. Monoterpenos más importantes encontrados en uvas y vinos. Adaptado de Ribéreau-Gayon, Glories, Maujean, et al., 2006.



R ¹ : CH ₂ CH(CH ₃) ₂	2-metoxi-3-isobutilpirazina (IBMP)
R ¹ : CH(CH ₃) ₂	2-metoxi-3-isopropilpirazina
R: CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	2-metoxi-3-secbutilpirazina

Fig. Suplementaria 9. Principales metoxipirazinas encontradas en uvas y vinos. Adaptado de Ribéreau-Gayon, Glories, Maujean, et al., 2006.

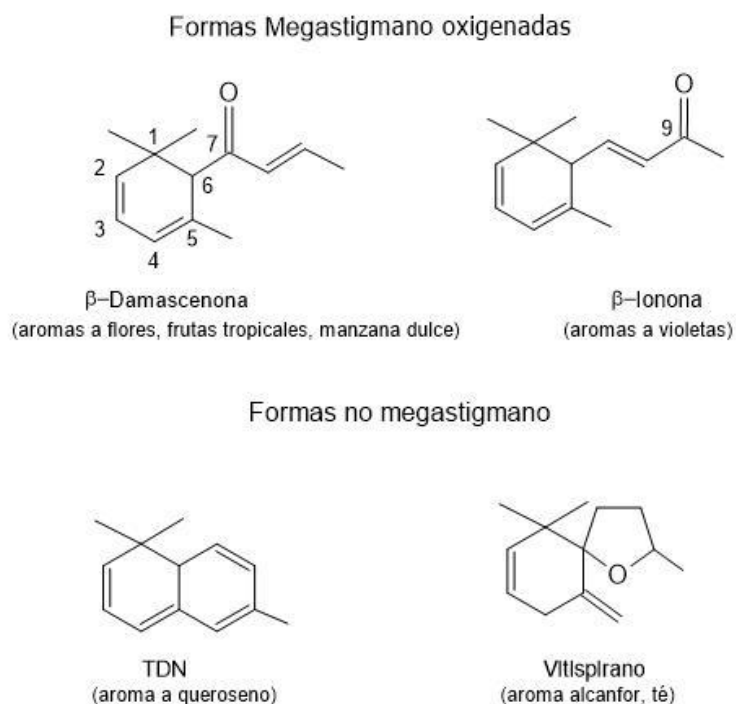


Fig. Suplementaria 10. Principales derivados C13-norisoprenoides encontradas en uvas.
Adaptado de Ribéreau-Gayon, Glories, Maujean, et al., 2006.

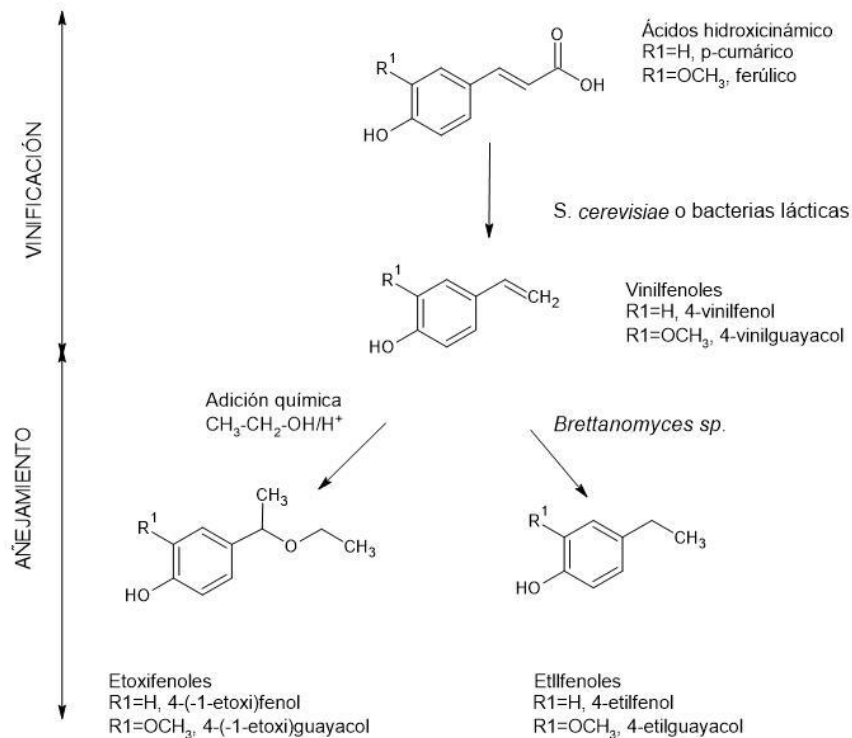


Fig. Suplementaria 11. Formación de fenoles volátiles durante la vinificación y el añejamiento.
Adaptación de Moreno & Peinado, (2012).

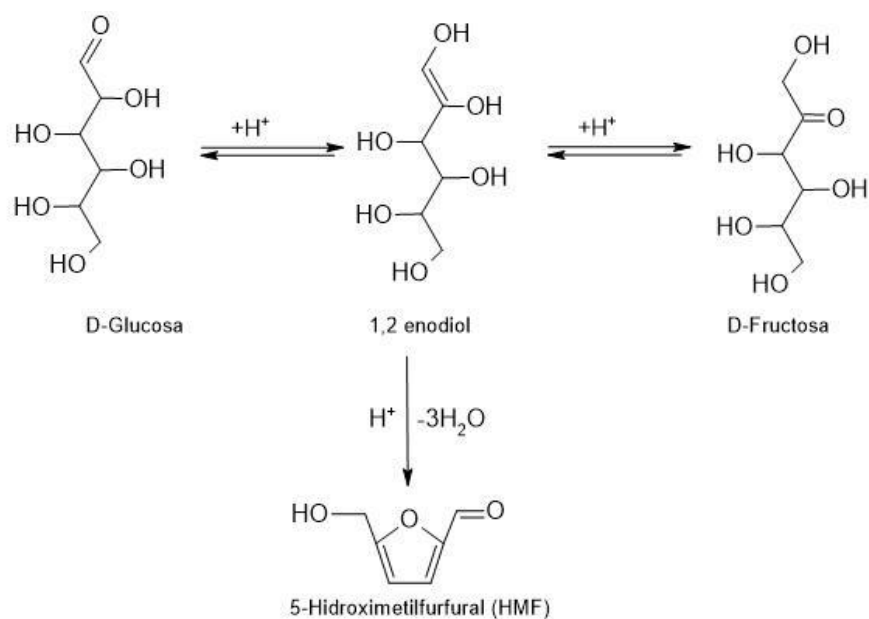


Fig. Suplementaria 12. Vía de formación de HMF (5-hidroximetilfurfural) por deshidratación de azúcar catalizada en medio ácido. Adaptado de Pereira et al., 2011.

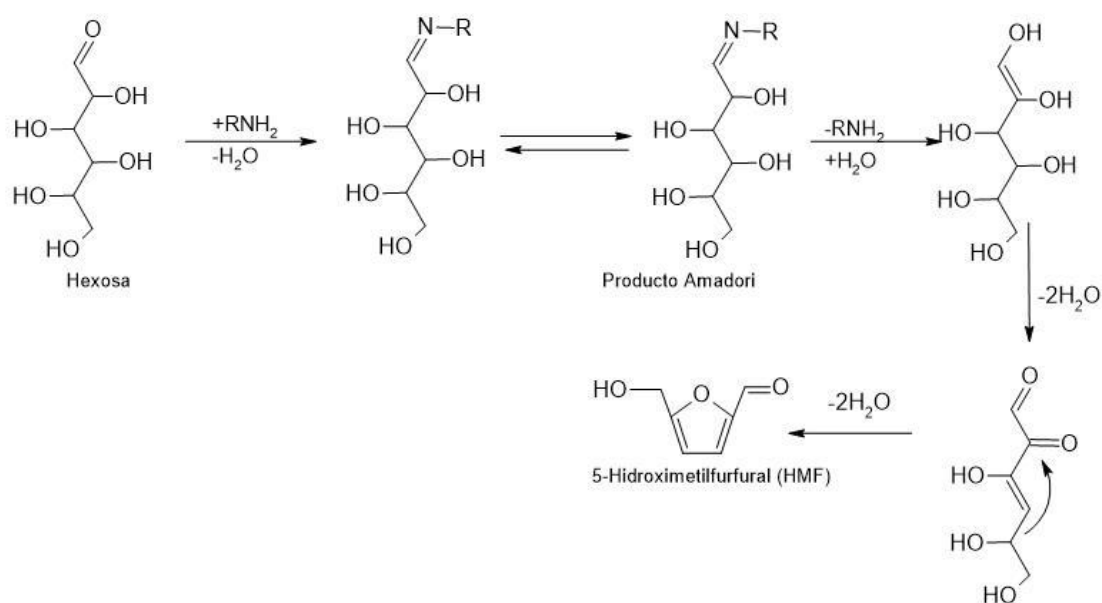


Fig. Suplementaria 13. Formación de HMF (5-hidroximetilfurfural) por reacción de Maillard. Adaptado de Linsenmeier et al., 2010.

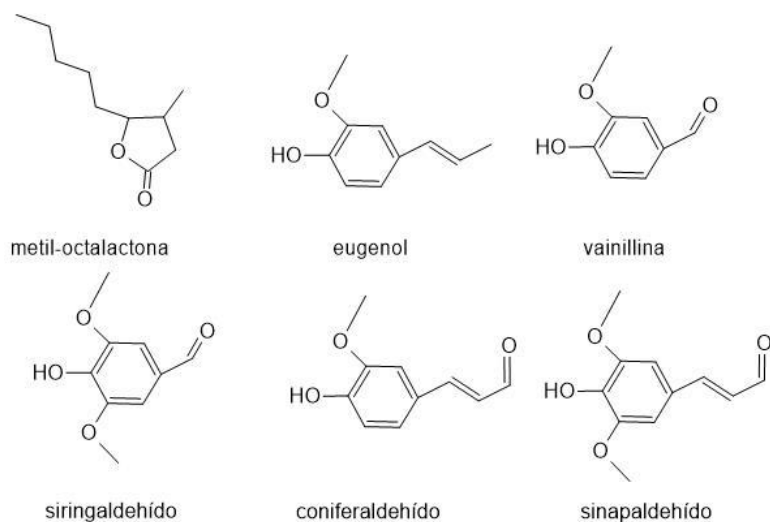


Fig. Suplementaria 14. Estructura de los principales compuestos volátiles identificados en extractos de madera de roble sin tostar. Adaptado de Ribéreau-Gayon et al., (2006a).

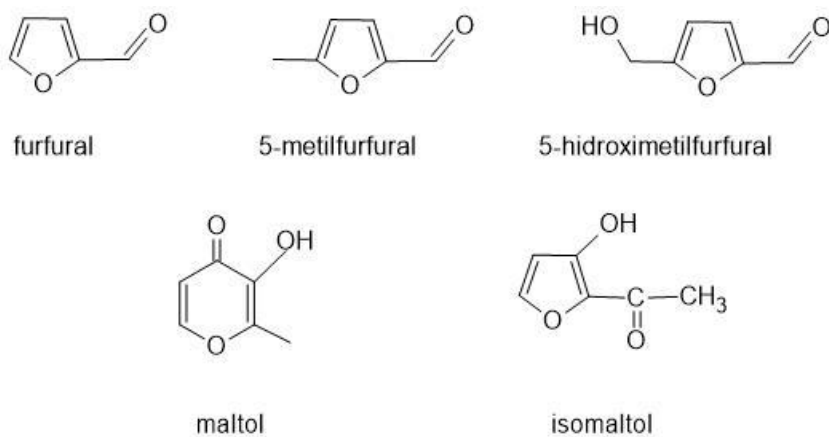


Fig. Suplementaria 15. Diversos compuestos que pueden desarrollarse por la degradación de polisacáridos durante el tostado del roble. Adaptado de Ribéreau-Gayon et al., (2006a).



Anexo III.1. Evolución de parámetros enológicos en vinos Malbec durante diferentes condiciones de almacenamiento.

Parámetro	Vino inicial	Tratamientos	Tiempo de conservación en botellas (meses)							
			2	6	9	12	15	18	21	24
Etanol (% v/v)	13,96	C-15	14,02 (0,11)	13,97 (0,18)	14 (0,40)	14,02 (0,21)	14,00 (0,07)	13,95 (0,39)	14,00 (0,11)	13,98 (0,37)
		R-15	14,03 (0,07)	13,99 (0,12)	14 (0,11)	14,02 (0,18)	14,00 (0,11)	14,00 (0,25)	14,00 (0,21)	14,01 (0,08)
		C-25	14,04 (0,07)	13,98 (0,22)	14 (0,25)	14,01 (0,26)	14,00 (0,11)	14,00 (0,15)	14,02 (0,18)	14,03 (0,29)
		R-25	13,98 (0,63)	13,97 (0,24)	14 (0,35)	14,01 (0,26)	14,01 (0,25)	14,00 (0,12)	13,98 (0,21)	14,03 (0,29)
Acidez total (g.L ⁻¹)	5,57	C-15	5,56 (0,45)	5,35 (2,51)	5,12 (3,70)	4,97 (1,16)	4,73 (2,44)	4,97 (2,32)	4,57 (2,53)	4,77 (1,21)
		R-15	5,61 (3,31)	5,42 (4,22)	5,10 (3,40)	5,03 (3,03)	4,77 (3,20)	5,00 (2,22)	4,53 (1,27)	4,77 (1,21)
		C-25	5,72 (2,81)	5,64 (2,05)	5,03 (3,03)	4,97 (5,07)	4,77 (1,21)	5,03 (0,50)	4,73 (2,44)	4,70 (2,13)
		R-25	5,67 (0,31)	5,54 (0,35)	5,03 (1,52)	4,93 (3,10)	4,80 (2,08)	4,97 (1,29)	4,70 (2,13)	4,67 (1,24)
Acidez volátil (g.L ⁻¹)	0,46	C-15	0,45 (3,42)	0,57 (17,54)	0,74 (0,78)	0,74 (4,05)	0,74 (2,34)	0,70 (11,43)	0,77 (1,51)	0,73 (1,37)
		R-15	0,44 (0,35)	0,56 (17,86)	0,76 (1,32)	0,76 (5,96)	0,76 (2,75)	0,75 (7,85)	0,77 (3,25)	0,77 (3,98)
		C-25	0,45 (2,22)	0,56 (18,90)	0,78 (1,97)	0,80 (0,72)	0,79 (2,53)	0,74 (10,01)	0,80 (2,17)	0,78 (1,28)
		R-25	0,44 (3,94)	0,67 (14,93)	0,77 (4,50)	0,78 (0,54)	0,76 (2,75)	0,72 (5,01)	0,81 (3,27)	0,79 (3,20)
pH	3,55	C-15	3,55 (0,16)	3,50 (0,85)	3,44 (0,29)	3,47 (0,44)	3,40 (0,29)	3,42 (0,45)	3,43 (0,36)	3,41 (0,59)
		R-15	3,54 (0,35)	3,50 (0,35)	3,43 (0,84)	3,46 (0,17)	3,40 (0,61)	3,40 (0,45)	3,41 (0,17)	3,41 (0,17)
		C-25	3,55 (0,28)	3,52 (0,21)	3,42 (0,17)	3,47 (0,29)	3,40 (0,29)	3,40 (0,45)	3,42 (0,74)	3,39 (0,45)
		R-25	3,54 (0,45)	3,50 (0,14)	3,43 (0,34)	3,47 (0,44)	3,40 (0,61)	3,39 (0,51)	3,42 (0,45)	3,39 (0,34)
Ácido tartárico (g.L ⁻¹)	2,10	C-15	2,07 (1,40)	2,03 (5,97)	2,01 (2,55)	1,60 (6,25)	1,78 (3,65)	1,61 (2,18)	1,79 (0,32)	1,66 (3,35)
		R-15	2,03 (3,20)	2,04 (5,39)	2,02 (3,01)	1,70 (2,94)	1,70 (8,99)	1,68 (2,46)	1,85 (2,05)	1,61 (3,46)
		C-25	2,24 (0,45)	2,52 (8,25)	1,80 (6,13)	1,73 (6,12)	1,67 (3,29)	1,67 (1,51)	1,84 (0,83)	1,60 (2,52)
		R-25	2,14 (5,05)	2,44 (14,20)	1,85 (1,25)	1,72 (4,22)	1,66 (0,35)	1,61 (0,62)	1,82 (3,96)	1,62 (1,23)
Ácido málico (g.L ⁻¹)	nd	C-15	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
		R-15	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
		C-25	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
		R-25	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
Ácido láctico (g.L ⁻¹)	1,45	C-15	1,40 (3,57)	1,34 (1,73)	1,33 (1,30)	1,33 (9,48)	1,34 (5,69)	1,27 (1,81)	1,32 (4,64)	1,34 (1,88)
		R-15	1,41 (2,13)	1,36 (2,98)	1,33 (3,79)	1,29 (11,16)	1,42 (3,52)	1,28 (3,15)	1,35 (6,70)	1,35 (1,28)
		C-25	1,40 (3,57)	1,29 (5,59)	1,33 (4,42)	1,35 (9,40)	1,33 (2,26)	1,32 (3,82)	1,38 (8,00)	1,35 (0,86)
		R-25	1,41 (2,13)	1,36 (3,68)	1,34 (4,54)	1,29 (11,16)	1,31 (9,63)	1,32 (2,00)	1,41 (5,12)	1,34 (1,97)
Ácido cítrico (g.L ⁻¹)	0,60	C-15	0,61 (1,90)	0,58 (5,97)	0,37 (13,73)	0,34 (24,19)	0,33 (13,21)	0,26 (9,56)	0,26 (11,6)	0,36 (18,22)
		R-15	0,62 (3,38)	0,58 (7,01)	0,44 (7,00)	0,34 (26,47)	0,46 (3,77)	0,25 (2,34)	0,25 (8,00)	0,34 (22,62)
		C-25	0,59 (8,06)	0,56 (5,71)	0,50 (18,46)	0,31 (11,63)	0,38 (11,47)	0,24 (17,08)	0,24 (14,43)	0,44 (29,72)
		R-25	0,60 (1,94)	0,51 (2,25)	0,46 (24,92)	0,3 (14,53)	0,41 (17,83)	0,22 (14,39)	0,23 (4,35)	0,47 (2,13)

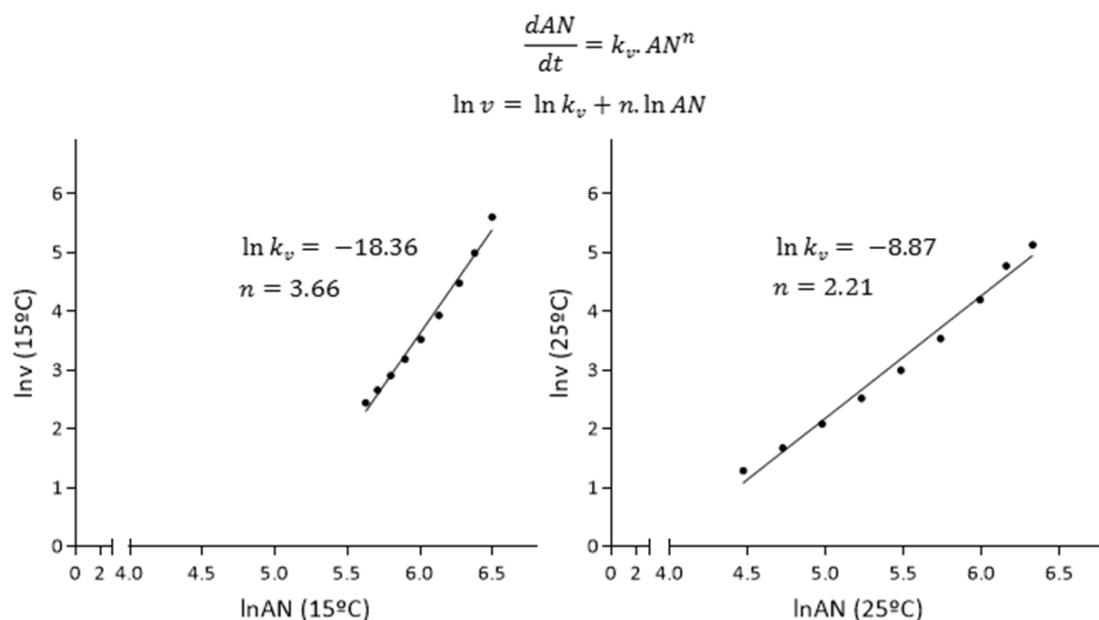
Valores medios (3 repeticiones), SDR% entre paréntesis. Los análisis se describen en el Capítulo de Materiales y métodos. C, corcho; R, tapa a rosca; 15, temperatura de almacenamiento 15°C; 25, temperatura de almacenamiento 25°C.



Anexo III.2. Evolución de la estabilidad microbiológica de vinos Malbec durante diferentes condiciones de añejamiento.

			Tiempo de conservación en botellas (meses)									
Grupo microbiológico	Vino inicial	Tratamientos	2	4	6	9	12	15	18	21	24	
Levaduras totales (CFU 50mL ⁻¹)*	< 1	C-15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		R-15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		C-25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		R-25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
<i>Brettanomyces/Dekkera</i> (UFC 50mL ⁻¹)	< 1	C-15	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	< 1	
		R-15	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	< 1	
		C-25	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	< 1	
		R-25	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	< 1	
Bacterias lácticas (UFC 50mL ⁻¹)	< 1	C-15	-	< 1	< 1	-	-	-	-	-	< 1	
		R-15	-	< 1	< 1	-	-	-	-	-	< 1	
		C-25	-	< 1	< 1	-	-	-	-	-	< 1	
		R-25	-	< 1	< 1	-	-	-	-	-	< 1	
Bacterias acéticas (UFC 100mL ⁻¹)	< 1	C-15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		R-15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		C-25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
		R-25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	

*UFC unidades formadoras de colonias. Valores medios (3 réplicas). Los análisis son descriptos en el Capítulo de Materiales y Métodos. C, corcho; R, tapa a rosca; 15, temperatura de almacenamiento 15°C; 25, temperatura de almacenamiento 25°C.



Anexo III.3. Estudios cinéticos sobre la evolución de antocianinas a diferentes temperaturas:

órdenes de reacción (n) y constantes de velocidad específicas (k_v).



Anexo III.4. Evolución de compuestos volátiles individuales en vinos Malbec durante condiciones diferentes de conservación.

			Tiempo de conservación (meses)								
LRI ^a	ID ^b	Compuestos volátiles	Vino inicial	Tratamiento	2	6	12	15	18	21	24
Alcoholes											
1108	A	Isobutanol (mg.L ⁻¹)	945,51	C-15	221,93 (19,37)	200,49 (16,10)	180,75 (11,27)	172,66 (8,62)	185,45(20,15)	139,81 (4,13)	157,19 (1,66)
				R-15	198,84 (30,09)	213,23 (5,01)	178,78 (0,73)	154,83 (15,50)	170,84 (16,25)	151,70 (2,68)	134,61 (16,60)
				C-25	174,73 (21,89)	228,94 (17,88)	168,07 (3,64)	145,68 (9,36)	187,73 (13,11)	153,63 (0,17)	178,26 (12,17)
				R-25	177,59 (5,67)	221,37 (2,31)	180,96 (5,04)	173,09 (4,10)	183,99 (3,14)	178,54 (3,06)	188,30 (2,33)
1172	A	1-Butanol (mg.L ⁻¹)	3,14	C-15	3,97 (20,57)	3,46 (4,76)	3,19 (6,51)	3,11 (8,42)	3,79 (1,12)	2,70 (5,58)	3,08 (6,40)
				R-15	4,07 (14,24)	4,04 (6,77)	3,41 (3,61)	3,06 (8,25)	3,16 (17,15)	2,92 (7,89)	2,76 (9,35)
				C-25	3,48 (12,44)	4,74 (3,92)	3,62 (5,62)	2,66 (5,87)	3,35 (10,57)	3,05 (13,53)	3,37 (11,89)
				R-25	3,71 (2,72)	4,01 (0,07)	3,31 (9,12)	3,03 (0,69)	3,53 (8,42)	3,69 (5,83)	3,75 (10,45)
1197	A	3-Metil-1-butanol (mg.L ⁻¹)	36,88	C-15	43,13 (11,79)	39,11 (1,23)	34,12 (8,86)	40,30 (5,26)	42,57(15,55)	33,49 (7,58)	35,94 (4,36)
				R-15	43,52 (7,98)	43,67 (2,45)	32,22 (0,43)	38,80 (8,35)	38,39 (16,94)	31,52 (11,15)	33,90 (11,26)
				C-25	40,03 (11,71)	48,33 (12,39)	31,40 (0,90)	37,75 (6,22)	40,93 (12,40)	37,67 (9,40)	42,79 (8,58)
				R-25	39,33 (2,10)	44,53 (2,65)	32,56 (1,09)	34,72 (1,27)	41,79 (12,29)	43,06 (2,52)	43,41 (3,09)
1315	C	4-Metil-1-pentanol (µg.L ⁻¹)	90,63	C-15	95,51 (15,98)	87,23 (13,68)	90,57 (0,22)	103,7 (10,34)	124,26 (17,45)	93,64 (2,11)	95,60 (8,15)
				R-15	92,04 (9,35)	98,21 (6,33)	80,65 (2,55)	95,95 (11,01)	111,89 (17,23)	84,81 (7,66)	94,46 (0,02)
				C-25	85,18 (5,57)	109,75 (14,97)	77,78 (0,38)	83,68 (3,65)	115,93 (20,12)	104,40 (4,26)	124,9 (9,92)
				R-25	92,00 (17,41)	103,01 (1,87)	82,01 (1,92)	94,73 (3,28)	113,95 (19,36)	120,03 (8,95)	136,94 (5,50)
1332	A	3-Metil-1-pentanol (µg.L ⁻¹)	197,45	C-15	192,25 (10,30)	141,79 (26,05)	194,39 (5,91)	209,63 (10,79)	225,01 (14,86)	173,62 (8,12)	184,08 (5,71)
				R-15	188,27 (3,48)	193,97 (3,11)	168,43 (1,78)	186,52 (12,25)	199,45 (8,98)	170,54 (10,51)	184,42 (3,67)
				C-25	173,80 (6,03)	214,99 (13,11)	162,89 (2,88)	171,40 (6,27)	215,51 (18,76)	201,11 (4,00)	231,83 (7,83)
				R-25	186,34 (12,48)	199,62 (0,43)	173,92 (0,59)	174,98 (2,34)	213,11 (6,81)	234,48 (4,60)	231,65 (7,41)
1391	A	Hexanol (mg.L ⁻¹)	5,09	C-15	5,19 (3,25)	4,48 (3,12)	5,06 (2,82)	4,89 (13,04)	5,46 (15,17)	4,68 (0,47)	4,74 (4,17)
				R-15	5,15 (0,27)	5,30 (2,02)	4,72 (2,97)	4,67 (10,20)	5,20 (9,75)	4,55 (4,83)	4,75 (3,32)
				C-25	4,95 (2,98)	5,72 (10,03)	4,64 (0,34)	4,51 (4,34)	5,26 (14,49)	5,03 (2,29)	5,58 (4,50)
				R-25	5,25 (11,91)	5,42 (1,56)	4,67 (1,45)	4,65 (0,51)	5,37 (11,54)	5,54 (3,73)	5,77 (5,99)
1478	A	Heptanol (µg.L ⁻¹)	25,82	C-15	24,21 (18,11)	20,30 (4,77)	25,34 (3,15)	29,76 (9,53)	31,45 (14,52)	29,21 (3,25)	27,95 (4,78)
				R-15	25,81 (10,49)	25,67 (3,26)	21,78 (4,58)	27,47 (4,51)	31,27 (5,97)	26,52 (0,05)	28,51 (1,24)
				C-25	24,56 (9,90)	26,75 (6,98)	22,97 (1,11)	28,78 (4,23)	31,36 (15,99)	32,24 (3,49)	34,18 (6,95)
				R-25	29,71 (23,64)	27,89 (4,87)	21,08 (2,62)	27,36 (1,68)	31,88 (6,03)	32,89 (1,48)	32,77 (2,35)
1534	C	2,3-Butanediol (µg.L ⁻¹)	860,23	C-15	1427,62 (36,89)	1624,91 (13,23)	950,02 (0,91)	1810,54 (32,16)	1179,54 (5,75)	1160,27 (1,10)	1372,23 (15,87)
				R-15	1773,19 (21,79)	1587,70 (18,47)	788,98 (2,01)	1526,19 (9,35)	1298,20 (0,54)	1364,12 (17,86)	1225,14 (6,45)
				C-25	1517,57 (20,27)	1202,65 (8,64)	1518,52 (3,14)	1272,74 (20,63)	1698,81 (32,76)	1105,86 (11,71)	1195,11 (21,42)
				R-25	1787,44 (22,74)	1776,9 (10,71)	1495,72 (2,16)	906,49 (9,49)	1746,19 (28,04)	1255,98 (6,59)	1218,62 (13,38)
1978	C	Alcohol bencílico (µg.L ⁻¹)	125,25	C-15	135,19 (2,37)	113,40 (4,25)	131,31 (3,92)	144,77 (10,15)	150,31 (13,99)	125,76 (2,99)	139,60 (10,02)
				R-15	138,93 (2,69)	155,05 (9,71)	112,56 (3,23)	136,93 (4,35)	144,75 (9,48)	124,67 (6,22)	131,42 (10,08)
				C-25	143,36 (15,47)	159,57 (13,50)	128,41 (8,21)	141,15 (1,41)	157,33 (8,11)	162,58 (9,01)	166,88 (9,17)
				R-25	146,38 (0,35)	148,29 (3,42)	130,05 (5,75)	133,13 (4,24)	166,91 (0,69)	173,09 (1,68)	175,08 (4,44)
2000	B ¹	Metionol (µg.L ⁻¹)	97,15	C-15	113,45 (6,31)	96,64 (5,36)	102,24 (7,59)	97,74 (4,34)	105,75 (8,71)	80,28 (2,65)	99,78 (3,34)
				R-15	123,33 (16,42)	69,91 (3,61)	84,25 (1,57)	87,56 (4,37)	94,45 (9,82)	85,19 (8,86)	84,52 (17,60)
				C-25	119,22 (21,15)	125,94 (17,22)	97,65 (11,19)	83,44 (1,24)	100,32 (9,71)	102,53 (9,76)	104,17 (15,77)
				R-25	132,01 (18,12)	131,76 (12,35)	102,66 (11,91)	84,62 (1,74)	104,08 (4,31)	105,36 (5,21)	107,34 (3,02)
2020	A	2-Feniletanol (mg.L ⁻¹)	117,86	C-15	125,10 (2,42)	115,36 (0,15)	115,84 (7,09)	141,85 (23,02)	158,27 (24,28)	101,49 (0,89)	131,31 (1,35)
				R-15	121,92 (4,51)	128,31 (2,95)	99,68 (2,68)	133,10 (2,55)	146,04 (22,91)	103,10 (12,03)	120,53 (12,46)
				C-25	105,32 (3,81)	140,38 (13,13)	106,96 (8,89)	133,90 (4,55)	159,62 (15,26)	146,09 (9,64)	168,29 (10,44)
				R-25	124,81 (2,35)	129,65 (1,73)	109,65 (6,78)	136,21 (0,84)	157,14 (11,95)	164,91 (6,08)	181,74 (2,26)
Esteres											
1074	A	2-Metilbutanoato de etilo (µg.L ⁻¹)	7,10	C-15	8,74 (6,47)	11,01 (23,89)	18,53 (2,91)	19,26 (35,17)	28,84 (37,89)	27,45 (12,47)	36,32 (0,31)
				R-15	8,58 (11,37)	12,76 (8,24)	18,16 (6,15)	14,47 (15,25)	30,65 (21,59)	22,64 (13,18)	36,37 (11,47)
				C-25	11,26 (7,73)	21,10 (17,06)	31,49 (6,38)	38,77 (7,30)	72,57 (19,60)	81,63 (4,96)	103,09 (4,65)
				R-25	10,27 (12,19)	18,81 (17,33)	34,20 (6,14)	48,65 (2,56)	72,34 (13,97)	89,79 (3,33)	102,85 (4,30)
1076	A	Butanoato de etilo (µg.L ⁻¹)	212,40	C-15	206,98 (9,54)	200,06 (5,28)	206,69 (4,37)	229,78 (23,57)	267,84 (18,66)	208,84 (2,46)	227,22 (10,47)
				R-15	210,12 (11,5)	213,84 (7,69)	188,42 (3,13)	214,81 (15,45)	258,24 (18,14)	192,64 (12,94)	218,57 (11,22)



			C-25	203,16 (10,58)	227,79 (14,72)	178,49 (6,68)	214,08 (14,3)	252,49 (12,49)	236,42 (4,36)	264,56 (6,22)
			R-25	195,03 (17,08)	222,23 (21,37)	196,02 (4,73)	224,01 (0,13)	258,86 (13,79)	250,40 (4,04)	266,61 (5,97)
1163	A	Acetato de isoamilo (mg.L ⁻¹)	C-15	4,68 (4,87)	3,94 (6,27)	3,28 (3,85)	2,24 (36,38)	2,55 (24,74)	1,65 (7,89)	1,76 (9,76)
			R-15	4,77 (7,38)	4,15 (13,80)	2,89 (6,73)	2,02 (14,70)	2,48 (20,31)	1,49 (22,47)	1,64 (12,25)
			C-25	4,28 (8,55)	3,66 (16,76)	1,45 (13,54)	1,15 (6,21)	1,49 (27,97)	1,13 (13,48)	1,21 (5,31)
			R-25	4,00 (25,80)	3,42 (24,05)	1,77 (5,29)	1,32 (10,65)	1,61 (20,27)	1,20 (0,79)	1,12 (17,79)
1246	A	Hexanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	C-15	470,17 (6,10)	384,02 (9,06)	429,02 (0,80)	255,74 (24,59)	397,4 (32,71)	251,07 (7,96)	325,64 (13,23)
			R-15	482,69 (1,17)	428,12 (21,44)	385,68 (7,74)	300,20 (17,21)	425,87 (19,14)	202,02 (22,44)	319,18 (0,59)
			C-25	468,92 (2,95)	459,99 (16,54)	352,63 (7,58)	274,84 (14,36)	386,03 (24,88)	331,37 (5,22)	392,90 (3,54)
			R-25	411,01 (18,07)	427,71 (30,69)	385,98 (3,79)	313,22 (7,79)	425,80 (25,96)	356,27 (5,17)	403,91 (12,47)
1306	A	Acetato de hexilo (μg.L ⁻¹)	C-15	331,08 (5,09)	255,03 (6,75)	201,22 (2,08)	123,81 (23,80)	129,15 (14,04)	72,88 (5,72)	90,92 (19,77)
			R-15	360,73 (0,19)	271,14 (23,07)	173,92 (10,40)	108,47 (2,50)	133,47 (15,95)	60,64 (8,15)	88,83 (21,44)
			C-25	296,49 (0,30)	198,74 (22,59)	37,54 (17,05)	12,11 (2,57)	33,46 (27,64)	12,98 (4,58)	16,17 (24,93)
			R-25	243,28 (18,99)	182,20 (29,29)	45,95 (4,62)	47,94 (19,20)	44,42 (31,51)	11,15 (5,45)	26,43 (29,35)
1334	A	Heptanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	C-15	10,53 (13,91)	8,11 (6,54)	9,17 (1,85)	8,41 (11,53)	9,38 (11,61)	7,2 (2,55)	8,04 (1,85)
			R-15	10,45 (1,56)	8,32 (18,25)	8,42 (5,97)	7,40 (7,25)	9,54 (6,75)	6,37 (2,78)	7,73 (0,09)
			C-25	10,40 (1,36)	8,92 (10,15)	8,24 (2,15)	7,46 (7,39)	9,71 (21,22)	8,10 (5,68)	8,37 (5,74)
			R-25	8,50 (1,75)	8,34 (22,38)	8,09 (3,32)	8,51 (16,78)	8,77 (9,76)	7,35 (1,15)	7,61 (4,74)
1400	A	Octanoato de metilo (μg.L ⁻¹)	C-15	7,12 (17,48)	2,84 (25,69)	3,12 (4,31)	2,22 (11,71)	2,41 (11,56)	1,59 (4,06)	1,83 (3,82)
			R-15	7,43 (22,57)	3,15 (39,50)	2,91 (14,58)	2,09 (32,51)	2,46 (0,92)	1,45 (6,35)	1,91 (3,16)
			C-25	7,19 (4,13)	2,95 (14,17)	2,04 (7,99)	1,56 (0,88)	1,92 (10,86)	1,41 (9,58)	1,64 (2,42)
			R-25	6,50 (8,70)	2,96 (36,61)	2,23 (8,24)	2,01 (13,99)	2,07 (4,45)	1,70 (2,03)	1,74 (3,11)
1413	C	Lactato de etilo (μg.L ⁻¹)	C-15	115,22 (5,58)	101,97 (1,28)	105,45 (5,34)	94,64 (19,79)	137,58 (4,46)	90,00 (5,41)	114,4 (14,86)
			R-15	109,60 (3,32)	99,25 (24,50)	97,66 (5,42)	84,44 (10,05)	103,84 (22,38)	90,53 (9,40)	97,06 (11,51)
			C-25	57,86 (17,45)	152,10 (12,28)	93,09 (0,88)	112,45 (5,50)	153,11 (18,17)	144,34 (20,75)	169,59 (17,78)
			R-25	63,34 (2,15)	114,74 (3,62)	93,75 (1,82)	124,75 (2,30)	148,65 (10,35)	167,28 (8,31)	183,74 (10,91)
1460	A	Octanoato de etilo (mg.L ⁻¹)	C-15	1,95 (9,69)	1,46 (1,75)	1,31 (1,74)	0,72 (4,94)	1,32 (27,33)	0,51 (8,76)	0,95 (4,18)
			R-15	2,05 (6,60)	1,48 (20,83)	1,25 (6,04)	0,76 (6,25)	1,22 (11,51)	0,41 (23,30)	0,88 (5,16)
			C-25	1,88 (4,59)	1,42 (17,88)	1,08 (3,18)	0,56 (12,35)	1,01 (29,89)	0,74 (10,51)	0,71 (4,63)
			R-25	1,46 (17,32)	1,51 (20,45)	1,15 (1,12)	0,94 (20,51)	1,11 (21,91)	0,76 (4,25)	0,89 (2,82)
1675	A	Succinato de dieilo (μg.L ⁻¹)	C-15	182,64 (14,33)	209,88 (1,54)	302,77 (4,67)	354,82 (19,42)	414,65 (19,33)	338,65 (1,79)	408,59 (1,12)
			R-15	164,75 (4,58)	236,13 (3,91)	280,31 (1,65)	318,46 (4,70)	390,02 (10,43)	348,12 (8,36)	390,01 (4,68)
			C-25	212,38 (4,16)	331,99 (8,85)	419,75 (1,90)	444,85 (0,81)	509,96 (11,61)	534,98 (5,88)	601,54 (9,39)
			R-25	229,04 (14,08)	327,49 (1,24)	418,86 (2,05)	440,04 (3,12)	509,49 (8,13)	571,31 (0,70)	611,09 (0,15)
1715	A	Decanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	C-15	1405,57 (12,64)	747,28 (33,62)	417,98 (8,31)	194,77 (0,87)	252,57 (19,2)	85,68 (7,96)	145,59 (2,81)
			R-15	1053,34 (18,28)	898,83 (3,44)	499,59 (19,83)	96,91 (7,35)	232,06 (10,75)	91,18 (1,71)	140,99 (2,34)
			C-25	1345,59 (15,36)	964,25 (4,24)	278,18 (9,10)	86,41 (30,38)	160,15 (13,86)	84,73 (0,46)	84,96 (7,55)
			R-25	779,87 (15,31)	982,92 (1,47)	421,98 (24,58)	128,46 (15,51)	136,39 (14,62)	77,80 (13,43)	64,94 (13,9)
1730	C	Succinato de metiletilo (μg.L ⁻¹)	C-15	6,62 (2,14)	6,73 (1,47)	6,92 (1,63)	6,96 (0,81)	7,10 (1,99)	7,01 (0,40)	7,15 (0,20)
			R-15	6,64 (3,73)	6,70 (0,30)	6,92 (0,61)	6,89 (8,41)	7,07 (1,30)	6,99 (0,51)	7,14 (0,79)
			C-25	6,69 (1,16)	6,99 (1,32)	7,24 (1,27)	7,34 (0,10)	7,51 (2,26)	7,70 (0,18)	7,83 (1,36)
			R-25	6,60 (1,39)	6,92 (1,23)	7,24 (0,59)	7,25 (0,49)	7,54 (0,38)	7,80 (0,27)	7,88 (0,18)
1769	C	Succinato de etilbutilo (μg.L ⁻¹)	C-15	193,85 (5,01)	183,54 (2,87)	201,72 (0,76)	242,75 (8,00)	267,39 (17,99)	227,99 (2,95)	259,19 (7,12)
			R-15	168,31 (11,81)	194,46 (3,20)	193,40 (3,35)	218,98 (21,35)	256,57 (1,34)	239,00 (1,80)	255,78 (2,81)
			C-25	173,7 (15,61)	204,21 (9,86)	208,13 (1,83)	251,35 (4,15)	295,19 (9,51)	310,41 (2,68)	329,12 (10,57)
			R-25	166,73 (5,64)	213,05 (0,64)	206,76 (3,98)	256,49 (0,45)	292,42 (0,64)	306,68 (8,77)	310,19 (2,64)
1851	A	Acetato de 2-feniletilo (mg.L ⁻¹)	C-15	2,79 (3,21)	2,03 (9,29)	1,92 (2,57)	1,37 (8,32)	1,31 (15,26)	0,98 (3,05)	0,99 (1,27)
			R-15	2,78 (4,41)	2,59 (3,93)	1,76 (4,67)	1,29 (4,70)	1,26 (7,94)	1,00 (2,72)	1,00 (1,06)
			C-25	2,55 (5,44)	2,25 (19,90)	1,28 (0,17)	0,81 (7,74)	0,95 (10,20)	0,82 (1,56)	0,81 (15,50)
			R-25	2,97 (13,17)	2,23 (3,31)	1,24 (2,48)	0,93 (3,99)	0,89 (3,03)	0,83 (6,37)	0,80 (2,75)
1869	B ²	Dodecanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	C-15	1284,46 (3,11)	863,39 (10,38)	274,75 (12,47)	244,95 (18,21)	311,97 (13,03)	208,87 (4,16)	245,45 (3,22)
			R-15	1505,07 (18,08)	793,01 (20,73)	207,96 (14,36)	228,84 (2,47)	247,21 (21,81)	201,26 (14,30)	230,53 (11,63)
			C-25	1311,5 (20,27)	750,32 (15,28)	196,19 (17,25)	206,74 (9,63)	277,77 (18,80)	263,03 (12,34)	332,99 (7,94)
			R-25	1510,18 (10,32)	794,28 (29,16)	216,05 (9,32)	265,72 (4,38)	280,22 (9,04)	295,94 (1,68)	333,20 (3,97)
1905	C	Succinato de etilisopentilo (μg.L ⁻¹)	C-15	50,74 (13,17)	36,98 (0,34)	38,16 (2,30)	28,58 (3,86)	26,87 (13,71)	21,18 (4,37)	24,34 (7,7)
			R-15	45,97 (3,40)	42,64 (7,44)	34,66 (6,02)	23,93 (5,41)	26,40 (1,61)	22,20 (5,77)	23,57 (4,35)
			C-25	51,14 (5,61)	44,23 (19,98)	37,43 (5,14)	23,79 (4,58)	27,10 (8,09)	25,98 (0,65)	26,06 (18,45)
			R-25	50,75 (6,76)	46,32 (1,59)	36,09 (10,82)	23,43 (3,29)	26,64 (1,49)	26,51 (7,79)	25,72 (3,74)
1973	C	Salicilato de metilo (μg.L ⁻¹)	C-15	45,13 (15,01)	36,56 (3,58)	38,09 (2,21)	36,94 (27,03)	37,74 (6,95)	25,55 (3,92)	32,10 (12,29)
			R-15	43,72 (15,77)	44,98 (4,23)	36,56 (3,60)	33,11 (8,91)	34,66 (8,66)	28,63 (11,43)	31,80 (2,01)
			C-25	41,36 (1,28)	49,45 (23,73)	41,38 (4,48)	38,54 (10,93)	49,18 (16,94)	42,68 (4,39)	48,38 (8,97)
			R-25	49,35 (8,78)	53,56 (11,05)	45,85 (9,86)	44,01 (0,59)	44,01 (7,66)	50,60 (7,54)	48,32 (2,03)
2068	B ²	Tetradecanoato de etilo	C-15	51,2 (8,04)	41,14 (3,90)	18,49 (9,60)	11,91 (35,82)	10,60 (0,87)	10,33 (8,49)	7,71 (14,78)

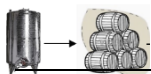


2175	B ²	Hexadecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	102,07	R-15	54,46 (16,01)	37,95 (12,43)	21,77 (16,73)	9,33 (3,29)	10,36 (3,35)	10,22 (3,04)	8,68 (3,67)
				C-25	50,68 (31,47)	40,47 (5,22)	13,89 (16,25)	12,65 (11,27)	10,92 (6,02)	15,35 (36,54)	8,23 (25,09)
				R-25	37,57 (30,44)	49,59 (21,76)	30,07 (30,03)	11,47 (14,30)	10,70 (25,59)	11,94 (22,45)	12,77 (26,98)
				C-15	117,07 (6,12)	148,45 (1,48)	54,09 (21,65)	40,13 (1,16)	51,36 (15,52)	31,62 (6,37)	28,84 (3,51)
				R-15	132,31 (23,59)	147,43 (16,81)	58,39 (8,99)	53,03 (21,30)	54,03 (27,29)	39,31 (24,75)	31,10 (13,44)
				C-25	114,03 (10,05)	126,58 (22,91)	60,19 (11,95)	73,57 (6,86)	47,98 (10,89)	48,98 (13,57)	47,76 (30,46)
1894	A	Ácidos Ácido hexanoico (mg.L^{-1})	2,16	R-25	87,17 (17,03)	136,98 (31,91)	98,35 (17,11)	70,66 (15,22)	47,33 (12,98)	48,56 (35,33)	75,15 (32,16)
				C-15	2,13 (9,47)	1,98 (9,68)	2,18 (5,08)	1,91 (8,13)	2,09 (21,94)	1,81 (4,91)	2,05 (1,41)
				R-15	2,05 (17,39)	2,35 (13,21)	1,92 (4,61)	1,91 (11,7)	2,13 (5,69)	1,81 (2,84)	1,84 (8,71)
				C-25	2,20 (7,44)	2,39 (5,70)	2,03 (4,28)	1,87 (3,09)	2,10 (5,94)	2,19 (5,70)	2,20 (6,52)
2074	A	Ácido octanoico (mg.L^{-1})	4,41	R-25	2,21 (3,11)	2,42 (1,27)	2,06 (8,04)	1,86 (0,14)	2,10 (1,39)	2,21 (0,02)	2,21 (3,56)
				C-15	4,09 (1,41)	3,79 (16,38)	3,66 (1,75)	3,62 (6,80)	3,36 (22,14)	3,47 (4,94)	3,37 (3,14)
				R-15	4,38 (6,07)	5,16 (12,15)	3,06 (7,65)	3,69 (8,47)	3,62 (5,65)	3,21 (4,51)	3,06 (4,81)
				C-25	4,59 (10,01)	5,13 (20,26)	3,41 (9,14)	3,22 (3,98)	3,83 (3,91)	3,52 (3,35)	3,41 (26,90)
2296	A	Ácido decanoico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	802,82	R-25	4,86 (13,25)	5,03 (4,51)	3,47 (20,32)	3,02 (3,82)	3,77 (7,60)	3,77 (4,42)	3,97 (11,70)
				C-15	669,12 (5,01)	709,95 (15,42)	597,02 (3,26)	596,75 (2,93)	554,17 (18,68)	680,24 (5,32)	597,11 (6,57)
				R-15	759,91 (5,79)	918,16 (5,65)	558,27 (8,40)	683,83 (5,47)	690,26 (1,41)	679,59 (0,35)	690,58 (10,65)
				C-25	726,29 (5,28)	943,20 (4,18)	574,30 (8,16)	550,70 (4,08)	617,41 (0,12)	593,24 (11,34)	548,84 (20,61)
1518	B ³	Norisoprenoides Vitispirano-1 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	32,42	R-25	883,76 (12,95)	953,30 (5,63)	702,64 (23,8)	620,08 (7,49)	735,06 (5,00)	717,24 (7,17)	745,97 (9,08)
				C-15	32,01 (16,48)	54,69 (12,13)	105,95 (3,45)	190,79 (8,85)	292,35 (14,88)	206,12 (2,87)	283,60 (11,18)
				R-15	35,13 (25,44)	58,13 (13,83)	105,57 (1,85)	190,45 (7,54)	300,00 (14,55)	191,62 (6,86)	283,30 (3,23)
				C-25	61,55 (1,96)	228,05 (7,70)	459,00 (2,26)	611,76 (13,65)	983,07 (15,91)	914,04 (3,54)	867,47 (2,95)
1522	B ³	Vitispirano-2 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	37,47	R-25	60,67 (20,41)	184,73 (14,27)	456,52 (3,17)	714,85 (9,09)	1045,19 (17,12)	1063,15 (7,86)	891,70 (3,69)
				C-15	30,68 (5,81)	65,55 (26,53)	82,82 (8,50)	148,24 (4,44)	195,85 (19,6)	136,78 (7,01)	188,24 (5,02)
				R-15	34,14 (26,58)	50,21 (8,24)	83,81 (4,12)	135,59 (3,25)	197,19 (5,57)	136,61 (7,51)	176,85 (9,57)
				C-25	51,01 (0,41)	164,95 (2,42)	279,30 (4,17)	357,42 (13,69)	575,05 (13,95)	503,21 (9,08)	504,64 (1,48)
1745	B ³	1,1,6-Trimetil- 1,2-dihidronaftaleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	38,79	R-25	53,34 (1,81)	125,33 (1,48)	318,28 (0,58)	446,17 (7,06)	601,74 (20,59)	600,19 (2,57)	525,76 (9,94)
				C-15	55,77 (12,49)	100 (29,97)	92,65 (2,30)	238,47 (3,76)	282,1 (11,87)	190,23 (4,42)	278,46 (19,07)
				R-15	63,06 (18,51)	75,82 (23,50)	114,44 (8,34)	251,1 (9,51)	294,98 (6,10)	209,91 (4,81)	312,02 (10,64)
				C-25	114,03 (8,59)	201,14 (10,43)	305,85 (2,77)	367,36 (12,19)	518,05 (17,70)	409,77 (22,38)	462,16 (1,11)
1849	B ³	β -Damascenona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	253,99	R-25	99,99 (7,44)	207,27 (5,24)	412,89 (8,96)	487,62 (6,80)	550,72 (2,22)	508,06 (7,19)	538,61 (20,21)
				C-15	252,14 (1,89)	171,07 (20,11)	152,75 (0,05)	112,11 (0,99)	111,70 (20,07)	74,94 (1,23)	76,49 (6,18)
				R-15	270,40 (13,66)	234,78 (6,87)	138,57 (8,34)	106,68 (5,57)	108,40 (5,62)	84,53 (14,16)	79,24 (7,75)
				C-25	253,77 (3,38)	187,04 (29,68)	98,74 (6,51)	71,54 (1,42)	82,46 (8,21)	74,56 (17,53)	64,37 (25,44)
1242	B ⁴	Terpenoides o-Cymeno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	2,43	R-25	343,47 (14,86)	225,74 (9,11)	102,83 (16,33)	88,02 (3,37)	85,89 (15,82)	70,14 (2,17)	65,49 (5,81)
				C-15	2,27 (9,05)	2,74 (9,29)	5,23 (4,60)	9,16 (4,48)	10,5 (3,30)	8,57 (1,07)	9,13 (4,34)
				R-15	2,21 (6,40)	2,85 (18,29)	5,30 (9,87)	9,45 (8,10)	10,12 (7,90)	8,19 (0,17)	9,76 (1,74)
				C-25	3,15 (1,80)	6,47 (3,50)	12,61 (19,36)	8,82 (15,48)	10,57 (10,11)	9,08 (7,48)	9,60 (1,18)
1555	A	Linalol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,10	R-25	2,28 (3,42)	5,00 (22,51)	14,10 (2,22)	10,17 (10,29)	11,91 (3,50)	10,38 (0,48)	11,33 (12,98)
				C-15	9,75 (10,73)	11,06 (15,34)	11,82 (2,99)	9,15 (17,24)	9,65 (22,13)	8,77 (2,34)	8,22 (7,57)
				R-15	9,22 (3,15)	12,40 (7,50)	10,33 (5,68)	8,21 (7,50)	9,64 (5,21)	8,20 (2,50)	8,29 (5,80)
				C-25	12,02 (2,18)	11,59 (9,03)	6,90 (18,63)	4,11 (11,54)	4,09 (19,21)	3,19 (6,65)	2,46 (16,99)
1693	A	α -Terpineol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	5,73	R-25	10,50 (0,07)	10,96 (5,87)	6,10 (9,04)	4,78 (2,22)	4,33 (14,55)	2,82 (8,53)	2,91 (5,35)
				C-15	5,36 (49,87)	7,59 (29,55)	11,93 (0,24)	11,30 (11,76)	12,69 (18,17)	12,09 (0,76)	13,72 (2,11)
				R-15	4,17 (23,60)	4,96 (18,32)	10,90 (5,52)	11,28 (4,74)	13,22 (7,27)	12,34 (0,80)	13,73 (3,35)
				C-25	7,57 (43,90)	18,53 (17,37)	23,18 (1,28)	21,44 (5,31)	22,93 (12,31)	24,52 (5,39)	24,02 (15,96)
1785	A	Citronelol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	23,63	R-25	4,77 (28,64)	19,36 (4,75)	23,25 (4,65)	20,08 (4,76)	22,01 (3,92)	25,29 (4,53)	24,22 (0,50)
				C-15	25,51 (9,23)	16,79 (5,05)	15,82 (3,31)	10,14 (23,01)	11,02 (20,35)	8,68 (0,98)	8,08 (5,60)
				R-15	25,38 (8,55)	19,93 (13,30)	15,09 (14,15)	12,16 (11,40)	11,61 (2,62)	8,97 (1,58)	8,72 (19,14)
				C-25	24,59 (5,18)	14,88 (31,61)	5,53 (13,44)	2,97 (30,29)	3,04 (10,95)	1,59 (6,23)	1,48 (17,20)
1887	A	Nerol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,68	R-25	24,67 (14,36)	17,10 (9,10)	5,35 (0,40)	4,16 (4,76)	3,15 (7,87)	1,20 (15,32)	0,86 (26,31)
				C-15	8,00 (28,92)	10,17 (21,14)	13,07 (14,93)	24,11 (10,5)	28,23 (15,93)	25,94 (0,11)	28,37 (3,64)
				R-15	10,46 (11,16)	9,40 (3,76)	13,10 (5,35)	22,14 (4,10)	27,56 (9,32)	25,18 (2,30)	29,21 (1,36)
				C-25	9,08 (14,33)	14,28 (10,79)	18,63 (8,49)	33,70 (4,64)	39,62 (13,49)	42,43 (2,02)	46,11 (9,95)
2056	A	E-Nerolidol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	16,23	R-25	7,53 (20,95)	13,13 (10,61)	18,57 (3,96)	31,64 (3,82)	38,39 (7,24)	43,72 (0,06)	45,62 (2,60)
				C-15	19,01 (20,30)	17,49 (20,30)	10,17 (0,56)	5,94 (6,90)	5,81 (10,35)	4,7 (4,97)	4,94 (1,86)
				R-15	20,66 (4,83)	23,92 (7,39)	9,81 (12,97)	5,83 (3,47)	6,44 (3,51)	5,14 (3,44)	5,12 (8,99)
				C-25	16,81 (5,64)	20,86 (10,03)	5,28 (2,82)	4,38 (0,65)	4,37 (4,21)	4,03 (0,35)	3,88 (6,93)
				R-25	18,77 (19,14)	22,24 (7,19)	5,24 (10,53)	4,78 (10,42)	4,52 (11,58)	3,90 (1,81)	3,85 (0,73)



Furanoides											
1336	C	Furfuril eter (µg.L ⁻¹)	75,45	C-15	88,23 (3,74)	129,65 (5,47)	169,47 (4,94)	177,96 (13,53)	219,78 (13,92)	198,07 (1,04)	227,70 (2,32)
				R-15	86,56 (0,57)	131,26 (3,15)	158,11 (0,48)	169,47 (11,71)	208,41 (11,53)	193,33 (10,39)	223,04 (3,78)
				C-25	129,05 (6,80)	270,36 (13,40)	314,63 (0,39)	310,61 (6,80)	381,87 (11,20)	376,13 (6,16)	409,89 (4,37)
				R-25	133,87 (8,43)	241,27 (6,88)	331,75 (3,10)	310,22 (5,43)	396,26 (11,14)	417,71 (1,54)	440,48 (7,48)
1438	A	Furfural (µg.L ⁻¹)	58,02	C-15	110,05 (6,10)	84,93 (19,61)	146,59 (5,33)	207,71 (5,44)	242,11 (1,34)	202,91 (4,56)	263,75 (5,10)
				R-15	102,32 (17,22)	148,30 (33,67)	114,50 (3,87)	187,05 (3,25)	208,48 (20,75)	204,54 (3,28)	239,24 (16,12)
				C-25	128,75 (15,32)	349,83 (18,04)	405,98 (5,55)	513,85 (5,78)	593,52 (8,86)	703,22 (10,15)	728,28 (2,59)
				R-25	173,35 (0,89)	286,70 (2,05)	404,97 (2,15)	457,35 (2,91)	565,09 (11,78)	829,42 (0,02)	715,92 (4,62)
1595	C	2-Furanmetanol (µg.L ⁻¹)	34,06	C-15	39,22 (10,15)	23,89 (23,48)	25,76 (4,17)	23,62 (11,29)	24,37 (7,52)	17,84 (0,32)	17,45 (2,67)
				R-15	46,96 (10,41)	39,27 (16,83)	20,44 (3,56)	20,15 (7,21)	21,09 (21,99)	17,90 (4,07)	16,76 (10,59)
				C-25	37,62 (7,86)	29,61 (5,49)	12,33 (9,86)	10,13 (4,19)	10,74 (20,81)	8,62 (18,05)	7,55 (20,98)
				R-25	36,12 (6,21)	31,19 (1,36)	13,90 (13,28)	11,83 (6,57)	11,23 (4,16)	9,03 (2,43)	8,54 (7,37)
1605	C	5-Metilfurfural (µg.L ⁻¹)	4,22	C-15	7,93 (26,39)	8,03 (33,22)	4,29 (2,15)	12,96 (13,70)	11,25 (17,35)	7,37 (2,98)	9,46 (2,09)
				R-15	5,69 (26,74)	4,17 (9,16)	3,94 (7,25)	11,69 (5,40)	11,14 (30,04)	7,87 (3,15)	8,75 (3,15)
				C-25	6,23 (32,60)	6,12 (34,81)	12,50 (9,28)	12,56 (0,73)	14,46 (7,43)	14,41 (4,47)	14,55 (6,95)
				R-25	8,94 (6,27)	4,15 (9,54)	9,58 (15,58)	11,53 (1,35)	13,47 (6,72)	15,02 (4,24)	13,98 (3,39)
1694	C	2-Metilbenzofurano (µg.L ⁻¹)	5,16	C-15	8,45 (7,95)	9,01 (18,21)	7,85 (7,12)	8,90 (18,11)	9,84 (19,48)	6,06 (34,92)	7,28 (14,96)
				R-15	6,64 (16,61)	6,57 (22,92)	8,10 (4,28)	8,63 (4,74)	8,89 (37,54)	5,48 (26,22)	7,26 (0,97)
				C-25	7,43 (10,28)	7,47 (16,77)	7,78 (0,18)	7,05 (19,26)	7,99 (2,83)	7,02 (22,48)	7,15 (7,42)
				R-25	6,53 (4,01)	8,14 (8,86)	8,38 (4,56)	10,39 (11,57)	9,05 (7,41)	7,83 (0,99)	9,49 (14,75)
1731	C	2-Furoato de etilo (µg.L ⁻¹)	6,62	C-15	14,40 (28,83)	19,13 (26,32)	23,53 (15,12)	36,83 (12,63)	40,25 (17,03)	38,19 (4,74)	40,64 (5,17)
				R-15	20,30 (1,47)	16,91 (3,73)	23,57 (5,28)	35,25 (8,25)	38,84 (9,03)	36,25 (4,14)	40,45 (4,34)
				C-25	16,35 (14,36)	25,71 (10,76)	33,44 (8,50)	55,11 (0,99)	63,23 (12,11)	69,16 (0,43)	78,41 (8,82)
				R-25	13,54 (20,89)	23,62 (10,61)	33,43 (3,98)	50,69 (3,07)	61,16 (14,26)	74,98 (2,78)	77,15 (4,89)
Fenoles volátiles											
2170	B ¹	4-Etilfenol (µg.L ⁻¹)	1,83	C-15	1,73 (11,31)	1,39 (7,19)	1,71 (5,01)	2,2 (29,28)	1,80 (5,79)	1,01 (27,84)	1,03 (2,66)
				R-15	2,01 (9,87)	1,84 (13,01)	1,30 (2,64)	1,71 (12,71)	2,16 (46,35)	1,21 (9,48)	1,06 (7,47)
				C-25	1,97 (4,14)	1,95 (8,38)	1,43 (5,95)	1,14 (5,83)	1,33 (14,68)	1,67 (30,98)	1,46 (26,72)
				R-25	2,28 (21,09)	1,85 (4,59)	1,67 (36,86)	0,94 (9,66)	1,54 (37,93)	1,58 (8,03)	1,58 (4,69)
2172	B ¹	Eugenol (µg.L ⁻¹)	63,86	C-15	77,23 (2,76)	51,73 (26,87)	38,65 (28,67)	36,9 (8,51)	35,38 (8,95)	23,52 (6,47)	30,53 (12,07)
				R-15	46,61 (16,37)	57,94 (14,82)	34,98 (20,72)	34,30 (7,81)	33,51 (13,91)	27,05 (2,64)	27,67 (3,94)
				C-25	71,99 (13,25)	71,16 (1,82)	40,06 (38,69)	29,09 (3,33)	36,60 (9,35)	27,33 (3,05)	33,55 (19,64)
				R-25	60,63 (22,80)	54,12 (3,50)	28,53 (25,97)	30,54 (2,27)	35,79 (4,35)	27,19 (2,61)	35,42 (13,84)
Otros compuestos											
1565	B ⁴	Benzaldehído (µg.L ⁻¹)	26,51	C-15	33,33 (16,59)	17,92 (26,04)	14,67 (11,86)	13,96 (21,13)	14,66 (30,93)	14,56 (5,15)	10,93 (19,15)
				R-15	37,90 (26,01)	31,91 (2,55)	15,47 (12,76)	11,83 (6,78)	13,94 (22,58)	12,01 (11,72)	10,64 (10,37)
				C-25	28,78 (41,57)	18,07 (22,12)	6,61 (17,66)	1,88 (17,72)	6,84 (28,66)	6,86 (35,66)	5,08 (30,62)
				R-25	35,06 (13,78)	35,14 (8,27)	9,17 (21,59)	4,66 (12,61)	8,62 (6,56)	7,43 (23,71)	5,60 (20,96)
1802	C	Naftaleno (µg.L ⁻¹)	53,10	C-15	46,36 (0,14)	36,13 (17,07)	37,93 (0,32)	25,64 (7,53)	28,64 (2,02)	13,3 (10,8)	18,41 (2,69)
				R-15	50,08 (8,68)	41,43 (14,63)	39,76 (2,61)	27,41 (8,25)	27,54 (12,04)	13,15 (4,68)	16,08 (12,45)
				C-25	47,62 (3,74)	55,28 (42,19)	36,41 (8,14)	27,66 (5,73)	25,82 (5,12)	12,67 (1,34)	18,94 (23,52)
				R-25	57,00 (26,40)	49,32 (14,73)	34,21 (16,62)	24,83 (2,14)	24,59 (5,06)	14,17 (4,14)	18,83 (1,80)
1975	C	Isoamilo acetamida (µg.L ⁻¹)	53,47	C-15	57,98 (11,05)	45,35 (11,79)	60,44 (7,23)	80,60 (11,5)	59,94 (14,52)	49,04 (2,06)	66,53 (26,35)
				R-15	58,20 (3,47)	71,56 (21,37)	44,57 (9,52)	81,11 (9,47)	67,00 (1,30)	63,06 (19,66)	49,20 (15,34)
				C-25	65,59 (33,26)	80,46 (0,12)	60,27 (26,19)	55,75 (2,65)	71,58 (8,83)	70,11 (19,64)	60,28 (26,23)
				R-25	62,21 (1,57)	60,93 (5,80)	63,92 (20,82)	47,68 (17,17)	66,56 (30,95)	66,34 (4,31)	61,93 (25,52)
2039	C	γ-Etoxibutirolactona (µg.L ⁻¹)	57,66	C-15	78,47 (4,63)	68,27 (34,80)	54,85 (14,90)	112,46 (0,57)	100,41 (9,44)	70,9 (16,27)	107,22 (17,83)
				R-15	80,43 (25,71)	79,79 (17,11)	51,78 (0,83)	113,35 (11,70)	100,11 (9,37)	85,91 (11,29)	81,17 (3,69)
				C-25	69,11 (24,41)	85,72 (13,26)	66,48 (17,04)	91,12 (11,97)	97,74 (3,05)	92,06 (10,29)	94,58 (14,46)
				R-25	70,25 (5,20)	83,13 (9,35)	71,56 (2,71)	94,02 (7,25)	102,34 (11,64)	102,87 (4,16)	93,90 (32,00)

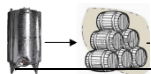
Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el Capítulo II de Materiales y Métodos. C, corcho natural; R, tapa a rosca; 15, temperatura de conservación 15°C; 25, temperatura de conservación 25°C.^aLRI: Índice de Retención Linear. ^bID: Identificación: A, espectro de masa y LRI de acuerdo al patrón de referencia; B, espectro de masa de acuerdo con el espectro de masas de la base de datos y LRI de acuerdo con los datos de la literatura: ¹Ferreira, Aznar, López, and Cacho, 2001, ²Berger, Drawert, and Kollmannsberger, 1989, ³Slaghenaufl & Ugliano, 2018, ⁴Chung, Eiserich, & Shibamoto, 1993; C, espectro de masa de acuerdo con el espectro de masas de la base de datos.



Anexo IV.1. Evolución microbiológica de vinos Malbec durante el añejamiento en barricas.

Grupo microbiano	Vino inicial	Tratamiento	Tiempo de añejamiento (meses)						
			2	4	6	9	12	15	18
Hongos y levaduras totales	< 1	BN	4	$1,8 \cdot 10^3$	$> 4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$
(UFC.100.mL ⁻¹)*		BU	264	$> 4 \cdot 10^3$	$> 4 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$	$> 2 \cdot 10^3$
<i>Brettanomyces/Dekkera</i>	< 1	BN	< 1	-	< 1	$1 \cdot 10^3$	< 1	< 1	< 1
(UFC.100.mL ⁻¹)		BU	< 1	-	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	< 1	< 1	< 1
Bacterias lácticas	< 1	BN	-	< 1	< 1	-	-	-	-
(UFC.100.mL ⁻¹)		BU	-	< 1	< 1	-	-	-	-
Bacterias acéticas	< 1	BN	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	< 1
(UFC 100.mL ⁻¹)		BU	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	< 1

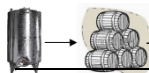
* UFC unidades formadoras de colonia. Valores medios (3 réplicas). Los análisis están descritos en el capítulo de Materiales y Métodos. BN, barricas nuevas; BU, barricas de re-uso (1 año).



Anexo IV.2. Evolución en la concentración de compuestos volátiles en vinos conservados en barricas durante 18 meses.

Considerando los resultados obtenidos del análisis de la **Tabla IV.4**.

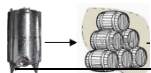
Compuesto	Tiempo de añejamiento (meses)							
	Vino inicial	2	4	6	9	12	15	18
Acetato de isoamilo (mg.L ⁻¹)	5,16 d	4,45 (12,23) c	5,13 (6,95) d	4,47 (12,35) c	3,24 (18,91) b	3,14 (13,99) b	2,31 (16,41) a	2,15 (27,66) a
Acetato de hexilo (μg.L ⁻¹)	426,30 f	318,09 (9,53) e	332,47 (6,50) e	249,94 (19,33) d	155,35 (19,36) c	117,3 (27,17) b	76,44 (24,63) a	57,88 (41,18) a
Acetato de 2-etilhexilo (μg.L ⁻¹)	4,52 a	10,75 (42,79) b	27,68 (28,9) c	10,45 (25,74) b	23,02 (26,44) c	6,59 (12,68) ab	7,02 (43,78) ab	33,99 (13,80) d
Acetato de 2-feniletilo (mg.L ⁻¹)	2,76 d	2,58 (15,00) d	2,64 (8,12) d	2,51 (7,18) d	2,13 (19,5) c	1,79 (8,66) b	1,26 (10,99) a	1,23 (16,39) a
Suma acetatos de alcoholes superiores (mg. L ⁻¹)	8,35 e	7,35 (12,58) cd	8,13 (6,21) de	7,24 (9,05) c	5,55 (18,97) b	5,05 (12,3) b	3,65 (13,72) a	3,47 (22,67) a
Succinato de metiletilo (μg.L ⁻¹)	6,37 a	6,50 (1,16) b	6,61 (2,60) c	6,55 (0,79) bc	6,75 (1,41) d	6,82 (1,23) de	6,88 (0,94) e	7,04 (1,58) f
Succinato de etilbutilo (μg.L ⁻¹)	156,00 a	159,05 (6,32) a	168,57 (3,16) a	172,15 (10,71) a	187,44 (4,4) a	186,67 (4,98) a	296,91 (26,89) b	459,70 (17,31) c
Succinato de dietilo (μg.L ⁻¹)	100,14 a	110,82 (12,97) a	162,77 (8,56) b	196,45 (8,33) b	259,59 (12,95) c	279,89 (9,58) c	331,71 (11,79) d	376,19 (16,84) e
3-metilbutil butanodioato de etilo (μg.L ⁻¹)	26,59 a	33,85 (19,41) b	34,74 (14,39) b	36,85 (10,29) b	37,09 (13,21) b	34,11 (10,72) b	22,70 (11,92) a	24,10 (20,45) a
Suma ésteres del ácido succínico (μg.L ⁻¹)	289,10 a	310,22 (9,02) a	372,68 (5,71) b	412,00 (7,91) b	490,88 (9,50) c	507,48 (7,77) c	658,2 (16,03) d	867,03 (4,97) e
Butanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	212,40 abc	193,10 (12,19) a	232,44 (6,84) bc	227,35 (9,48) bc	189,71 (13,7) a	203,65 (10,80) ab	226,51 (12,98) bc	236,48 (21,65) c
2-Metilbutanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	7,10 a	7,21 (12,01) a	10,4 (3,55) ab	11,92 (8,05) bc	14,37 (14,11) cd	17,35 (13,23) d	17,08 (37,68) d	26,55 (17,78) e
Hexanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	460,21 e	401,22 (8,29) cde	450,81 (8,88) de	388,54 (16,89) bcd	331,78 (18) ab	344,95 (13,37) bc	264,26 (29,03) a	274,38 (34,5) a
Heptanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	8,61 bc	8,67 (8,5) bc	9,00 (8,35) c	7,79 (13,45) ab	7,63 (9,16) a	8,11 (6,18) abc	8,26 (10,95) abc	8,70 (10,84) c
Octanoato de etilo (mg.L ⁻¹)	1,33 cd	1,40 (11,93) cd	1,43 (10,41) d	1,06 (17,81) ab	0,85 (15,41) a	0,95 (12,15) ab	1,15 (33,09) bc	1,19 (30,03) bcd
Decanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	550,66 c	739,94 (15,36) d	573,07 (38,18) c	318,03 (37,74) b	101,16 (28,66) a	166,59 (20,03) a	170,98 (25,98) a	162,67 (19,52) a
Dodecanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	752,00 e	160,58 (35,31) d	189,38 (42,83) d	89,71 (48,56) c	34,36 (47,23) ab	50,26 (48,97) bc	1,85 (9,47) a	2,19 (10,16) a
Tetradecanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	34,35 d	23,56 (37,66) c	19,85 (43,98) bc	15,27 (23,65) b	15,48 (21,14) b	9,25 (26,09) a	4,68 (10,64) a	4,63 (14,29) a
Hexadecanoato de etilo (μg.L ⁻¹)	102,07 e	84,09 (14,43) de	89,89 (41,19) e	69,41 (24,12) d	44,76 (17,35) bc	40,47 (24,11) bc	23,63 (20,43) ab	19,95 (27,62) a
Lactato de etilo (μg.L ⁻¹)	109,47 bc	87,93 (14,41) ab	102,07 (20,43) abc	83,31 (39,18) a	107,37 (16,6) bc	99,49 (7,80) ab	96,29 (15,77) ab	123,79 (22,18) c
Suma ésteres etílicos de ácidos grasos (mg.L ⁻¹)	3,58 d	3,10 (10,81) c	3,10 (15,25) c	2,27 (19,72) b	1,70 (15,25) a	1,89 (11,42) ab	1,96 (26,53) ab	2,05 (27,18) ab
Octanoato de metilo (μg.L ⁻¹)	3,40 c	4,23 (14,98) d	3,50 (15,34) c	2,02 (36,49) b	1,68 (26,41) ab	1,51 (25,14) ab	1,23 (15,3) a	1,22 (16,24) a
Octanoato de isoamilo (μg.L ⁻¹)	230,14 c	283,82 (22,17) c	393,25 (31,45) d	168,82 (26,63) b	74,30 (15,49) a	76,10 (9,26) a	64,90 (28,94) a	54,32 (20,51) a
Salicilato de metilo (μg.L ⁻¹)	39,89 a	63,67 (29,99) ab	158,97 (37,08) d	105,54 (53,20) bc	114,91 (34,54) cd	122,39 (54,11) cd	45,45 (33,46) a	52,62 (29,73) a
ÉSTERES TOTALES (mg.L ⁻¹)	12,49 e	11,12 (11,4) cd	12,16 (7,87) de	10,20 (11,49) c	7,93 (16,96) b	7,65 (11,6) ab	6,38 (17,28) a	6,49 (20,93) a
Isobutanol (mg.L ⁻¹)	94,55 a	16,96 (12,72) bc	22,02 (12,97) d	21,99 (9,55) d	19,38 (14,82) c	18,81 (9,53) c	16,23 (11,49) b	17,08 (12,16) bc
Butanol (mg.L ⁻¹)	3,14 ab	3,33 (9,46) ab	3,82 (4,86) c	3,80 (7,46) c	4,09 (11,34) c	3,42 (6,93) b	3,59 (6,87) b	3,39 (13,50) b
3-Metil-1-butanol (mg.L ⁻¹)	36,88 a	37,16 (6,60) a	43,67 (10,74) b	44,39 (3,57) b	36,09 (15,79) a	35,95 (4,91) a	41,65 (9,74) b	43,30 (7,25) b
4-Metil-1-pentanol (μg.L ⁻¹)	90,63	83,81 (9,59)	104,36 (9,73)	98,00 (6,11)	101,51 (20,44)	92,51 (12,63)	100,94 (11,68)	106,43 (11,08)
3-Metil-1-pentanol (μg.L ⁻¹)	197,45	168,62 (9,47)	207,96 (10,14)	200,95 (4,92)	207,56 (19,43)	184,76 (5,18)	210,58 (11,02)	204,09 (11,92)
Hexanol (mg.L ⁻¹)	5,08	4,80 (7,14)	5,39 (6,87)	5,21 (5,08)	5,27 (13,94)	4,89 (4,84)	4,57 (9,06)	4,66 (13,02)
Heptanol (μg.L ⁻¹)	25,82	24,73 (18,46)	26,32 (9,35)	25,33 (9,80)	25,95 (20,13)	22,86 (8,94)	23,51 (7,87)	22,06 (10,61)
2,3-Butanodiol (mg.L ⁻¹)	0,86	1,24 (16,94)	1,26 (36,14)	1,38 (32,91)	1,26 (22,59)	1,84 (37,19)	1,39 (24,75)	1,50 (26,73)
2-Etilhexanol (μg.L ⁻¹)	0,69 a	11,31 (45,47) b	17,17 (21,05) c	1,63 (36,71) a	9,29 (26,91) b	2,46 (30,89) a	0,86 (27,15) a	1,15 (31,82) a



Metionol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	97,15	80,57 (20,59)	111,64 (17,03)	97,96 (25,77)	86,19 (21,1)	88,13 (8,55)	98,31 (7,53)	111,32 (10,60)
Alcohol bencílico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	150,76	131,68 (18,58)	169,97 (12,09)	141,20 (20,46)	141,08 (13,03)	136,66 (11,00)	115,82 (13,00)	127,71 (24,22)
2-Feniletanol (mg.L^{-1})	117,86	109,12 (11,87)	134,70 (8,13)	127,27 (4,73)	121,54 (18,19)	115,07 (10,9)	137,47 (19,81)	150,82 (25,71)
ALCOHOLES TOTALES (mg.L^{-1})	258,94 a	325,74 (10,41) b	409,65 (10,67) d	402617,17 (6,99) d	362,63 (15,74) bcd	349,90 (9,04) bc	351,01 (13,27) bc	375,08 (16,50) cd
Ácido hexanoico (mg.L^{-1})	2,16	1,81 (25,94)	2,19 (20,76)	2,04 (23)	2,35 (16,72)	2,17 (7,75)	1,91 (10,26)	2,01 (13,21)
Ácido octanoico (mg.L^{-1})	4,41 e	3,95 (19,85) de	4,11 (13,01) de	3,86 (7,10) de	3,62 (21,33) cd	3,07 (12,8) bc	2,41 (19,47) a	2,40 (22,91) ab
Ácido decanoico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	802,82 d	666,21 (19,91) c	643,44 (18,95) c	615,26 (8,86) bc	506,81 (33,04) ab	463,89 (13,89) a	453,58 (12,16) a	468,32 (15,34) a
ÁCIDOS TOTALES (mg.L^{-1})	7,37 e	6,43 (15,22) cd	6,94 (6,98) de	6,51 (9,39) cde	6,47 (20,04) cde	5,70 (10,8) bc	4,79 (15,00) a	4,98 (18,21) ab
(Z)- β -Farneseno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	18,74 c	19,09 (29,70) c	20,39 (25,77) c	14,77 (9,01) b	18,67 (18,22) c	12,02 (25,06) b	7,33 (6,92) a	7,92 (12,39) a
Citronelol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	23,63 de	25,71 (19,20) e	21,84 (13,02) cd	20,02 (24,72) cd	18,32 (24,67) c	14,16 (12,49) b	10,64 (13,42) ab	9,20 (22,33) a
o-Cymeno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	2,43 b	1,78 (30,10) a	3,26 (22,03) cd	2,06 (34,21) ab	2,99 (8,55) c	3,35 (15,55) cd	3,53 (6,82) cd	3,76 (6,25) d
Linalol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,10 ab	7,17 (28,90) a	9,42 (8,47) bc	10,62 (5,20) cd	11,19 (19,91) d	10,72 (10,93) cd	8,71 (13,85) ab	7,95 (19,69) ab
Terpinoleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	5,94 ab	4,38 (28,46) a	7,00 (25,37) bc	8,09 (11,2) cd	9,57 (24,6) d	9,23 (12,34) d	13,94 (13,25) e	15,34 (18,88) e
Nerol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,68 a	3,71 (14,03) a	4,28 (17,54) ab	4,74 (25,35) b	5,92 (19,17) c	5,98 (10,97) c	6,45 (8,98) c	7,44 (10,93) d
α -Terpineol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	5,73 ab	4,41 (15,09) a	7,00 (9,41) b	7,19 (30,6) b	10,64 (20,13) c	10,70 (12,47) c	9,82 (14,67) c	10,82 (17,39) c
(E)-Nerolidol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	16,23 cd	18,38 (19,99) d	14,5 (27,37) c	16,16 (10,52) cd	9,33 (18,4) b	8,83 (4,27) b	5,53 (10,68) a	5,29 (16,91) a
TERPENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	84,49 bc	84,62 (19,53) bc	87,69 (9,51) c	83,65 (11,32) b	86,64 (18,94) bc	74,98 (11,71) ab	65,94 (10,30) a	67,71 (16,01) a
1,1,6-Trimetil-1,2-dihidronaftaleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	46,7 a	37,87 (13,79) a	68,22 (17,21) bc	46,61 (23,58) a	63,99 (25,63) b	83,22 (28,88) c	146,49 (9,30) d	190,44 (4,10) e
Vitispirano 1 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	32,42 a	31,13 (5,85) a	70,79 (32,54) b	66,27 (21,06) b	97,96 (23,76) c	118,69 (14,98) d	228,38 (12,27) e	321,34 (6,92) f
Vitispirano 2 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	37,47 a	33,41 (10,35) a	58,23 (27,27) b	58,62 (26,11) b	75,34 (27,01) bc	88,76 (21,05) c	161,51 (14,22) d	215,20 (8,16) e
β -Damascenona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	253,99 de	296,96 (16,52) f	230,07 (9,57) cd	268,38 (11,7) ef	213,61 (22,29) c	156,24 (8,88) b	110,63 (9,97) a	97,96 (16,67) a
NORISOPRENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	370,59 a	399,38 (10,58) ab	427,29 (7,07) ab	439,88 (9,44) b	450,9 (23,41) b	446,92 (15,67) b	647,01 (10,84) c	824,93 (6,56) d
Naftaleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	53,10 b	56,23 (11,41) b	57,88 (15,08) b	59,69 (10,3) b	103,89 (11,89) c	55,37 (10,51) b	32,70 (13,18) a	34,79 (5,61) a
Isoamilacetamida ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	53,47	61,53 (8,78)	73,97 (24,69)	81,25 (8,66)	83,33 (25,33)	79,05 (22,78)	82,65 (20,61)	88,68 (9,87)

Valores medios (6 muestras del mismo tiempo de conservación), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos.

Diferentes letras minúsculas (en una fila) indican diferencias significativas entre el tiempo de añejamiento ($p \leq 0,05$). Test de Tuckey (HSD; $\alpha = 0,05$).



Anexo IV.3. Efecto del uso de la barrica sobre el perfil de vinos Malbec añejados en barricas durante 18 meses.

t		MANOVA	Int.Col	MV	MR	IA	FF	CD	F	FD	E	M	Ac	As	Am	ED
6 meses	p	0.0926	0,7434	0,9284	0,2732	0,6813	0,9008	0,4661	0,4577	0,7821	0,5558	0,5745	0,7784	0,9704	0,4497	0,7957
12 meses	p	0,8338	0,7091	0,9999	0,7191	0,9273	0,9731	0,837		0,7533		0,7949	0,0578	0,7882	0,9728	
18 meses	p	0.5713	0,9769	0,792	0,8633	0,5937	0,1163	0,0542		0,9154	0,1751	0,7832	0,9228	0,3444	0,8382	

Tiempo de guarda en barrica (t). Valores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha=0,05$), $p < 0,05$ efecto significativo.

Int.Col, intensidad colorante; MV, matiz violeta; MR, matiz rojo; IA, intensidad aromática; FF, fruta fresca; CD, caramelizado; F, floral; FD, fruta deshidratada; E, especiado; Mt, madera tabla; Mc, madera café; Ac, acidez; As, astringencia; Am, amargo y ED, dulce.



Anexo V.1. Evolución de parámetros enológicos durante la conservación en botellas de vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas.

			Tiempo de conservación en botellas (meses)						
B6b18		Vino inicial		3	6	9	12	15	18
Alcohol (%v/v)	BN6	13,87 (0,19)	BN6-C-15	14,10 (0,31)	13,95 (0,36)	14,00 (0,11)	13,90 (0,10)	13,97 (0,41)	13,97 (0,41)
			BN6-R-15	14,10 (0,11)	13,90 (0,10)	14,03 (0,41)	13,90 (0,12)	14,00 (0,09)	14,03 (0,41)
			BN6-C-25	14,10 (0,14)	14,00 (0,12)	14,00 (0,14)	13,80 (0,08)	14,00 (0,12)	14,03 (0,41)
			BN6-R-25	14,07 (0,41)	13,95 (0,36)	14,00 (0,10)	13,87 (0,42)	13,97 (0,41)	14,03 (0,41)
	BU6	14,06 (0,15)	BU6-C-15	14,30 (0,12)	14,20 (0,15)	14,20 (0,17)	14,10 (0,21)	14,20 (0,25)	14,17 (0,41)
			BU6-R-15	14,27 (0,40)	14,15 (0,35)	14,23 (0,41)	14,03 (0,41)	14,17 (0,41)	14,27 (0,40)
			BU6-C-25	14,27 (0,40)	14,20 (0,14)	14,23(0,41)	14,03 (0,41)	14,13 (0,41)	14,07 (1,09)
			BU6-R-25	14,27 (0,40)	14,15 (0,35)	14,23 (0,41)	14,00 (0,18)	14,15 (0,35)	14,17 (0,41)
pH	BN6	3,48 (0,17)	BN6-C-15	3,34 (0,46)	3,44 (0,29)	3,25 (0,31)	3,40 (0,61)	3,36 (0,34)	3,36 (0,17)
			BN6-R-15	3,37 (0,59)	3,47 (0,14)	3,26 (0,53)	3,38 (0,34)	3,37(0,30)	3,35 (0,62)
			BN6-C-25	3,36 (0,46)	3,41 (0,21)	3,24 (0,18)	3,41 (0,78)	3,40 (0,29)	3,35 (0,30)
			BN6-R-25	3,31 (0,17)	3,41 (0,29)	3,23 (0,47)	3,42 (0,45)	3,38 (0,30)	3,34 (0,46)
	BU6	3,49 (0,29)	BU6-C-15	3,37 (0,34)	3,47 (0,86)	3,27 (0,18)	3,39 (0,61)	3,43 (0,17)	3,37 (0,34)
			BU6-R-15	3,37 (0,45)	3,44 (0,29)	3,27 (0,47)	3,43 (0,34)	3,42 (0,51)	3,36 (0,46)
			BU6-C-25	3,36 (0,17)	3,46 (0,14)	3,25(0,35)	3,45 (0,50)	3,40 (0,17)	3,35 (0,46)
			BU6-R-25	3,32 (0,70)	3,43 (0,29)	3,26 (0,35)	3,43 (0,67)	3,41 (0,15)	3,34 (0,24)
Ac Volátil (g.L ⁻¹)	BN6	0,53 (1,10)	BN6-C-15	0,80 (2,17)	0,84 (1,19)	0,78 (2,68)	0,62 (7,03)	0,81 (2,47)	0,80 (1,92)
			BN6-R-15	0,76 (3,82)	0,85 (2,96)	0,78 (1,28)	0,67 (2,99)	0,83 (1,39)	0,82 (2,53)
			BN6-C-25	0,77 (2,25)	0,81 (2,40)	0,79 (0,25)	0,66 (0,87)	0,79 (1,94)	0,84 (2,98)
			BN6-R-25	0,77 (3,25)	0,81 (1,86)	0,79 (4,56)	0,66 (4,55)	0,81 (2,58)	0,84 (1,81)
	BU6	0,51 (1,12)	BU6-C-15	0,77 (1,98)	0,81 (1,86)	0,78 (2,56)	0,68 (6,41)	0,81 (1,23)	0,84 (2,06)
			BU6-R-15	0,75 (1,33)	0,81 (1,86)	0,78 (4,62)	0,67 (0,86)	0,77 (3,44)	0,83 (1,83)
			BU6-C-25	0,75 (3,07)	0,82 (1,84)	0,79 (2,19)	0,64 (3,91)	0,81 (2,56)	0,80 (7,60)
			BU6-R-25	0,77 (1,49)	0,80 (5,66)	0,80 (1,45)	0,60 (4,84)	0,80 (1,89)	0,80 (2,50)
Ac. Total (g.L ⁻¹)	BN6	5,61 (0,64)	BN6-C-15	5,13 (1,12)	5,75 (0,87)	4,80 (2,08)	5,30 (3,27)	4,73 (1,22)	4,90 (0,12)
			BN6-R-15	4,90 (3,53)	5,65 (0,88)	4,70 (2,13)	5,37 (1,08)	4,83 (1,19)	4,87 (1,19)
			BN6-C-25	4,87 (2,37)	5,70 (1,75)	4,83 (2,39)	4,97 (1,16)	4,73 (1,22)	4,80 (2,08)
			BN6-R-25	5,03 (1,15)	5,65 (0,88)	4,70 (0,12)	4,90 (2,04)	4,73 (1,22)	4,83 (1,19)
	BU6	5,47 (0,48)	BU6-C-15	4,93 (1,17)	5,65 (0,88)	4,63 (1,25)	5,27 (1,10)	4,70 (0,10)	4,87 (1,19)
			BU6-R-15	4,80 (0,14)	5,65 (0,88)	4,67 (3,27)	4,60 (0,14)	4,60 (0,15)	4,70 (0,10)
			BU6-C-25	4,77 (1,21)	5,65 (0,88)	4,67 (1,24)	4,90 (2,04)	4,60 (2,17)	4,93 (3,10)
			BU6-R-25	5,14 (2,45)	5,60 (0,15)	4,67 (1,24)	4,77 (2,42)	4,55 (1,10)	5,07 (1,14)
Ácido tartárico (g.L ⁻¹)	BN6	1,80 (3,53)	BN6-C-15	2,08 (3,14)	2,88 (1,39)	1,98 (2,10)	2,36 (5,87)	1,89 (4,45)	1,49 (4,72)
			BN6-R-15	1,64 (6,45)	2,78 (1,44)	1,93 (4,66)	2,46 (5,51)	1,87 (2,41)	1,47 (0,79)
			BN6-C-25	1,63 (0,94)	2,82 (0,89)	1,89 (1,40)	1,67 (9,86)	1,79 (8,13)	1,28 (11,20)
			BN6-R-25	1,78 (2,81)	2,78 (2,16)	1,93 (2,10)	1,75 (4,02)	1,77 (1,18)	1,37 (0,42)
	BU6	1,53 (2,85)	BU6-C-15	1,71 (6,27)	2,72 (0,37)	1,85 (3,54)	2,23 (6,61)	1,64 (4,88)	1,34 (4,10)
			BU6-R-15	1,56 (5,77)	2,79 (2,69)	1,83 (4,13)	1,70 (4,24)	1,67 (3,33)	1,34 (6,79)
			BU6-C-25	1,40 (4,60)	2,71 (0,74)	1,93 (1,20)	1,67 (6,91)	1,62 (3,10)	1,50 (8,51)
			BU6-R-25	1,65 (2,13)	2,78 (1,44)	1,91 (3,85)	1,83 (2,21)	1,75 (0,57)	1,61 (3,23)
SO2 libre (mg.L ⁻¹)	BN6	28,67 (2,01)	BN6-C-15			7,73 (21,53)	13,00 (7,69)	11,00 (9,09)	8,00 (12,50)
			BN6-R-15			10,00 (4,00)	17,00 (5,88)	13,00 (7,69)	10,00 (10,00)
			BN6-C-25			4,00 (0,25)	13,00 (7,69)	5,00 (20,00)	2,00 (30,00)
			BN6-R-25			6,13 (7,53)	13,00 (7,69)	6,00 (16,67)	3,00 (33,33)
	BU6	21,33 (7,16)	BU6-C-15			5,60 (0,25)	17,00 (5,88)	7,00 (14,29)	4,00 (25,00)
			BU6-R-15			7,60 (5,26)	16,00 (6,25)	9,00 (11,11)	6,00 (16,67)
			BU6-C-25			2,00 (28,28)	11,00 (9,09)	3,00 (33,33)	0,73 (34,32)
			BU6-R-25			4,27 (28,64)	9,00 (11,11)	4,00 (25,00)	0,87 (26,65)
SO2 total (mg.L ⁻¹)	BN6	79,33 (2,62)	BN6-C-15				21,00 (4,76)	39,00 (2,56)	36,00 (2,78)
			BN6-R-15				30,00 (3,33)	40,00 (2,50)	37,00 (2,70)
			BN6-C-25				22,00 (4,55)	23,00 (4,35)	20,00 (5,00)
			BN6-R-25				22,00 (4,55)	25,00 (4,00)	22,00 (4,55)
	BU6	73,33 (4,79)	BU6-C-15				30,00 (3,33)	32,00 (3,13)	29,00 (3,45)



BU6-R-15	27,00 (3,70)	35,00 (2,86)	32,00 (3,13)
BU6-C-25	21,00 (4,76)	12,00 (8,33)	9,00 (11,11)
BU6-R-25	18,00 (5,56)	14,00 (7,14)	11,00 (9,09)

B12b12

Alcohol (%v/v)	BN12	14,00 (0,14)	BN12-C-15	14,10 (0,15)	13,90 (0,19)	14,07 (0,41)	14,07 (0,41)
			BN12-R-15	14,03(0,82)	13,90 (0,25)	14,07 (0,41)	14,07 (0,41)
			BN12-C-25	14,10 (0,14)	13,90 (0,36)	14,10 (0,47)	14,03 (0,41)
			BN12-R-25	14,10 (0,14)	13,90 (0,24)	14,03 (0,41)	14,07 (0,41)
	BU12	14,23 (0,41)	BU12-C-15	14,30 (0,78)	14,13 (0,41)	14,30 (0,25)	14,30 (0,14)
			BU12-R-15	14,30 (0,14)	14,13 (0,41)	14,27 (0,40)	14,27 (0,40)
			BU12-C-25	14,30 (0,14)	14,13 (0,41)	14,23 (0,41)	14,30 (0,35)
			BU12-R-25	14,30 (0,95)	14,13 (0,41)	14,30 (0,74)	14,30 (0,47)
	pH	BN12	BN12-C-15	3,29 (0,46)	3,35 (0,30)	3,34 (0,30)	3,28 (0,47)
			BN12-R-15	3,31 (0,63)	3,33 (0,75)	3,34 (0,46)	3,28 (0,47)
			BN12-C-25	3,28 (0,47)	3,32 (0,30)	3,33 (0,52)	3,26 (0,18)
			BN12-R-25	3,27 (0,71)	3,33 (0,62)	3,32 (0,35)	3,26 (0,18)
Ac Volátil (g.L ⁻¹)	BU12	3,42 (0,45)	BU12-C-15	3,31 (0,30)	3,35 (0,35)	3,35 (0,52)	3,27 (0,18)
			BU12-R-15	3,32 (0,17)	3,36 (0,60)	3,36 (0,17)	3,28 (0,35)
			BU12-C-25	3,30 (0,18)	3,34 (0,62)	3,34 (0,30)	3,27 (0,31)
			BU12-R-25	3,30 (0,35)	3,36 (0,34)	3,35 (0,15)	3,27 (0,35)
	BN12	0,81 (1,43)	BN12-C-15	0,80 (0,24)	0,61 (5,04)	0,82 (1,22)	0,84 (2,49)
			BN12-R-15	0,75 (1,33)	0,62 (3,34)	0,84 (1,81)	0,87 (1,33)
			BN12-C-25	0,75 (2,31)	0,62 (2,45)	0,84 (1,19)	0,92 (3,92)
			BN12-R-25	0,77 (1,49)	0,66 (6,60)	0,83 (1,83)	0,9 (4,19)
	BU12	0,82 (3,06)	BU12-C-15	0,79 (0,73)	0,63 (3,17)	0,83 (2,41)	0,9 (1,29)
			BU12-R-15	0,74 (3,11)	0,64 (5,52)	0,83 (1,39)	0,89 (1,71)
			BU12-C-25	0,77 (1,30)	0,63 (4,20)	0,84 (4,29)	0,91 (0,24)
			BU12-R-25	0,74 (1,35)	0,62 (1,61)	0,84 (1,19)	0,93 (3,47)
Ac. Total (g.L ⁻¹)	BN12	5,87 (3,55)	BN12-C-15	4,83 (2,39)	5,00 (2,00)	4,80 (0,24)	5,33 (1,08)
			BN12-R-15	4,97 (1,16)	5,03 (1,15)	4,77 (2,42)	5,27 (1,10)
			BN12-C-25	5,00 (0,25)	5,13 (1,12)	4,77 (1,21)	5,47 (1,06)
			BN12-R-25	4,93 (1,17)	5,10 (0,25)	4,80 (2,08)	5,40 (0,14)
	BU12	5,67 (1,02)	BU12-C-15	4,80 (2,08)	5,00 (2,00)	4,70 (0,14)	5,27 (1,10)
			BU12-R-15	4,90 (2,04)	4,93 (1,17)	4,73 (1,22)	5,33 (1,08)
			BU12-C-25	4,93 (1,17)	5,03 (1,15)	4,67 (2,47)	5,33 (1,08)
			BU12-R-25	4,87 (3,14)	5,07 (1,14)	4,60 (0,35)	5,37 (1,08)
Ácido tartárico (g.L ⁻¹)	BN12	1,72 (10,26)	BN12-C-15	1,93 (1,59)	1,99 (2,37)	1,74 (3,17)	1,84 (3,50)
			BN12-R-15	1,83 (4,67)	2,07 (1,21)	1,79 (0,97)	1,84 (6,24)
			BN12-C-25	1,90 (5,20)	1,87 (2,98)	1,73 (2,90)	1,93 (2,85)
			BN12-R-25	1,90 (4,88)	1,95 (6,10)	1,79 (4,43)	1,99 (4,68)
	BU12	1,72 (9,43)	BU12-C-15	1,87 (2,33)	2,01 (0,76)	1,66 (8,42)	1,88 (2,73)
			BU12-R-15	1,93 (1,58)	1,78 (1,49)	1,66 (2,51)	1,90 (2,19)
			BU12-C-25	1,89 (3,45)	1,82 (5,23)	1,66 (2,43)	1,97 (8,45)
			BU12-R-25	1,81 (3,87)	1,85 (1,62)	1,80 (1,39)	1,98 (2,04)
SO2 libre (mg.L ⁻¹)	BN12	34,33 (7,33)	BN12-C-15	17,87 (11,27)	26,00 (3,85)	21,00 (4,76)	
			BN12-R-15	21,60 (3,70)	28,00 (3,57)	21,00 (4,76)	
			BN12-C-25	20,00 (0,10)	21,00 (4,76)	12,00 (8,33)	
			BN12-R-25	18,67 (13,78)	24,00 (4,17)	15,00 (6,67)	
	BU12	34,00 (0,25)	BU12-C-15	16,27 (12,38)	26,00 (3,85)	17,00 (5,88)	
			BU12-R-15	18,93 (4,88)	32,00 (3,13)	20,00 (5,00)	
			BU12-C-25	17,33 (11,62)	17,00 (5,88)	11,00 (9,09)	
			BU12-R-25	18,40 (4,35)	16,00 (6,25)	13,00 (7,69)	
SO2 total (mg.L ⁻¹)	BN12		BN12-C-15		54,00 (1,85)	61,00 (1,64)	
			BN12-R-15		58,00 (1,72)	63,00 (1,59)	
			BN12-C-25		50,00 (2,10)	47,67 (6,74)	



BU12	BN12-R-25	55,00 (1,82)	52,00 (1,92)
	BU12-C-15	57,00 (1,75)	54,00 (1,85)
	BU12-R-15	62,00 (1,61)	61,00 (1,64)
	BU12-C-25	38,00 (2,63)	45,00 (2,22)
	BU12-R-25	33,00 (3,03)	46,00 (2,17)

B18b6

Alcohol (%v/v)	BN18	14,43 (0,80)	BN18-C-15	14,20 (0,47)	14,20 (0,15)
			BN18-R-15	14,20 (0,58)	14,13 (0,41)
			BN18-C-25	14,10 (0,47)	14,17 (0,41)
			BN18-R-25	14,10 (0,15)	14,13 (0,41)
			BU18-C-15	14,37 (0,40)	14,37 (0,40)
	BU18	14,57 (0,40)	BU18-R-15	14,23 (0,81)	14,43 (0,80)
			BU18-C-25	14,30 (0,35)	14,37 (0,40)
			BU18-R-25	14,30 (0,40)	14,33 (0,40)
			BN18-C-15	3,30 (0,63)	3,25 (0,36)
			BN18-R-15	3,35 (0,34)	3,26 (0,18)
pH	BN18	3,25 (0,47)	BN18-C-25	3,29 (0,30)	3,23 (0,47)
			BN18-R-25	3,29 (0,46)	3,23 (0,36)
			BU18-C-15	3,38 (0,17)	3,26 (0,64)
			BU18-R-15	3,30 (0,17)	3,24 (0,14)
			BU18-C-25	3,28 (0,35)	3,25 (0,31)
	BU18	3,25 (0,31)	BU18-R-25	3,27 (0,31)	3,24 (0,36)
			BN18-C-15	0,86 (3,08)	0,94 (2,47)
			BN18-R-15	0,85 (1,36)	0,93 (0,62)
			BN18-C-25	0,77 (2,72)	0,95 (2,79)
			BN18-R-25	0,74 (1,35)	0,95 (1,61)
Ac Volátil (g.L ⁻¹)	BN18	0,79 (2,53)	BU18-C-15	0,84 (1,83)	0,92 (0,63)
			BU18-R-15	0,75 (3,53)	0,93 (1,86)
			BU18-C-25	0,75 (0,77)	0,95 (2,64)
			BU18-R-25	0,76 (3,31)	0,95 (1,6)
			BU18-C-15	4,83 (1,19)	5,57 (1,04)
	BU18	0,77 (2,60)	BN18-R-15	4,90 (0,17)	5,60 (0,15)
			BN18-C-25	5,27 (1,10)	5,57 (2,74)
			BN18-R-25	5,23 (1,10)	5,60 (1,79)
			BU18-C-15	4,80 (2,08)	5,43 (1,06)
			BU18-R-15	5,10 (0,20)	5,47 (1,06)
Ac. Total (g.L ⁻¹)	BN18	5,5 (1,82)	BU18-C-25	5,20 (1,92)	5,53 (1,04)
			BU18-R-25	5,10 (0,16)	5,47 (1,06)
			BN18-C-15	1,84 (3,92)	2,06 (2,68)
			BN18-R-15	1,69 (8,90)	2,01 (3,31)
			BN18-C-25	1,85 (4,90)	2,03 (2,26)
	BU18	1,71 (6,64)	BN18-R-25	1,92 (5,01)	2,10 (3,18)
			BU18-C-15	1,47 (3,92)	1,99 (1,33)
			BU18-R-15	1,60 (9,09)	2,06 (5,60)
			BU18-C-25	1,84 (7,39)	1,95 (6,19)
			BU18-R-25	1,97 (1,27)	1,98 (4,20)
SO2 libre (mg.L ⁻¹)	BN18	25,33 (6,03)	BN18-C-15	24,00 (4,17)	
			BN18-R-15	27,00 (3,70)	
			BN18-C-25	15,00 (6,67)	
			BN18-R-25	22,00 (4,55)	
			BU18-C-15	25,00 (4,00)	
	BU18	27,33 (2,11)	BU18-R-15	29,00 (3,45)	
			BU18-C-25	21,00 (4,76)	
			BU18-R-25	24,00 (4,17)	
			BN18-C-15	79,00 (1,27)	
			BN18-R-15	83,00 (1,20)	



		BN18-C-25	59,00 (1,69)
		BN18-R-25	74,00 (1,35)
BU18	95,00 (7,37)	BU18-C-15	81,00 (1,23)
		BU18-R-15	83,00 (1,20)
		BU18-C-25	72,00 (1,39)
		BU18-R-25	75,00 (1,33)

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el Capítulo de Materiales y Métodos.

B6b18, B12b18 y B18b6, vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente. BN, barricas nuevas, BU, barricas usadas, C, corcho natural, R, rosca, 15, 15°C de temperatura de almacenamiento de las botellas y 25, 25°C temperatura de conservación de las botellas.



Anexo V.2. Evolución microbiológica de vinos Malbec conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente (**B6b18**, **B12b18** y **B18b6**).

				Vino inicial	3 meses		6 meses		9 meses		12 meses		15 meses		18 meses					
					15°C		25°C		15°C		25°C		15°C		25°C		15°C		25°C	
					15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C		
B6b18	Hongos y levaduras totales (UFC.100.mL-1)*	BN	> 4.10 ³	BN-C	< 1	< 1	> 2.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	22	7,34.10 ²	> 3.10 ³	< 1	< 1	1				
				BN-R	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3	> 3.10 ³	> 3.10 ³	< 1	< 1	< 1					
		BU	> 4.10 ³	BU-C	> 2.10 ³	< 1	1	> 2.10 ³	> 3.10 ³	< 1	1,42.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	3,49.10 ³	< 1				
				BU-R	< 1	< 1	1	5	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	< 1	< 1				
	Brettanomyces/Dekkera (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1					
				BN-R	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1					
		BU	100	BU-C	> 2.10 ³	< 1	> 2.10 ³	> 2.10 ³	> 3.10 ³	> 3.10 ³	8,45.10 ²	1,53.10 ³	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1				
				BU-R	> 2.10 ³	< 1	> 2.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	< 1	> 3.10 ³	1				
	Bacterias lácticas (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
				BN-R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
		BU	< 1	BU-C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
				BU-R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
	Bacterias acéticas (UFC 100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	< 1	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
				BN-R	< 1	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
		BU	< 1	BU-C	2	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1				
				BU-R	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1			
B12b12	Hongos y levaduras totales (UFC.100.mL-1)*	BN	> 2.10 ³	BN-C	6	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1								
				BN-R	56	< 1	45	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1								
		BU	> 2.10 ³	BU-C	5	3	< 1	< 1	1	47	< 1	2								
				BU-R	< 1	< 1	< 1	< 1	9	< 1	1	< 1								
	Brettanomyces/Dekkera (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1								
				BN-R	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1								
		BU	< 1	BU-C	4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1								
				BU-R	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1								
	Bacterias lácticas (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	-	BN-C	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
				BN-R	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
		BU	-	BU-C	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
				BU-R	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
	Bacterias acéticas (UFC 100.mL ⁻¹)	BN	-	BN-C	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
				BN-R	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
		BU	-	BU-C	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
				BU-R	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1								
B18b6	Hongos y levaduras totales (UFC.100.mL-1)*	BN	> 2.10 ³	BN-C	< 1	< 1	< 1	< 1												
				BN-R	< 1	< 1	< 1	< 1												
		BU	> 2.10 ³	BU-C	1	110	< 1	< 1												
				BU-R	6	< 1	< 1	< 1												
	Brettanomyces/Dekkera (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	< 1	< 1	< 1	< 1												
				BN-R	< 1	< 1	< 1	< 1												
		BU	< 1	BU-C	< 1	< 1	< 1	< 1												
				BU-R	< 1	< 1	< 1	< 1												
	Bacterias lácticas (UFC.100.mL ⁻¹)	BN	-	BN-C	-	-	< 1	< 1												
				BN-R	-	-	< 1	< 1												
		BU	-	BU-C	-	-	< 1	< 1												
				BU-R	-	-	< 1	< 1												
	Bacterias acéticas (UFC 100.mL ⁻¹)	BN	< 1	BN-C	-	-	< 1	< 1												
				BN-R	-	-	< 1	< 1												
		BU	< 1	BU-C	-	-	< 1	< 1												
				BU-R	-	-	< 1	< 1												

* UFC unidades formadoras de colonia. Valores medios (3 réplicas). Los análisis están descriptos en el capítulo de Materiales y Métodos. BN, barricas nuevas; BU, barricas usadas, C, corcho natural; R, rosca.



Anexo V.3. Evolución de la composición fenólica y el color, durante la conservación en botellas de vinos Malbec provenientes del añejamiento en barricas.

Vino inicial				Tiempo de conservación en botellas (meses)					
				3	6	9	12	15	18
B6b18									
Antocianos (mg.L ⁻¹)	BN6	540,68 (1,74)	BN6-C-15	442,49 (4,44)	409,64 (2,63)	351,47 (1,64)	315,69 (2,65)	266,50 (4,68)	247,87 (1,40)
			BN6-R-15	450,33 (3,62)	426,64 (3,15)	360,62 (0,39)	320,75 (4,86)	278,59 (2,10)	255,07 (3,74)
			BN6-C-25	356,21 (7,51)	268,79 (9,38)	207,52 (12,56)	207,68 (8,75)	145,59 (9,60)	129,90 (10,76)
			BN6-R-25	358,10 (10,35)	288,40 (1,45)	207,52 (7,80)	169,44 (5,85)	148,04 (6,76)	132,83 (0,34)
	BU6	559,15 (2,15)	BU6-C-15	464,70 (3,35)	423,53 (2,91)	356,70 (3,13)	331,54 (2,3)	269,44 (2,03)	248,70 (1,82)
			BU6-R-15	479,09 (2,81)	431,62 (2,90)	384,15 (1,16)	345,67 (2,73)	288,40 (4,25)	263,53 (1,87)
			BU6-C-25	398,20 (4,93)	284,80 (1,03)	210,62 (5,82)	182,35 (6,69)	146,73 (15,04)	133,17 (8,51)
			BU6-R-25	398,04 (5,54)	301,96 (6,82)	190,69 (12,69)	172,22 (10,97)	153,92 (12,85)	132,70 (7,45)
	BN6	567,29 (2,91)	BN6-C-15	472,96 (8,59)	577,46 (3,03)	660,37 (2,17)	527,77 (0,31)	456,04 (2,39)	551,47 (0,78)
			BN6-R-15	500,91 (4,88)	540,89 (6,88)	650,20 (1,24)	505,33 (1,96)	457,59 (1,02)	536,83 (3,65)
			BN6-C-25	456,12 (6,77)	488,88 (8,45)	566,28 (3,51)	457,66 (7,02)	439,27 (4,84)	501,77 (3,68)
			BN6-R-25	453,71 (2,70)	466,05 (1,37)	546,33 (0,48)	446,8 (1,67)	408,21 (4,07)	487,03 (3,39)
Taninos (mg.L ⁻¹)	BU6	549,9 (1,27)	BU6-C-15	473,19 (2,55)	525,68 (10,61)	620,78 (1,78)	488,18 (4,09)	446,95 (2,65)	541,20 (1,74)
			BU6-R-15	488,72 (6,92)	549,16 (2,78)	637,16 (4,91)	467,37 (2,65)	449,13 (1,09)	519,60 (2,30)
			BU6-C-25	465,82 (9,82)	444,35 (7,36)	548,11 (3,61)	420,32 (6,29)	412,33 (13,43)	482,53 (4,07)
			BU6-R-25	445,75 (0,97)	421,76 (3,56)	538,10 (12,63)	398,50 (3,91)	407,75 (2,22)	435,47 (6,00)
	BN6	0,97 (8,99)	BN6-C-15	1,47 (6,48)	1,64 (8,20)	1,79 (0,71)	0,98 (9,73)	1,66 (1,50)	1,79 (4,20)
			BN6-R-15	1,36 (9,17)	1,29 (12,11)	1,92 (4,27)	1,01 (5,61)	1,43 (9,23)	1,72 (9,23)
			BN6-C-25	1,75 (8,84)	1,60 (7,93)	1,97 (1,91)	0,76 (14,94)	1,99 (9,97)	2,04 (7,43)
			BN6-R-25	1,69 (8,28)	1,31 (10,05)	1,83 (12,63)	1,75 (7,77)	2,12 (6,79)	1,94 (3,02)
	BU6	0,82 (6,95)	BU6-C-15	1,29 (3,67)	1,47 (18,17)	1,71 (3,17)	0,58 (9,60)	1,50 (2,21)	1,56 (4,06)
			BU6-R-15	1,37 (5,84)	1,58 (4,13)	1,71 (9,10)	0,38 (2,63)	1,53 (2,45)	1,49 (6,47)
			BU6-C-25	1,43 (8,93)	1,59 (10,13)	1,81 (4,98)	2,09 (4,25)	2,25 (7,88)	1,99 (11,66)
			BU6-R-25	1,35 (8,89)	0,87 (6,31)	1,48 (14,66)	1,74 (2,99)	2,02 (13,56)	2,04 (9,08)
SPP	BN6	1,83 (7,03)	BN6-C-15	1,85 (2,56)	1,69 (8,64)	1,86 (2,61)	2,14 (5,57)	2,25 (1,18)	2,08 (1,69)
			BN6-R-15	1,97 (9,07)	1,87 (3,47)	1,81 (2,21)	2,03 (1,42)	2,38 (5,88)	2,09 (6,75)
			BN6-C-25	2,25 (8,25)	2,00 (4,02)	1,98 (2,44)	2,3 (8,76)	2,25 (10,92)	2,16 (1,67)
			BN6-R-25	1,98 (3,50)	2,21 (5,88)	2,03 (5,27)	2,35 (0,43)	2,04 (4,95)	2,08 (6,73)
	BU6	1,84 (3,28)	BU6-C-15	1,87 (1,88)	1,54 (8,46)	1,77 (3,26)	2,08 (1,39)	2,22 (6,52)	2,10 (3,30)
			BU6-R-15	1,84 (7,73)	1,64 (2,74)	1,75 (5,50)	2,05 (5,13)	2,08 (2,31)	2,10 (4,07)
			BU6-C-25	2,15 (9,12)	1,91 (0,52)	2,08 (4,21)	1,87 (3,47)	1,91 (4,25)	2,14 (2,82)
			BU6-R-25	2,13 (4,23)	2,28 (3,51)	2,06 (2,98)	2,33 (5,37)	1,94 (4,83)	2,14 (11,05)
L *	BN6	57,76 (1,05)	BN6-C-15	56,72 (1,73)	57,88 (1,21)	58,49 (1,16)	58,92 (0,83)	60,76 (0,56)	63,05 (0,95)
			BN6-R-15	57,07 (1,93)	58,17 (1,71)	58,64 (1,06)	59,2 (0,85)	61,70 (0,43)	63,27 (1,16)
			BN6-C-25	56,45 (1,24)	58,49 (2,21)	60,60 (1,14)	61,55 (1,88)	63,11 (0,68)	65,71 (1,15)
			BN6-R-25	58,87 (4,65)	59,21 (1,18)	60,82 (0,83)	62,03 (0,63)	63,62 (1,75)	66,18 (1,23)
	BU6	56,28 (1,83)	BU6-C-15	55,70 (0,72)	57,16 (0,74)	57,51 (0,41)	58,53 (0,50)	60,55 (1,09)	62,35 (0,52)
			BU6-R-15	56,64 (0,43)	56,97 (1,27)	58,10 (0,91)	59,16 (0,71)	61,30 (0,40)	63,45 (0,31)
			BU6-C-25	56,60 (1,48)	58,69 (1,95)	60,66 (2,36)	62,36 (2,44)	63,40 (1,96)	66,10 (0,86)
			BU6-R-25	59,38 (4,78)	59,68 (0,78)	62,28 (1,32)	63,5 (0,66)	64,31 (1,49)	66,97 (0,46)
C* _{ab}	BN6	45,87 (1,48)	BN6-C-15	45,04 (1,35)	44,04 (1,57)	43,34 (1,57)	41,81 (1,04)	39,55 (0,84)	37,92 (1,44)
			BN6-R-15	44,53 (1,29)	44,13 (2,71)	43,07 (1,39)	41,72 (1,06)	38,96 (0,23)	37,34 (1,43)
			BN6-C-25	43,86 (1,76)	41,50 (3,12)	39,21 (2,49)	37,11 (3,08)	34,89 (1,55)	32,84 (1,54)
			BN6-R-25	41,97 (5,65)	41,00 (1,81)	39,11 (2,01)	36,69 (1,09)	34,54 (1,69)	32,42 (2,38)
	BU6	47,87 (2,08)	BU6-C-15	46,19 (0,56)	45,04 (0,71)	43,93 (0,54)	41,45 (1,11)	39,11 (0,48)	37,82 (0,76)
			BU6-R-15	45,24 (0,31)	44,94 (1,10)	43,60 (0,19)	41,47 (0,69)	39,15 (0,30)	37,27 (0,11)
			BU6-C-25	43,68 (1,31)	41,18 (2,20)	38,73 (4,05)	35,8 (5,37)	33,93 (3,14)	31,61 (2,55)
			BU6-R-25	40,64 (5,43)	40,15 (1,84)	37,16 (3,51)	34,91 (2,05)	33,48 (3,83)	31,24 (1,12)
h _{ab}	BN6	-2,49 (9,03)	BN6-C-15	0,56 (10,74)	-1,20 (6,63)	-0,48 (12,39)	1,68 (10,04)	0,94 (5,74)	-0,34 (34,50)
			BN6-R-15	0,34 (20,16)	-1,83 (18,79)	-0,68 (10,75)	1,53 (14,24)	0,83 (12,73)	-0,04 (45,01)
			BN6-C-25	2,06 (3,76)	1,11 (4,69)	3,89 (27,12)	7,45 (15,99)	7,84 (14,59)	6,63 (7,92)
			BN6-R-25	1,75 (24,32)	1,41 (14,45)	3,54 (26,63)	7,43 (5,58)	7,48 (1,51)	7,44 (11,86)



	BU6	-3,09 (5,04)	BU6-C-15	0,19 (11,86)	-1,96 (5,03)	-0,95 (13,03)	1,38 (5,93)	0,45 (19,93)	-1,03 (12,90)
			BU6-R-15	-0,09 (7,18)	-2,05 (5,33)	-1,09 (9,65)	1,25 (2,86)	0,45 (28,37)	-1,07 (8,72)
			BU6-C-25	1,18 (0,72)	1,00 (18,00)	3,58 (24,14)	7,36 (20,88)	8,10 (13,64)	6,64 (16,70)
			BU6-R-25	-0,13 (17,54)	1,52 (17,56)	5,31 (4,56)	8,53 (19,09)	9,18 (22,67)	7,00 (12,09)
B12b12									
Taninos (mg.L ⁻¹)	BN12	623,92 (4,61)	BN12-C-15	643,61 (2,16)	485,54 (2,14)	498,5 (2,64)	553,87 (1,07)		
			BN12-R-15	633,98 (4,06)	496,72 (3,21)	511,62 (0,97)	551,23 (4,26)		
			BN12-C-25	580,49 (2,61)	462,09 (2,06)	435,77 (1,58)	498,67 (5,27)		
			BN12-R-25	550,44 (0,64)	435,62 (2,76)	404,95 (5,06)	475,70 (0,88)		
	BU12	589,1 (1,86)	BU12-C-15	608,51 (0,06)	476,53 (1,83)	480,10 (3,22)	521,43 (4,97)		
			BU12-R-15	601,53 (2,52)	464,42 (0,48)	458,05 (2,57)	497,50 (5,77)		
			BU12-C-25	535,61 (4,02)	430,65 (3,83)	379,10 (2,18)	438,87 (2,78)		
			BU12-R-25	527,38 (0,53)	419,24 (3,23)	363,57 (3,51)	435,70 (2,00)		
Antocianos (mg.L ⁻¹)	BN12	406,86 (2,29)	BN12-C-15	359,31 (2,30)	334,15 (3,17)	305,56 (1,61)	264,03 (2,05)		
			BN12-R-15	362,75 (2,17)	340,36 (0,08)	312,42 (1,42)	269,77 (3,53)		
			BN12-C-25	321,9 (1,31)	273,04 (5,85)	204,74 (2,65)	164,03 (2,60)		
			BN12-R-25	321,41 (2,14)	271,41 (1,16)	207,35 (3,43)	157,37 (1,56)		
	BU12	433,09 (1,53)	BU12-C-15	392,48 (1,28)	361,60 (2,41)	331,21 (1,11)	289,37 (0,85)		
			BU12-R-15	399,18 (1,96)	353,67 (1,78)	329,25 (1,19)	288,87 (1,99)		
			BU12-C-25	340,69 (3,40)	286,11 (2,71)	214,22 (2,42)	174,33 (1,36)		
			BU12-R-25	356,21 (0,21)	289,71 (4,07)	217,81 (3,53)	179,27 (3,63)		
LPP	BN12	1,30 (5,02)	BN12-C-15	1,65 (6,59)	1,58 (4,74)	1,80 (5,27)	1,68 (4,48)		
			BN12-R-15	1,57 (0,81)	1,99 (6,66)	1,90 (1,94)	1,70 (13,91)		
			BN12-C-25	1,58 (1,36)	2,09 (12,69)	1,85 (15,53)	1,96 (2,42)		
			BN12-R-25	1,87 (4,67)	1,92 (10,23)	1,74 (3,58)	1,90 (4,74)		
	BU12	1,21 (7,44)	BU12-C-15	1,53 (1,50)	1,74 (4,34)	1,70 (1,95)	1,47 (9,60)		
			BU12-R-15	1,44 (4,33)	2,22 (3,83)	1,51 (13,62)	1,34 (6,11)		
			BU12-C-25	1,47 (8,82)	1,71 (8,77)	1,40 (2,37)	1,63 (8,45)		
			BU12-R-25	1,45 (6,86)	1,86 (6,99)	1,43 (9,71)	1,74 (7,26)		
SPP	BN12	2,04 (3,43)	BN12-C-15	1,94 (2,47)	2,08 (4,19)	1,96 (5,34)	2,43 (3,33)		
			BN12-R-15	1,89 (4,64)	1,87 (2,53)	1,86 (1,46)	2,32 (4,14)		
			BN12-C-25	1,97 (3,12)	1,94 (2,44)	2,16 (5,38)	2,21 (2,35)		
			BN12-R-25	1,94 (4,13)	1,94 (1,81)	2,21 (5,95)	2,11 (2,14)		
	BU12	2,07 (1,69)	BU12-C-15	1,81 (2,21)	1,74 (3,70)	1,81 (8,01)	2,25 (4,62)		
			BU12-R-15	1,81 (4,48)	1,68 (0,60)	1,91 (1,39)	2,32 (11,41)		
			BU12-C-25	2,04 (7,26)	1,91 (5,25)	2,22 (1,04)	2,21 (5,33)		
			BU12-R-25	1,94 (6,80)	1,80 (1,61)	2,23 (6,01)	2,02 (8,74)		
L*	BN12	61,4 (1,22)	BN12-C-15	60,79 (1,58)	61,58 (1,05)	61,23 (1,10)	64,97 (0,77)		
			BN12-R-15	61,65 (0,88)	61,95 (1,10)	61,45 (1,40)	65,22 (0,68)		
			BN12-C-25	61,95 (1,16)	61,88 (1,08)	62,40 (1,12)	65,46 (0,84)		
			BN12-R-25	61,51 (0,70)	62,45 (0,99)	64,00 (0,96)	65,75 (1,47)		
	BU12	61,24 (1,39)	BU12-C-15	60,96 (0,93)	61,95 (0,64)	62,03 (0,85)	65,57 (0,56)		
			BU12-R-15	61,83 (0,19)	62,33 (0,37)	62,08 (0,49)	65,73 (0,18)		
			BU12-C-25	61,62 (0,15)	62,45 (0,74)	64,48 (0,36)	66,33 (0,45)		
			BU12-R-25	62,10 (0,47)	62,72 (0,49)	64,87 (0,52)	66,83 (0,48)		
C* _{ab}	BN12	40,49 (1,9)	BN12-C-15	41,28 (2,39)	39,83 (1,69)	40,11 (1,80)	36,18 (1,41)		
			BN12-R-15	40,14 (1,52)	39,76 (1,62)	39,75 (1,55)	35,72 (0,49)		
			BN12-C-25	39,93 (1,46)	38,83 (1,29)	37,53 (1,00)	33,95 (0,71)		
			BN12-R-25	40,30 (1,03)	38,49 (1,49)	36,27 (0,87)	32,77 (2,57)		
	BU12	40,1 (2,01)	BU12-C-15	41,46 (1,67)	39,64 (0,55)	39,01 (2,24)	35,47 (0,90)		
			BU12-R-15	40,22 (0,78)	39,23 (1,16)	39,25 (0,70)	35,34 (0,69)		
			BU12-C-25	40,35 (0,25)	38,29 (1,21)	35,52 (0,26)	33,00 (0,99)		
			BU12-R-25	39,31 (1,02)	38,29 (0,96)	35,05 (1,44)	32,63 (0,48)		
h _{ab}	BN12	-0,99 (9,03)	BN12-C-15	1,10 (9,37)	2,70 (6,47)	2,01 (8,39)	1,43 (11,53)		
			BN12-R-15	1,16 (12,68)	2,40 (11,30)	2,15 (5,77)	1,45 (18,64)		
			BN12-C-25	2,47 (17,12)	4,75 (1,06)	6,15 (4,60)	5,97 (6,95)		
			BN12-R-25	2,31 (9,93)	4,65 (3,43)	6,16 (3,58)	5,97 (17,26)		
	BU12	-1,50 (35,12)	BU12-C-15	0,26 (42,80)	2,00 (10,27)	1,59 (27,65)	0,45 (23,80)		
			BU12-R-15	0,48 (27,52)	1,91 (8,5)	1,43 (16,98)	0,50 (15,64)		



			BU12-C-25	1,86 (18,40)	3,94 (1,61)	5,45 (1,97)	5,03 (2,89)
			BU12-R-25	1,85 (19,28)	4,13 (7,32)	5,76 (6,16)	5,06 (4,54)
B18b6							
Taninos (mg. L ⁻¹)	BN18	545,55 (1,45)	BN18-C-15	488,26 (2,73)	524,77 (6,09)		
			BN18-R-15	496,33 (0,76)	546,87 (2,73)		
			BN18-C-25	442,33 (0,54)	492,67 (1,22)		
			BN18-R-25	428,48 (4,35)	465,90 (3,74)		
			BU18	517,76 (5,15)			
	BU18	517,76 (5,15)	BU18-C-15	456,66 (3,20)	513,40 (3,44)		
			BU18-R-15	450,45 (2,35)	511,40 (3,40)		
			BU18-C-25	405,81 (2,33)	444,5 (6,54)		
			BU18-R-25	392,37 (5,04)	424,73 (2,39)		
			BN18	366,18 (3,01)			
Antocianos (mg.L ⁻¹)	BN18	366,18 (3,01)	BN18-C-15	315,85 (3,64)	273,37 (1,76)		
			BN18-R-15	323,04 (1,45)	285,30 (1,06)		
			BN18-C-25	275,49 (4,67)	218,80 (3,32)		
			BN18-R-25	287,75 (0,17)	228,93 (4,29)		
			BU18	391,26 (2,06)			
	BU18	391,26 (2,06)	BU18-C-15	353,43 (2,47)	309,17 (2,16)		
			BU18-R-15	349,84 (1,69)	315,33 (0,95)		
			BU18-C-25	307,84 (3,90)	239,2 (4,24)		
			BU18-R-25	309,48 (1,28)	249,87 (1,49)		
			BN18	1,22 (10,91)			
LPP	BN18	1,22 (10,91)	BN18-C-15	1,56 (14,78)	1,93 (3,90)		
			BN18-R-15	1,47 (2,56)	1,86 (3,06)		
			BN18-C-25	1,57 (10,51)	1,94 (8,40)		
			BN18-R-25	1,45 (7,03)	1,87 (8,35)		
			BU18	1,61 (11,18)			
	BU18	1,61 (11,18)	BU18-C-15	1,44 (1,72)	1,63 (8,96)		
			BU18-R-15	1,29 (12,80)	1,66 (6,32)		
			BU18-C-25	1,33 (5,72)	1,74 (10,31)		
			BU18-R-25	1,17 (5,31)	1,65 (7,27)		
			BN18	2,74 (3,83)			
SPP	BN18	2,74 (3,83)	BN18-C-15	2,32 (8,36)	2,03 (1,78)		
			BN18-R-15	2,31 (3,60)	1,96 (2,84)		
			BN18-C-25	2,36 (1,97)	2,11 (5,19)		
			BN18-R-25	2,31 (1,75)	2,00 (9,10)		
			BU18	2,24 (2,01)			
	BU18	2,24 (2,01)	BU18-C-15	2,18 (6,46)	1,91 (8,06)		
			BU18-R-15	2,24 (3,91)	1,89 (6,63)		
			BU18-C-25	2,31 (1,52)	2,14 (9,70)		
			BU18-R-25	2,29 (3,64)	2,02 (9,75)		
			BN18	63,24 (0,18)			
L *	BN18	63,24 (0,18)	BN18-C-15	63,24 (0,30)	64,91 (0,27)		
			BN18-R-15	63,93 (0,39)	65,58 (0,57)		
			BN18-C-25	63,50 (0,54)	65,32 (0,50)		
			BN18-R-25	64,00 (0,36)	66,01 (0,59)		
			BU18	64,41 (0,25)			
	BU18	64,41 (0,25)	BU18-C-15	64,21 (0,45)	65,80 (0,34)		
			BU18-R-15	64,91 (0,14)	66,65 (0,21)		
			BU18-C-25	65,00 (0,99)	66,58 (0,63)		
			BU18-R-25	66,47 (0,41)	67,20 (0,52)		
			BN18	37,75 (1,09)			
C* _{ab}	BN18	37,75 (1,09)	BN18-C-15	38,31 (1,11)	36,16 (1,19)		
			BN18-R-15	37,52 (1,11)	35,31 (2,04)		
			BN18-C-25	37,74 (0,82)	35,26 (0,89)		
			BU18	36,74 (0,31)			
	BU18	36,74 (0,31)	BN18-R-25	37,13 (0,70)	34,66 (1,06)		
			BU18-C-15	37,37 (0,84)	35,41 (1,20)		
			BU18-R-15	36,47 (0,21)	34,25 (0,27)		
			BU18-C-25	35,87 (1,82)	33,80 (0,81)		
			BU18-R-25	34,46 (0,58)	33,12 (0,92)		
			BN18	37,75 (1,09)			
h _{ab}	BN18	37,75 (1,09)	BN18-C-15	38,31 (1,11)	36,16 (1,19)		
			BN18-R-15	37,52 (1,11)	35,31 (2,04)		
			BN18-C-25	37,74 (0,82)	35,26 (0,89)		
			BN18-R-25	37,13 (0,70)	34,66 (1,06)		
			BU18	36,74 (0,31)			
	BU18	36,74 (0,31)	BU18-C-15	37,37 (0,84)	35,41 (1,20)		
			BU18-R-15	36,47 (0,21)	34,25 (0,27)		
			BU18-C-25	35,87 (1,82)	33,80 (0,81)		
			BU18-R-25	34,46 (0,58)	33,12 (0,92)		
			BN18				

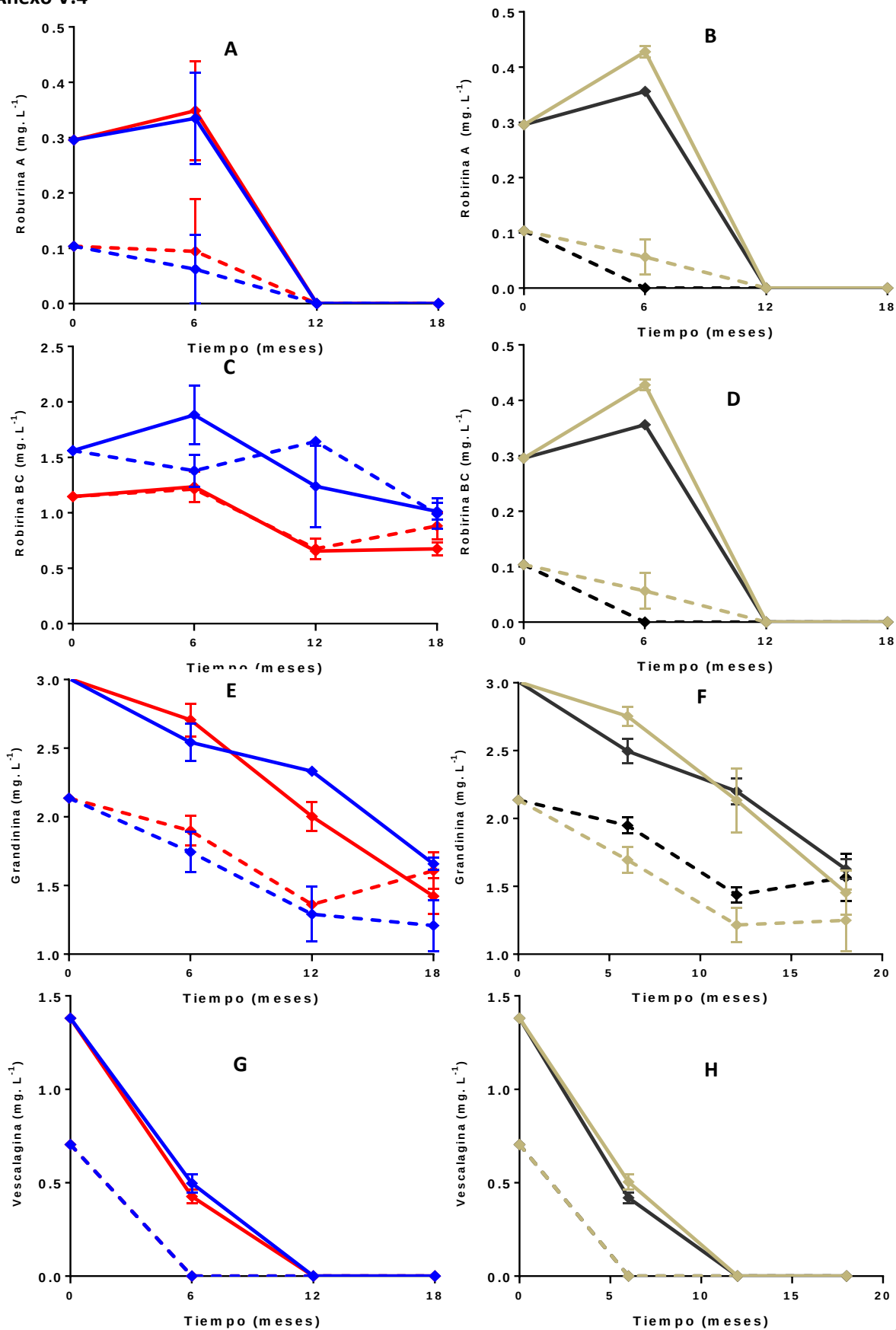


Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descritos en el Capítulo de Materiales y Métodos.

B6b18, B12b18 y B18b6, vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas y 18,12 y 6 meses en botella respectivamente. BN, barricas nuevas, BU, barricas usadas, C, corcho natural, R, rosca, 15, 15°C de temperatura de almacenamiento de las botellas y 25, 25°C temperatura de conservación de las botellas.



Anexo V.4



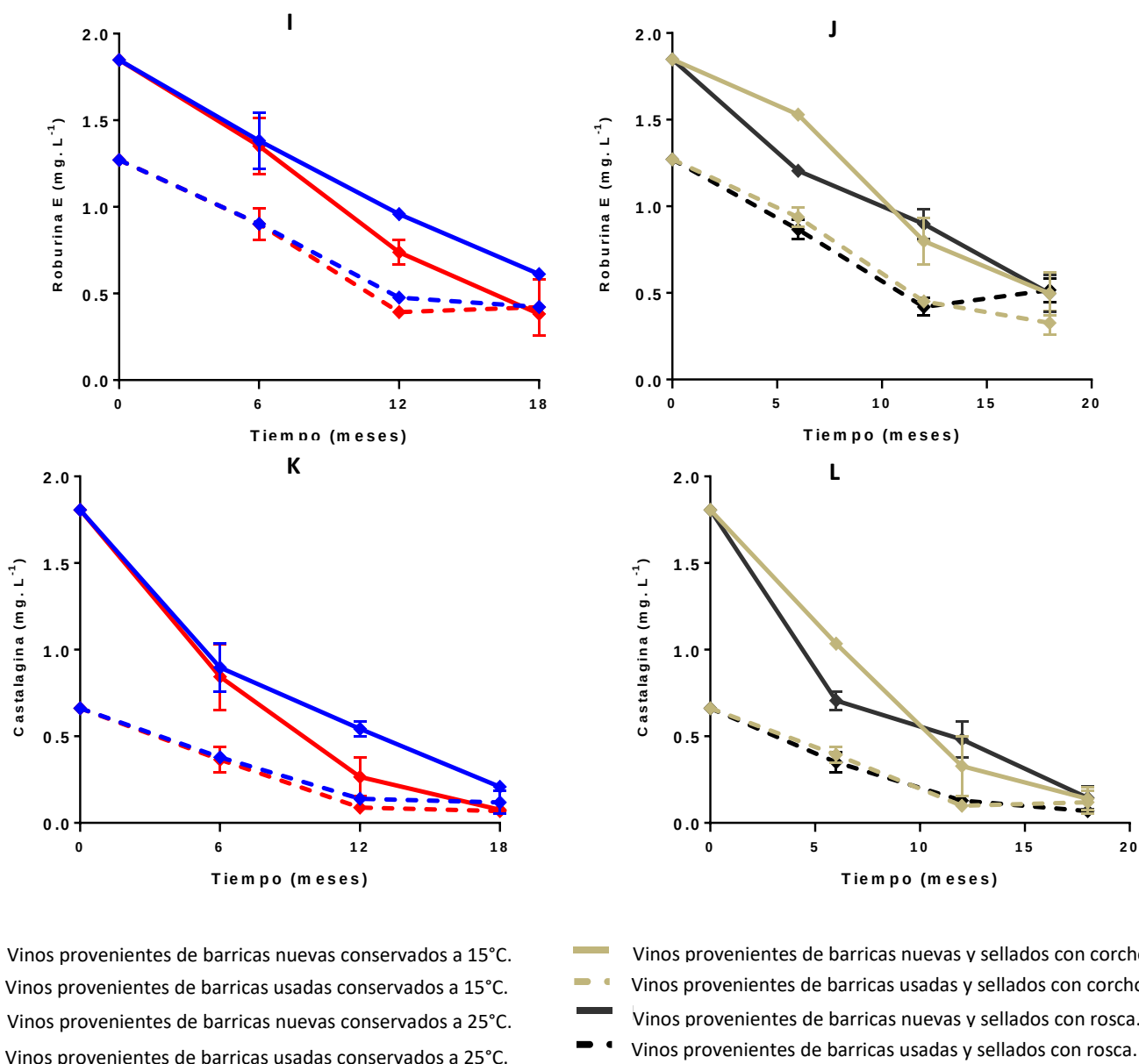


Figura del Anexo V.4. Evolución de la concentración de taninos elágicos individuales durante 18 meses de conservación en botellas de vinos Malbec provenientes del añejamiento durante 6 meses barricas nuevas u usadas. Interacciones representadas, Uso de la barrica:Temperatura de conservación:tiempo (B:T:t) y Uso de la barrica:tipo de cierre:tiempo (B:c:t).(A y B) Roburina A (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente.; (C,D) Roburina BC (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente; (E,F) Grandinina (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente; (G,H) Vescalagina (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente;(I,J) Roburina E (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente; (K,L) Castalagina (mg.L⁻¹) según las interacciones B:T:t y B:c:t respectivamente.



Anexo V.5 Evolución de compuestos volátiles individuales durante los 18 meses de conservación en botellas con tapa a rosca de vinos Malbec provenientes de 6 meses de añejamiento en barricas nuevas.

Compuesto Volátil	Tiempo de conservación (meses)							
	0		3	6	9	12	15	18
Butanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	216,78 (12,49)	15°C	200,06 (9,41)	210,37 (2,19)	228,47 (1,76)	194,61 (19,94)	229,02 (2,84)	223,49 (1,32)
		25°C	170,41 (5,17)	275,71 (7,27)	246,58 (7,69)	208,14 (3,75)	217,74 (15,15)	220,68 (2,40)
2-Metilbutanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	11,34 (7,90)	15°C	6,23 (35,00)	9,01 (30,88)	19,24 (20,46)	18,90 (25,87)	34,02 (3,98)	36,42 (4,79)
		25°C	9,85 (9,37)	41,99 (19,01)	45,35 (27,11)	51,18 (12,67)	65,68 (19,00)	72,15 (4,75)
Hexanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	368,33 (21,51)	15°C	415,07 (16,64)	278,95 (3,38)	349,01 (8,46)	315,30 (33,64)	305,48 (9,88)	282,63 (9,06)
		25°C	335,26 (4,84)	393,99 (7,07)	364,04 (21,33)	320,01 (7,90)	274,89 (32,10)	276,86 (2,23)
Heptanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,56 (18,02)	15°C	11,87 (11,90)	7,97 (3,24)	9,09 (0,12)	7,98 (5,68)	7,48 (3,68)	7,66 (3,91)
		25°C	10,86 (1,07)	8,34 (1,71)	8,35 (8,48)	8,67 (3,46)	7,15 (15,01)	7,57 (1,24)
Octanoato de etilo (mg.L^{-1})	1,01 (21,39)	15°C	2,96 (17,74)	1,23 (7,72)	1,71 (6,40)	1,16 (20,26)	0,65 (5,51)	0,84 (24,93)
		25°C	2,00 (7,69)	1,09 (13,59)	1,26 (25,23)	1,01 (13,37)	0,51 (35,00)	0,61 (9,49)
Decanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	246,42 (34,6)	15°C	353,03 (13,66)	144,28 (2,01)	182,73 (0,17)	154,98 (0,59)	90,15 (7,85)	83,82 (12,71)
		25°C	200,56 (14,47)	123,60 (8,05)	116,47 (4,13)	70,42 (21,77)	49,58 (33,11)	60,10 (11,82)
Dodecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	66,86 (29,73)	15°C	34,83 (0,62)	25,18 (5,72)	25,23 (2,04)	26,41 (2,38)	24,24 (7,59)	25,89 (8,06)
		25°C	31,05 (4,44)	30,56 (15,73)	30,48 (2,61)	21,66 (4,40)	27,44 (1,50)	22,05 (4,32)
Tetradecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	12,85 (12,35)	15°C	3,32 (3,31)	3,02 (8,62)	2,77 (5,02)	3,19 (13,35)	3,04 (14,34)	3,07 (11,72)
		25°C	3,73 (2,55)	3,93 (33,59)	4,18 (6,38)	1,96 (6,31)	4,30 (16,77)	2,67 (12,79)
Hexadecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	56,52 (13,02)	15°C	49,49 (1,09)	39,58 (2,17)	59,21 (11,54)	45,09 (20,3)	62,72 (9,94)	36,85 (6,61)
		25°C	42,37 (0,36)	58,57 (49,51)	54,92 (14,84)	22,69 (20,48)	47,09 (5,11)	39,66 (26,65)
Lactato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	70,05 (35,00)	15°C	95,88 (7,55)	112,69 (27,69)	111,01 (4,56)	129,93 (23,16)	127,86 (8,27)	145,65 (2,07)
		25°C	108,23 (0,80)	150,6 (17,15)	161,47 (30,38)	136,41 (19,5)	134,96 (26,1)	143,24 (12,55)
<i>Suma ésteres etílicos de ácidos grasos (mg.L^{-1})</i>	2,07 (22,12)	15°C	4,16 (16,33)	2,06 (3,23)	2,69 (5,00)	2,06 (16,88)	1,54 (0,18)	1,69 (15,02)
		25°C	2,92 (7,26)	2,18 (12,64)	2,28 (21,33)	1,84 (9,14)	1,33(34,41)	1,48 (5,57)
Acetato de isoamilo (mg.L^{-1})	4,24 (17,14)	15°C	2,47 (17,52)	2,29 (2,43)	2,44 (0,98)	0,84 (35,25)	2,05 (0,85)	1,69 (2,58)
		25°C	1,73 (3,74)	2,50 (17,58)	2,11 (14,01)	1,59 (3,32)	1,26 (32,12)	1,15 (2,43)
Acetato de hexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	233,82 (22,26)	15°C	167,67 (14,00)	83,19 (4,65)	96,70 (4,40)	60,47 (14,44)	57,46 (14,09)	35,52 (15,06)
		25°C	128,24 (7,55)	80,44 (5,18)	79,05 (33,18)	34,13 (15,35)	26,06 (31,06)	16,44 (12,28)
Acetato de 2-feniletilo (mg.L^{-1})	2,41 (0,31)	15°C	1,38 (6,01)	1,02 (5,14)	1,05 (3,66)	0,96 (4,58)	0,90 (8,21)	0,85 (2,71)
		25°C	1,23 (6,15)	1,18 (14,73)	1,10 (11,21)	0,71 (12,01)	0,64 (23,20)	0,66 (7,21)
Acetato de 2-etilhexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	10,8 (27,66)	15°C	47,53 (12,89)	6,30 (8,09)	8,67 (0,62)	5,86 (8,46)	7,36 (2,21)	6,97 (19,29)
		25°C	94,09 (2,49)	7,61 (7,38)	6,97 (18,16)	5,51 (6,78)	6,01 (19,72)	4,10 (8,30)
<i>Suma acetatos de alcoholes superiores (mg.L^{-1})</i>	6,89 (11,26)	15°C	4,06 (13,10)	3,40 (3,28)	3,60 (1,86)	1,88 (22,87)	3,01 (3,31)	2,58 (2,74)
		25°C	3,18 (4,79)	3,77 (16,38)	3,30 (13,54)	2,34 (1,61)	1,94 (29,1)	1,82 (4,27)
Succinato de metiletilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	6,54 (0,68)	15°C	6,75 (0,31)	6,78 (0,34)	6,83 (0,31)	6,91 (0,14)	7,03 (0,93)	7,04 (0,23)
		25°C	6,93 (0,02)	7,23 (1,24)	7,29 (3,00)	7,11 (0,09)	7,30 (2,80)	7,41 (0,07)
Succinato de dietilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	182,88 (4,85)	15°C	248,73 (4,21)	247,01 (2,95)	272,42 (2,92)	279,11 (1,38)	319,31 (6,12)	314,62 (0,91)



		25°C	288,63 (1,66)	394,52 (10,45)	406,90 (17,41)	328,53 (1,55)	365,95 (16,88)	386,05 (1,34)
Succinato de etilbutilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	164,48 (10,71)	15°C	203,41 (1,95)	209,37 (15,22)	205,99 (1,22)	191,47 (5,66)	228,04 (3,03)	214,85 (2,67)
		25°C	227,25 (7,36)	274,15 (8,99)	262,16 (15,53)	223,43 (2,22)	243,01 (21,09)	249,09 (3,32)
Succinato de etilisopentilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	33,87 (4,04)	15°C	23,92 (2,87)	19,07 (3,71)	21,37 (2,54)	20,06 (0,45)	21,59 (5,63)	20,47 (0,87)
		25°C	24 (3,57)	25,6 (6,33)	24,96 (16,32)	18,14 (0,13)	18,5 (16,46)	19,25 (0,26)
Suma ésteres del ácido succínico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	387,77 (2,96)	15°C	482,81 (3,14)	482,23 (4,94)	506,60 (1,18)	497,55 (1,42)	575,96 (4,81)	556,97 (1,58)
		25°C	546,82 (4,09)	701,51 (9,63)	701,31 (16,52)	577,21 (0,02)	634,76 (18,32)	661,79 (0,46)
Octanoato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,88 (29,00)	15°C	1,19 (27,99)	1,04 (3,03)	1,09 (3,42)	0,77 (14,65)	0,46 (12,23)	0,64 (18,42)
		25°C	0,55 (8,50)	1,00 (14,00)	0,85 (20,31)	0,72 (15,88)	0,31 (4,84)	0,46 (1,97)
Salicilato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	60,11 (13,59)	15°C	33,28 (14,18)	23,67 (4,70)	27,82 (6,40)	23,92 (0,99)	28,09 (9,14)	27,21 (4,39)
		25°C	31,52 (3,60)	31,2 (7,94)	35,24 (14,40)	26,93 (8,82)	37,69 (22,80)	29,66 (0,56)
ÉSTERES TOTALES (mg.L^{-1})	9,41 (13,11)	15°C	8,71 (14,08)	5,97 (0,38)	6,83 (3,06)	4,46 (17,58)	5,16 (2,58)	4,86 (6,53)
		25°C	6,68 (5,80)	6,69 (14,41)	6,32 (16,70)	4,78 (4,36)	3,95 (28,67)	3,99 (3,93)
Isobutanol (mg.L^{-1})	205,43 (5,06)	15°C	65,32 (29,52)	89,98 (34,00)	157,10 (6,37)	86,24 (35,93)	144,36 (7,53)	55,28 (2,58)
		25°C	54,73 (25,05)	182,02 (16,39)	140,92 (4,62)	91,16 (34,12)	150,77 (14,08)	81,20 (32,28)
Butanol (mg.L^{-1})	3,65 (5,64)	15°C	4,11 (7,11)	3,74 (11,80)	3,70 (1,30)	3,04 (9,94)	3,73 (3,05)	4,04 (1,61)
		25°C	3,84 (3,78)	3,89 (11,84)	3,79 (18,68)	3,92 (16,82)	3,52 (17,41)	3,68 (11,18)
3-Metil-1-butanol (mg.L^{-1})	43,50 (0,66)	15°C	53,98 (10,05)	53,39 (5,74)	53,43 (1,62)	51,45 (1,80)	54,02 (2,47)	52,82 (0,05)
		25°C	46,68 (7,65)	64,19 (10,65)	58,89 (11,07)	50,54 (2,53)	50,56 (12,33)	47,20 (1,86)
3-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	202,00 (2,70)	15°C	223,82 (8,32)	204,87 (2,32)	211,34 (2,66)	204,09 (7,93)	223,91 (4,46)	206,46 (0,11)
		25°C	205,01 (9,78)	254,77 (10,07)	238,96 (17,06)	196,52 (5,20)	197,71 (18,46)	192,43 (3,29)
4-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	97,06 (1,49)	15°C	106,55 (9,20)	104,50 (4,23)	108,40 (5,55)	95,42 (14,10)	117,85 (5,08)	100,61 (2,97)
		25°C	107,19 (4,22)	137,36 (11,67)	121,97 (19,53)	102,38 (8,65)	100,36 (24,65)	98,39 (3,99)
Hexanol (mg.L^{-1})	5,09 (2,62)	15°C	5,15 (10,33)	4,83 (1,42)	5,09 (2,13)	4,66 (7,64)	5,26 (2,79)	4,87 (0,27)
		25°C	4,95 (7,16)	6,01 (7,89)	5,54 (13,47)	4,82 (3,34)	4,75 (14,61)	4,67 (1,05)
Heptanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	25,04 (8,19)	15°C	31,54 (4,73)	26,89 (1,78)	28,16 (1,39)	25,09 (11,21)	31,16 (9,37)	26,31 (0,67)
		25°C	30,48 (5,42)	33,84 (5,60)	30,66 (12,33)	26,69 (2,41)	26,07 (14,16)	25,96 (3,65)
2-Etilhexanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,37 (29,90)	15°C	0,58 (10,35)	1,09 (3,17)	0,25 (28,96)	0,23 (29,60)	0,42 (29,42)	0,47 (34,66)
		25°C	1,74 (15,61)	0,29 (19,12)	0,23 (33,03)	0,18 (7,37)	0,84 (14,66)	0,30 (4,94)
2,3-Butanodiol (mg.L^{-1})	1,12 (17,65)	15°C	2,60 (20,90)	1,80 (27,56)	1,58 (1,30)	1,86 (25,22)	1,63 (6,26)	1,03 (3,50)
		25°C	1,98 (28,07)	2,13 (31,15)	1,33 (4,29)	1,50 (25,83)	1,10 (27,38)	1,55 (24,46)
Metionol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	86,88 (39,40)	15°C	156,49 (2,83)	155,88 (9,50)	157,82 (3,67)	145,87 (0,79)	151,38 (1,89)	133,29 (1,25)
		25°C	151,15 (8,91)	181,18 (12,17)	150,13 (12,71)	135,17 (1,99)	103,63 (23,16)	132,06 (11,67)
Alcohol bencílico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	116,54 (6,28)	15°C	108,41 (2,85)	100,54 (14,11)	101,98 (3,25)	103,25 (6,80)	103,43 (0,10)	95,23 (3,67)
		25°C	107,67 (5,20)	121,19 (9,22)	120,79 (18,64)	92,54 (2,86)	97,3 (19,44)	99,64 (5,74)
2-Feniletanol (mg.L^{-1})	122,62 (2,39)	15°C	148,89 (10,91)	142,76 (5,59)	138,86 (5,15)	136,19 (7,59)	137,25 (4,50)	127,60 (2,14)
		25°C	135,82 (1,47)	189,39 (15,82)	166,62 (15,01)	117,66 (8,73)	130,06 (18,32)	125,02 (5,00)
ALCOHOLES TOTALES (mg.L^{-1})	381,93 (1,92)	15°C	280,68 (14,70)	297,11 (6,23)	360,37 (4,54)	284,04 (14,95)	346,89 (0,99)	246,20 (1,69)
		25°C	248,62 (6,13)	448,35 (15,24)	377,77 (10,50)	270,12 (14,39)	341,26 (15,53)	263,87 (6,90)
Ácido hexanoico (mg.L^{-1})	2,17 (1,69)	15°C	1,88 (4,69)	1,79 (3,64)	1,82 (2,07)	1,70 (1,44)	1,83 (2,66)	1,70 (4,43)
		25°C	1,96 (4,03)	2,20 (9,80)	1,95 (14,92)	1,62 (7,87)	1,58 (26,29)	1,69 (0,71)
Ácido decanoico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	577,78 (9,01)	15°C	551,20 (5,72)	323,65 (16,35)	355,89 (3,81)	357,44 (2,41)	437,38 (12,38)	418,11 (3,76)
		25°C	621,09 (1,63)	531,34 (5,48)	504,58 (11,10)	321,96 (1,99)	311,59 (24,62)	410,01 (7,84)



Ácido octanoico (mg.L ⁻¹)	3,66 (3,71)	15°C	3,32 (4,08)	2,41 (12,9)	2,48 (9,02)	2,50 (6,12)	2,58 (3,13)	2,27 (1,08)
		25°C	3,33 (4,46)	3,77 (9,18)	3,22 (18,55)	2,20 (13,14)	1,68 (37,88)	2,27 (3,28)
ÁCIDOS TOTALES (mg.L ⁻¹)	6,41 (2,70)	15°C	5,75 (4,44)	4,53 (9,48)	4,65 (5,90)	4,56 (3,01)	4,85 (3,79)	4,39 (0,80)
		25°C	5,92 (4,02)	6,50 (9,09)	5,68 (16,64)	4,14 (9,91)	3,58 (31,60)	4,37 (2,16)
o-Cymeno (µg.L ⁻¹)	1,87 (42,50)	15°C	1,89 (2,72)	1,67 (5,00)	1,81 (1,71)	1,90 (4,19)	1,81 (3,43)	1,92 (4,66)
		25°C	2,34 (0,20)	1,98 (6,59)	2,14 (13,16)	2,09 (4,29)	1,87 (15,49)	2,01 (1,49)
Terpinoleno (µg.L ⁻¹)	8,39 (6,23)	15°C	10,27 (12,84)	12,12 (3,50)	16,39 (1,86)	14,04 (17,80)	16,36 (5,00)	13,99 (3,10)
		25°C	10,92 (9,61)	19,76 (5,19)	15,89 (12,58)	15,85 (7,20)	12,85 (33,17)	12,02 (3,79)
Linalol (µg.L ⁻¹)	10,29 (3,18)	15°C	12,09 (2,90)	9,66 (6,17)	10,80 (4,18)	8,81 (12,51)	10,95 (8,47)	8,53 (0,83)
		25°C	12,39 (8,13)	10,76 (5,56)	7,97 (2,75)	5,41 (1,39)	4,29 (9,24)	3,51 (0,11)
Nerol (µg.L ⁻¹)	4,94 (36,08)	15°C	2,63 (7,03)	2,53 (1,95)	2,98 (3,88)	2,92 (6,07)	3,69 (5,74)	3,52 (1,06)
		25°C	3,32 (3,27)	4,34 (8,64)	4,55 (20,5)	3,82 (2,77)	4,25 (17,62)	4,61 (0,35)
(Z)-β-Farneseno (µg.L ⁻¹)	13,94 (8,19)	15°C	10,70 (0,60)	7,78 (0,30)	7,87 (0,29)	7,83 (0,56)	7,60 (0,26)	7,26 (0,36)
		25°C	8,87 (4,93)	7,70 (2,05)	7,31 (3,62)	6,95 (0,50)	6,62 (0,21)	7,02 (0,90)
Citronelol (µg.L ⁻¹)	17,52 (36,8)	15°C	15,50 (2,13)	9,76 (0,20)	9,45 (1,86)	7,99 (3,33)	8,86 (10,14)	6,36 (2,45)
		25°C	11,96 (5,80)	8,40 (6,35)	6,54 (9,58)	2,94 (0,81)	2,03 (26,41)	1,60 (14,3)
(E)-Nerolidol (µg.L ⁻¹)	15 (6,08)	15°C	7,57 (5,24)	4,16 (4,66)	4,36 (0,97)	4,28 (1,40)	3,83 (5,21)	3,33 (0,11)
		25°C	6,38 (5,77)	3,99 (5,93)	3,69 (0,01)	2,89 (1,97)	2,63 (1,77)	2,54 (0,57)
α-terpineol (µg.L ⁻¹)	6,19 (32,00)	15°C	11,10 (4,84)	9,21 (4,68)	10,86 (0,82)	10,14 (4,32)	14,69 (5,88)	13,60 (2,36)
		25°C	17,29 (0,84)	22,13 (7,73)	21,68 (21,89)	17,67 (5,95)	19,62 (18,09)	19,89 (3,20)
TERPENOIDES TOTALES (µg.L ⁻¹)	78,13 (10,83)	15°C	71,73 (4,51)	56,89 (0,63)	64,52 (1,17)	57,92 (8,06)	67,79 (5,90)	58,51 (0,14)
		25°C	73,47 (4,80)	79,08 (5,63)	69,77 (13,00)	57,63 (0,08)	54,17 (18,17)	53,20 (1,79)
1 (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno)(µg.L ⁻¹)	53,46 (13,99)	15°C	73,14 (13,73)	50,36 (16,52)	52,29 (1,74)	59,39 (5,53)	60,87 (1,85)	82,48 (14,58)
		25°C	128,46 (3,62)	96,29 (17,05)	119,06 (21,34)	107,84 (13,41)	83,63 (27,36)	119,80 (0,24)
β-Damascenona (µg.L ⁻¹)	246,84 (9,29)	15°C	163,56 (5,07)	100,68 (1,59)	110,46 (0,21)	93,81 (6,84)	92,67 (2,83)	74,22 (2,79)
		25°C	153,97 (7,94)	117,57 (12,04)	103,28 (10,27)	78,30 (4,29)	68,29 (16,44)	60,57 (8,47)
Vitispirano 1 (µg.L ⁻¹)	74,92 (10,14)	15°C	59,83 (16,04)	49,77 (5,17)	73,15 (0,46)	78,23 (4,74)	86,44 (1,47)	99,21 (8,51)
		25°C	136,02 (0,62)	173,66 (5,85)	188,50 (17,19)	257,50 (15,89)	223,74 (26,36)	211,74 (4,46)
Vitispirano 2 (µg.L ⁻¹)	69,21 (18,84)	15°C	41,02 (8,39)	33,21 (9,62)	49,23 (0,17)	55,25 (11,35)	56,83 (2,38)	64,88 (12,09)
		25°C	90,38 (0,92)	118,65 (10,13)	118,67 (18,58)	155,44 (15,40)	132,85 (27,31)	121,44 (4,98)
NORISOPRENOIDES TOTALES (µg.L ⁻¹)	444,44 (8,65)	15°C	337,55 (9,29)	234,02 (5,34)	285,13 (0,39)	286,68 (4,57)	296,81 (0,38)	320,80 (9,47)
		25°C	508,82 (2,99)	506,17 (10,42)	529,51 (17,08)	599,07 (12,68)	508,51 (25,44)	513,55 (3,96)
Furfuril éter (µg L ⁻¹)	136,26 (4,53)	15°C	174,13 (10,06)	184,29 (7,07)	221,53 (1,79)	231,73 (4,86)	287,20 (1,07)	305,07 (0,71)
		25°C	254,82 (1,99)	416,25 (4,34)	423,43 (21,63)	427,93 (6,38)	451,25 (16,38)	451,77 (2,66)
Furfural (mg L ⁻¹)	6,45 (14,95)	15°C	4,44 (21,01)	3,30 (15,07)	2,85 (14,85)	2,01 (0,13)	1,71 (14,71)	1,16 (9,63)
		25°C	2,83 (3,50)	2,25 (0,19)	1,63 (19,07)	1,11 (4,24)	0,88 (23,26)	0,73 (0,49)
5-Metilfurfural (mg L ⁻¹)	2,43 (14,00)	15°C	1,16 (19,78)	1,01 (18,93)	0,91 (15,70)	0,79 (7,57)	0,69 (10,69)	0,58 (11,78)
		25°C	0,93 (8,02)	0,90 (1,63)	0,74 (24,40)	0,48 (11,45)	0,34 (29,67)	0,30 (14,33)
2-Metilbenzofurano (µg L ⁻¹)	59,61 (29,38)	15°C	62,74 (22,00)	39,96 (12,64)	39,54 (10,52)	33,32 (5,84)	29,90 (4,99)	30,66 (1,48)
		25°C	51,53 (5,29)	36,33 (6,41)	36,76 (23,68)	31,31 (12,03)	24,63 (25,90)	33,53 (2,42)
2-furoato de etilo (µg L ⁻¹)	4,92 (10,30)	15°C	18,23 (5,26)	18,67 (3,90)	21,89 (4,75)	19,84 (10,26)	24,85 (3,35)	25,38 (1,90)
		25°C	22,34 (0,76)	33,65 (3,56)	33,17 (19,67)	32,07 (1,16)	33,22 (20,56)	36,39 (1,44)
2-Furanmethanol	40,83 (4,00)	15°C	39,50 (7,99)	37,90 (16,14)	35,98 (0,50)	34,77 (10,56)	31,24 (3,62)	29,02 (7,31)



FURANOIDES TOTALES (mg L ⁻¹)	9,12 (14,43)	25°C	31,83 (0,04)	29,59 (7,05)	25,95 (15,54)	20,52 (9,33)	16,97 (22,63)	15,88 (8,21)
		15°C	5,89 (20,32)	4,59 (15,54)	4,08 (14,10)	3,12 (1,75)	2,77 (11,68)	2,13 (8,46)
		25°C	4,12 (4,16)	3,67 (2,10)	2,90 (20,85)	2,15 (6,23)	1,76 (22,74)	1,56 (3,39)
γ-Etoxibutirolactona (μg L ⁻¹)	106,03 (12,72)	15°C	109,45 (10,03)	106,26 (2,12)	132,80 (3,77)	112,07 (24,02)	107,65 (4,71)	72,74 (2,93)
		25°C	88,26 (13,30)	191,89 (26,25)	116,16 (24,69)	85,45 (3,75)	95,78 (11,5)	89,37 (2,20)
(Z)-Whiskylactona (μg L ⁻¹)	202,58 (29,10)	15°C	210,67 (30,83)	175,63 (29,22)	187,40 (38,04)	177,05 (36,79)	189,42 (35,54)	170,99 (33,46)
		25°C	201,10 (33,99)	233,67 (40,20)	199,04 (21,84)	165,43 (37,04)	144,13 (11,23)	159,57 (31,84)
(E)-Whiskylactona (μg L ⁻¹)	512,66 (12,15)	15°C	470,56 (2,31)	405,04 (5,21)	420,44 (0,72)	398,03 (2,09)	415,59 (3,81)	380,78 (0,85)
		25°C	462,34 (0,77)	516,01 (9,29)	466,09 (15,94)	347,71 (1,34)	335,93 (25,56)	352,20 (0,99)
LACTONAS TOTALES (μg L ⁻¹)	821,27 (15,95)	15°C	790,68 (8,23)	686,93 (4,73)	740,65 (9,89)	687,15 (12,19)	712,65 (12,38)	624,51 (8,30)
		25°C	751,70 (8,01)	941,57 (20,42)	781,29 (0,27)	598,59 (10,48)	575,84 (14,01)	601,13 (9,36)
4-Metilguaiacol (μg L ⁻¹)	44,72 (21,55)	15°C	25,5 (24,03)	22,42 (28,06)	23,25 (25,41)	22,53 (23,59)	21,82 (15,72)	21,45 (21,15)
		25°C	24,46 (22,28)	28,29 (6,66)	27,30 (34,06)	18,01 (28,01)	21,28 (25,59)	19,94 (20,34)
4-Etilfenol (μg L ⁻¹)	3,05 (18,91)	15°C	1,81 (11,17)	1,73 (21,87)	2,15 (4,13)	1,52 (3,09)	1,57 (1,77)	1,27 (1,62)
		25°C	1,60 (9,93)	2,27 (14,88)	1,65 (29,94)	1,91 (22,11)	0,98 (35,00)	1,54 (26,45)
Eugenol (μg L ⁻¹)	187,53 (8,71)	15°C	170,73 (9,69)	131,37 (2,41)	124,27 (5,29)	136,36 (0,03)	197,21 (22,36)	117,36 (6,87)
		25°C	175,50 (6,68)	172,58 (23,22)	163,71 (6,79)	94,31 (1,76)	90,20 (22,19)	108,90 (0,05)
FENOLES VOLÁTILES TOTALES (μg L ⁻¹)	235,31 (4,54)	15°C	198,04 (5,16)	155,52 (5,84)	149,68 (0,50)	160,41 (3,31)	220,61 (21,56)	140,07 (2,50)
		25°C	201,57 (3,19)	203,14 (18,97)	192,67 (10,85)	114,23 (5,50)	112,46 (23,08)	130,38 (2,75)
Benzaldehido (μg L ⁻¹)	151,90 (17,59)	15°C	54,04 (12,23)	44,33 (5,55)	40,08 (4,71)	31,02 (13,10)	29,37 (7,33)	21,72 (3,06)
		25°C	34,25 (13,82)	31,74 (17,43)	20,71 (8,72)	8,94 (1,38)	8,47 (35,00)	5,05 (7,84)
Naftaleno (μg.L ⁻¹)	58,11 (4,71)	15°C	41,12 (16,92)	34,74 (22,83)	33,16 (4,20)	42,51 (3,40)	25,11 (1,09)	20,07 (0,40)
		25°C	43,61 (22,56)	32,85 (6,23)	36,31 (14,89)	32,42 (22,76)	21,71 (5,18)	23,28 (23,48)
Isoamilacetamida (μg.L ⁻¹)	77,78 (8,33)	15°C	113,29 (3,89)	79,52 (0,84)	88,04 (6,81)	70,37 (23,99)	92,55 (8,24)	63,82 (0,59)
		25°C	95,46 (11,94)	113,01 (24,04)	72,59 (7,32)	61,96 (9,91)	59,17 (20,35)	66,7 (3,65)

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el Capítulo de Materiales y Métodos.

15 y 25°C de temperatura de almacenamiento de las botellas.



Anexo V.6 Evolución de compuestos volátiles individuales durante los 12 meses de conservación en botellas con tapa a rosca a 15°C de vinos Malbec provenientes de 12 meses de añejamiento en barricas nuevas.

Compuesto volátil	Tiempo de conservación (meses)				
	0	3	6	9	12
Butanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	201,76 (4,90)	212,93 (8,13)	212,17 (9,71)	215,71 (3,12)	259,64 (13,03)
2-Metilbutanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	17,27 (3,62)	21 (27,53)	26,30 (23,76)	36,85 (0,30)	54,57 (17,63)
Hexanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	345,9 (5,80)	343,24 (11,56)	326,52 (17,32)	284,27 (5,33)	460,39 (21,49)
Heptanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,13 (2,78)	9,36 (2,81)	8,45 (4,74)	7,34 (4,49)	11,02 (3,85)
Octanoato de etilo (mg.L^{-1})	0,98 (7,23)	1,56 (3,81)	1,01 (18,21)	0,62 (10,40)	1,12 (6,50)
Decanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	165,84 (21,57)	186,35 (7,14)	109,40 (10,78)	79,46 (3,71)	123,02 (8,17)
Dodecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	70,57 (11,06)	26,68 (6,73)	26,52 (7,08)	26,44 (4,58)	29,00 (5,81)
Tetradecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,58 (12,18)	3,40 (12,85)	3,06 (12,03)	3,62 (0,14)	3,32 (15,68)
Hexadecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	35,99 (17,03)	27,68 (18,99)	13,63 (23,89)	21,21 (6,90)	14,64 (3,02)
Lactato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	94,99 (8,15)	132,85 (19,91)	135,33 (2,89)	134,50 (20,84)	162,75 (33,06)
Suma ésteres etílicos de ácidos grasos (mg.L^{-1})	1,92 (6,95)	2,52 (4,63)	1,87 (15,02)	1,43 (8,43)	2,24 (5,89)
Acetato de isoamilo (mg.L^{-1})	3,14 (6,45)	2,20 (5,57)	2,03 (15,19)	2,02 (1,49)	2,38 (24,71)
Acetato de hexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	109,75 (13,82)	79,27 (8,86)	82,41 (11,01)	39,44 (2,51)	81,30 (31,58)
Acetato de 2-feniletilo (mg.L^{-1})	1,78 (3,33)	1,11 (0,84)	1,07 (6,56)	0,89 (5,52)	1,05 (11,66)
Acetato de 2-etilhexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	6,75 (4,17)	5,10 (6,95)	9,80 (27,00)	5,68 (16,42)	4,87 (15,18)
Suma acetatos de alcoholes superiores (mg.L^{-1})	5,04 (5,06)	3,40 (4,08)	3,20 (12,05)	2,96 (2,75)	3,52 (20,96)
Succinato de metiletilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	6,76 (0,56)	6,90 (0,11)	6,99 (0,22)	7,08 (0,64)	7,31 (2,11)
Succinato de dietilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	271,45 (2,17)	283,58 (0,28)	310,09 (7,34)	326,37 (4,06)	395,37 (14,46)
Succinato de etilbutilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	182,57 (0,88)	207,85 (0,56)	251,10 (14,46)	227,63 (10,02)	269,34 (9,18)
Succinato de etilisopentilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	33,1 (1,43)	20,83 (1,59)	21,83 (6,67)	20,14 (7,83)	24,64 (9,30)
Suma ésteres del ácido succínico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	493,88 (1,59)	519,15 (0,01)	590,02 (10,26)	581,22 (6,48)	696,66 (12,10)
Octanoato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,58 (11,31)	1,05 (4,13)	0,73 (7,40)	0,47 (3,18)	1,22 (21,11)
Salicilato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	66,45 (6,71)	29,17 (6,06)	32,55 (15,18)	28,74 (6,00)	42,42 (6,18)
ÉSTERES TOTALES (mg.L^{-1})	7,52 (4,97)	6,48 (3,98)	5,69 (12,86)	4,99 (4,83)	6,49 (14,72)
Isobutanol (mg.L^{-1})	192,02 (4,19)	94,31 (33,69)	16,48 (3,27)	89,69 (36,50)	97,75 (25,69)
Butanol (mg.L^{-1})	3,28 (2,79)	3,96 (19,8)	3,88 (1,09)	3,69 (13,45)	3,94 (27,46)
3-Metil-1-butanol (mg.L^{-1})	35,11 (2,07)	54,98 (0,53)	54,09 (2,82)	52,14 (3,75)	57,97 (19,43)
3-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	181,43 (1,53)	216,97 (4,31)	223,06 (2,22)	198,01 (5,44)	238,94 (20,56)
4-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	103,28 (24,95)	111,03 (6,07)	110,05 (6,74)	101,13 (8,59)	125,89 (23,63)
Hexanol (mg.L^{-1})	4,74 (2,33)	4,85 (1,43)	5,15 (5,05)	4,80 (1,89)	5,54 (16,47)
Heptanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	22,31 (7,94)	27,01 (2,81)	29,61 (5,82)	27,85 (3,28)	31,49 (12,66)
2-Etilhexanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,02 (17,98)	1,12 (5,40)	2,45 (32,76)	4,12 (22,03)	2,54 (31,86)
2,3-Butanodiol (mg.L^{-1})	2,33 (24,48)	2,31 (22,67)	1,57 (13,58)	1,74 (24,08)	1,38 (24,85)
Metionol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	92,87 (2,20)	145,01 (10,03)	142,28 (0,32)	137,66 (7,46)	148,57 (15,34)
Alcohol bencílico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	125,94 (5,86)	102,29 (7,84)	104,31 (3,12)	100,05 (9,20)	108,36 (17,36)
2-Feniletanol (mg.L^{-1})	115,72 (3,14)	145,46 (3,50)	134,52 (9,68)	136,32 (5,44)	154,15 (19,49)
ALCOHOLES TOTALES (mg.L^{-1})	353,74 (3,47)	306,47 (11,47)	364,63 (2,63)	288,95 (7,72)	321,39 (5,81)
Ácido hexanoico (mg.L^{-1})	2,23 (1,58)	1,74 (0,95)	1,88 (9,93)	1,66 (9,93)	2,04 (15,45)
Ácido decanoico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	466,57 (2,72)	347,87 (2,54)	437,41 (9,41)	437,05 (11,42)	492,47 (7,45)
Ácido octanoico (mg.L^{-1})	3,16 (1,04)	2,49 (2,92)	2,61 (9,94)	2,37 (15,05)	2,40 (5,40)
ÁCIDOS TOTALES (mg.L^{-1})	5,86 (0,84)	4,57 (1,03)	4,92 (9,89)	4,46 (12,79)	4,93 (4,52)
o-Cymeno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,24 (12,35)	1,85 (4,97)	2,09 (1,85)	1,77 (2,62)	2,35 (16,78)
Terpinoleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	9,53 (3,30)	14,23 (1,52)	16,02 (8,17)	13,60 (2,33)	19,44 (13,00)
Linalol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	11,46 (0,95)	9,93 (0,74)	10,86 (7,12)	8,99 (4,55)	9,99 (8,65)
Nerol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	6,5 (5,63)	2,99 (1,64)	3,57 (3,11)	3,73 (5,25)	4,64 (11,60)
(Z)- β -Farneseno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	12,52 (4,92)	8,12 (2,94)	7,79 (2,07)	7,21 (0,97)	7,71 (2,12)
Citronelol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	15,04 (5,47)	8,99 (1,41)	8,51 (8,72)	7,21 (10,02)	7,37 (10,77)
(E)-Nerolidol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,68 (5,64)	4,1 (3,76)	4,24 (6,93)	3,60 (3,12)	4,05 (2,56)
α -terpineol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	11,24 (5,16)	10,42 (4,92)	13,92 (5,64)	13,34 (8,99)	16,91 (11,90)
TERPENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	78,21 (1,07)	60,63 (2,01)	67,00 (6,29)	59,45 (5,17)	72,45 (10,21)
(1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno)($\mu\text{g.L}^{-1}$)	101,51 (18,31)	68,81 (20,26)	68,45 (13,38)	72,29 (2,74)	124,54 (15,69)
β -Damascenona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	163,61 (6,87)	81,59 (0,99)	82,08 (14,21)	59,11 (6,90)	73,66 (15,39)
Vitispirano 1 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	132,04 (7,42)	78,57 (8,48)	91,71 (4,28)	101,27 (4,63)	169,56 (8,18)



Vitispirano 2 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	99,41 (13,21)	52,84 (11,71)	64,15 (2,30)	65,1 (5,38)	98,78 (7,16)
NORISPRENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	496,57 (8,66)	281,81 (9,22)	306,39 (6,00)	297,77 (4,79)	466,54 (11,11)
Furfuril éter ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	484,40 (38,29)	539,31 (19,71)	720,73 (24,69)	823,43 (23,78)	1148,11 (38,09)
Furfural (mg.L^{-1})	3,08 (44,82)	2,44 (28,56)	2,20 (32,83)	1,54 (36,48)	1,11 (17,11)
5-Metilfurfural (mg.L^{-1})	1,92 (20,79)	0,78 (17,24)	0,76 (21,41)	0,61 (27,27)	0,53 (6,26)
2-Metilbenzofurano ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	102,67 (15,62)	77,13 (16,15)	81,34 (3,32)	66,05 (9,62)	109,74 (0,19)
2-furoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	13,15 (35,91)	21,91 (0,20)	27,81 (2,53)	27,82 (6,93)	35,32 (11,28)
2-Furanmetanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	162,41 (34,50)	146,77 (35,59)	143,55 (28,48)	123,21 (25,42)	115,51 (40,13)
FURANOIDES TOTALES (mg.L^{-1})	5,76 (27,57)	4,01 (17,12)	3,93 (17,02)	3,19 (15,97)	3,05 (8,63)
γ -Etoxibutirolactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	43,73 (9,08)	99,79 (9,91)	62,89 (7,63)	70,12 (9,78)	64,28 (5,17)
(Z)-Whiskylactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	336,64 (20,96)	307,29 (32,20)	316,84 (35,57)	279,18 (25,71)	333,59 (39,69)
(E)-Whiskylactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	825,21 (33,52)	721,49 (4,09)	728,12 (6,25)	678,14 (7,47)	753,12 (12,95)
LACTONAS TOTALES (mg.L^{-1})	1,21 (27,16)	1,13 (10,51)	1,11 (13,85)	1,03 (2,72)	1,15 (19,69)
4-Metil guaiacol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	43,13 (17,24)	25,59 (16,77)	25,46 (15,07)	24,23 (22,15)	25,55 (5,59)
4-Etilfenol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,90 (22,09)	5,55 (25,89)	4,27 (31,30)	3,84 (22,89)	5,22 (20,67)
Eugenol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	237,01 (32,79)	148,34 (6,03)	143,57 (15,02)	132,42 (1,83)	153,61 (15,49)
FENOLES VOLÁTILES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	288,04 (25,26)	179,48 (3,39)	173,31 (11,00)	160,49 (4,31)	184,38 (12,72)
Benzaldehído ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	77,08 (25,24)	47,59 (9,82)	44,86 (3,54)	33,27 (18,22)	28,68 (7,50)
Naftaleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	55,95 (11,94)	28,93 (2,40)	34,34 (11,69)	26,24 (30,95)	29,89 (23,51)
Isoamilacetamida ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	91,71 (5,93)	114,83 (4,76)	83,24 (8,16)	81,02 (6,31)	73,26 (1,95)

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el Capítulo de Materiales y Métodos.

Anexo V.7 Evolución de compuestos volátiles individuales durante los 6 meses de conservación en botellas con tapa a rosca a 15°C de vinos Malbec provenientes de 18 meses de añejamiento en barricas nuevas.

Compuesto volátil	Tiempo de conservación (meses)		
	0	3	6
Butanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	197,27 (10,85)	220,9 (8,78)	199,20 (5,63)
2-Metilbutanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	16,19 (7,12)	35,56 (13,21)	39,06 (8,43)
Hexanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	213,36 (30,61)	299,84 (26,52)	267,58 (19,67)
Heptanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,02 (8,46)	8,55 (13,97)	8,56 (15,52)
Octanoato de etilo (mg.L^{-1})	0,93 (33,77)	1,10 (24,69)	1,08 (32,91)
Decanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	134,40 (1,98)	106,71 (19,96)	125,23 (21,46)
Dodecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	2,07 (13,64)	1,28 (3,68)	1,42 (14,27)
Tetradecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,91 (28,41)	2,94 (1,69)	3,47 (18,25)
Hexadecanoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	17,59 (24,63)	11,5 (12,81)	12,52 (30,88)
Lactato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	105,22 (8,80)	145,43 (13,03)	153,92 (0,62)
Suma ésteres etílicos de ácidos grasos (mg.L^{-1})	1,63 (25,03)	1,93 (21,62)	1,89 (24,12)
Acetato de isoamilo (mg.L^{-1})	1,72 (20,12)	2,01 (11,19)	1,82 (9,59)
Acetato de hexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	37,30 (20,14)	57,66 (30,66)	36,06 (34,48)
Acetato de 2-feniletilo (mg.L^{-1})	1,10 (5,82)	0,96 (4,66)	0,89 (10,66)
Acetato de 2-etilhexilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	116,55 (24,52)	8,85 (25,50)	8,58 (21,80)
Suma acetatos de alcoholes superiores (mg.L^{-1})	2,98 (12,41)	3,03 (9,40)	2,75 (10,30)
Succinato de metiletilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	6,96 (0,53)	7,02 (0,61)	7,11 (1,33)
Succinato de dietilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	337,5 (2,54)	377,59 (6,83)	387,57 (7,61)
Succinato de etilisopentilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	516,77 (6,14)	553,81 (0,90)	578,91 (2,38)
Succinato de etilisopentilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	20,30 (8,16)	21,00 (1,40)	20,82 (13,89)
Suma ésteres del ácido succínico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	881,62 (3,27)	959,42 (2,66)	994,40 (4,65)
Octanoato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,41 (38,05)	0,67 (38,33)	0,77 (33,85)
Salicilato de metilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	40,08 (6,64)	32,76 (10,41)	32,63 (16,85)
ÉSTERES TOTALES (mg.L^{-1})	5,53 (13,95)	5,95 (12,28)	5,67 (13,95)
Isobutanol (mg.L^{-1})	162,44 (5,48)	72,54 (17,67)	49,04 (4,31)
Butanol (mg.L^{-1})	3,12 (10,00)	4,21 (10,53)	4,25 (0,03)
3-Metil-1-butanol (mg.L^{-1})	39,40 (15,25)	54,48 (10,65)	49,19 (2,11)
3-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	190,93 (2,18)	220,34 (9,63)	206,52 (4,47)
4-Metil-1-pentanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	97,35 (3,80)	109,94 (10,84)	103,26 (5,05)
Hexanol (mg.L^{-1})	4,30 (0,63)	4,73 (7,00)	4,47 (4,11)
Heptanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	22,58 (2,73)	27,57 (6,24)	26,29 (5,86)



2-Etilhexanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,35 (33,70)	0,90 (16,74)	0,76 (33,46)
2,3-Butanodiol (mg.L^{-1})	1,23 (5,64)	1,54 (26,98)	1,35 (11,15)
Metionol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	103,08 (0,87)	139,94 (1,44)	131,54 (12,94)
Alcohol bencílico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	101,18 (1,38)	102,26 (1,16)	98,16 (12,63)
2-Feniletanol (mg.L^{-1})	120,84 (13,00)	126,38 (8,49)	127,40 (10,51)
ALCOHOLES TOTALES (mg.L^{-1})	331,84 (9,20)	264,48 (11,24)	236,27 (7,16)
Ácido hexanoico (mg.L^{-1})	1,81 (5,72)	1,72 (5,27)	1,75 (5,25)
Ácido decanoico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	409,54 (3,68)	382,3 (1,07)	384,72 (0,26)
Ácido octanoico (mg.L^{-1})	2,06 (11,40)	2,39 (8,78)	2,35 (20,06)
ÁCIDOS TOTALES (mg.L^{-1})	4,30 (5,08)	4,49 (6,60)	4,48 (12,58)
o-Cymeno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,83 (9,17)	1,81 (8,87)	1,96 (4,15)
Terpinoleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	13,74 (5,49)	14,53 (5,81)	12,27 (11,80)
Linalol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,19 (1,84)	10,16 (0,77)	8,55 (7,39)
Nerol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,05 (3,83)	3,76 (2,76)	4,02 (4,37)
(Z)- β -Farneseno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,21 (10,48)	11,04 (7,91)	11,56 (11,78)
Citronelol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,85 (9,98)	7,40 (9,38)	6,16 (15,45)
(E)-Nerolidol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,13 (8,20)	3,89 (2,61)	3,39 (6,60)
α -terpineol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	9,66 (2,60)	14,24 (3,55)	14,69 (13,09)
TERPENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	57,57 (2,58)	66,83 (1,44)	62,60 (10,86)
(1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno)($\mu\text{g.L}^{-1}$)	192,40 (1,76)	126,29 (20,48)	142,42 (11,49)
β -Damascenona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	87,95 (10,96)	60,97 (0,32)	50,68 (21,15)
Vitispirano 1 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	83,01 (0,38)	103,51 (17,26)	109,46 (13,03)
Vitispirano 2 ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	54,30 (3,51)	62,46 (14,93)	70,76 (8,88)
NORISOPRENOIDES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	417,70 (3,16)	353,22 (15,08)	373,31 (12,76)
Furfuril éter ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	609,55 (18,77)	899,80 (26,81)	1019,36 (21,11)
Furfural (mg.L^{-1})	1,40 (30,61)	1,19 (25,48)	0,73 (25,92)
5-Metilfurfural ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	372,74 (24,00)	344,08 (20,05)	263,90 (18,73)
2-Metilbenzofurano ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	87,73 (1,75)	79,41 (8,68)	78,25 (23,24)
2-furoato de etilo ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	19,37 (7,12)	28,28 (2,20)	29,72 (0,38)
2-Furanmetanol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	134,17 (23,30)	164,66 (26,81)	131,11 (22,17)
FURANOIDES TOTALES (mg.L^{-1})	2,63 (14,22)	2,70 (2,91)	2,25 (1,04)
γ -Etoxibutirolactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	60,54 (6,65)	42,39 (17,59)	39,61 (19,14)
(Z)-Whiskylactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	331,14 (23,66)	348,26 (27,22)	341,87 (39,24)
(E)-Whiskylactona ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1048,46 (0,52)	1100,64 (0,51)	1081,33 (15,49)
LACTONAS TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1440,19 (4,98)	1491,29 (5,48)	1462,81 (21,14)
4-Metil guaiaicol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	24,26 (25,23)	23,51 (16,00)	22,54 (6,87)
4-Etilfenol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	14,32 (3,77)	12,82 (6,81)	13,51 (29,38)
Eugenol ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	395,14 (3,97)	220,62 (8,70)	237,48 (25,95)
FENOLES VOLÁTILES TOTALES ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	433,72 (2,33)	256,94 (6,35)	273,53 (23,41)
Benzaldehído ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	38,12 (15,29)	41,82 (6,32)	30,25 (7,53)
Naftaleno ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	33,53 (4,98)	20,96 (8,17)	121,67 (38,07)
Isoamilacetamida ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	81,97 (6,14)	79,98 (22,39)	78,44 (25,58)

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descriptos en el Capítulo de Materiales y Métodos.



Anexo V.8. Efecto combinado del uso de la barrica, temperatura de conservación y cierre empleado en las botellas, sobre el perfil sensorial de vinos Malbec.

t en botella	MANOVA	Int.Col	MV	MR	IA	FF	CD	FD	E	V	M	Ac	As	Am
6 meses	0,0001	0,4477	0,769	0,942	0,4481	0,0494	0,2271			0,6612	0,0062	0,0019	0,6595	0,1785
9 meses	0.0067	0,5815	0,5922	0,8603	0,5549		0,6161	0,9151	0,7801		0,3929	0,9942	0,3527	0,1644
12 meses	0.0005	0,4821	0,0317		0,0404		0,0154	0,0091	0,5867		0,0345	0,0013	0,1302	0,1027
B6 18 meses	0,02432	0,0076	0.0006		0.0120		0.6803	0.7765	0.7160		0.0521	0.8368	0.6429	0.3932
6 meses	0.0001	0.2013	0,0238		0.9709		0.3552	0.0469	0.7443		0,0173	0.0011	0.0001	0.0022
B12 12 meses	0.0239	0,1629	0,0001		0.8875		0,7391	0,0477	0,4016		0,0201	0,9835	0,831	0,6013
B18 6 meses	0.9420	0,2719	0,1304				0,8403	0,627	0,546		0,9343	0,9283	0,8985	0,8278

B6, B12 y B18, vinos conservados durante 6, 12 y 18 meses en barricas respectivamente y luego almacenados en botellas. Tiempo de guarda en botellas (t). Valores de probabilidad (p). Test de Tukey HSD ($\alpha=0,05$), $p < 0,05$ atributo sensorial significativo.

Int.Col, intensidad colorante; MV, matiz violeta; MR, matiz rojo; IA, intensidad aromática; FF, fruta fresca; CD, caramelizado; FD, fruta deshidratada; E, especiado; V, vegetal; M, madera; Ac, acidez; As, astringencia y Am, amargo.



Anexo V.9. Análisis sensorial de vinos Malbec conservados en botellas, procedentes de distintos periodos de conservación en barricas

		6 meses		9 meses		12 meses		18 meses	6 meses		12 meses	6 meses
		BN6	BU6	BN6	BU6	BN12	BU6	BN6	BN12	BU12	BN12	BN18
Int.Col	15-C	6,79 (15,25)	7,91 (21,30)	6,16 (20,33)	6,09 (24,87)	6,54 (12,15)	6,29 (15,01)	6,13 (13,12)	6,33 (8,22)	6,14 (12,22)	5,53 (14,45)	5,29 (16,10)
	15-R	7,24 (19,11)	7,55 (22,41)	6,38 (17,48)	6,47 (19)	6,38 (11,74)	6,55 (11,14)	5,82 (8,81)	6,09 (13,00)	6,14 (16,04)	5,17 (17,47)	4,73 (23,98)
	25-C	7,53 (23,55)	6,34 (32,78)	6,55 (12,14)	6,91 (19,74)	6,34 (9,47)	6,42 (8,14)	5,43 (9,87)	6,17 (8,47)	6,00 (12,14)	5,32 (13,84)	4,94 (24,14)
	25-R	6,75 (21,11)	6,63 (21,01)	6,71 (12,53)	5,89 (16,25)	6,27 (9,54)	6,38 (10,74)	5,60 (9,47)	6,25 (9,98)	6,36 (8,98)	4,95 (17,14)	4,88 (23,47)
MV	15-C	6,30 (30,47)	7,39 (21,47)	5,44 (30,65)	6,19 (36,11)	6,22 (17,14)	6,37 (15,02)	5,76 (19,78)	6,05 (13,52)	6,09 (12,87)	4,95 (12,74)	4,68 (14,45)
	15-R	7,44 (20,07)	7,39 (27,14)	7,14 (16,71)	6,33 (22,35)	6,45 (13,22)	6,62 (14,24)	5,80 (18,66)	5,85 (15,74)	6,09 (16,63)	4,70 (12,74)	4,28 (17,89)
	25-C	6,71 (18,74)	6,69 (28,65)	5,80 (37,14)	6,56 (30,47)	6,02 (14,84)	6,09 (9,11)	4,52 (9,74)	5,90 (13,65)	5,94 (12,95)	4,12 (16,89)	4,31 (18,94)
	25-R	6,90 (25,69)	6,45 (22,12)	6,20 (19,47)	5,74 (38,78)	6,22 (11,87)	6,23 (11,35)	4,90 (24,48)	6,17 (13,52)	6,23 (11,65)	4,14 (12,47)	4,34 (15,85)
MR	15-C	4,96 (29,85)	5,45 (36,87)	5,88 (28,45)	4,90 (35,74)							
	15-R	5,59 (41,45)	5,73 (43,71)	4,56 (55,63)	4,75 (43,58)							
	25-C	5,43 (20,58)	5,03 (24,58)	4,67 (42,47)	5,38 (39,45)							
	25-R	4,74 (36,56)	4,98 (31,84)	4,91 (33,30)	5,09 (31,14)							
IA	15-C	5,84 (20,41)	7,18 (27,41)	6,47 (40,56)	6,50 (29,65)	5,29 (22,52)	5,20 (22,65)	5,41 (21,65)	5,50 (27,47)	5,73 (25,27)	4,81 (31,24)	5,08 (22,65)
	15-R	7,44 (15,47)	6,67 (18,35)	7,02 (17,14)	6,14 (15,12)	5,13 (24,54)	5,27 (24,78)	5,16 (16,78)	5,50 (27,74)	5,45 (27,54)	4,71 (33,54)	4,93 (24,47)
	25-C	6,86 (29,14)	6,64 (29,23)	5,79 (40,57)	7,60 (26,45)	4,89 (25,65)	4,93 (30,87)	4,94 (20,56)	5,38 (29,75)	5,65 (25,54)	5,08 (28,98)	5,20 (23,74)
	25-R	7,14 (10,58)	6,03 (39,47)	6,77 (19,14)	6,74 (22,40)	4,93 (30,25)	4,98 (23,12)	4,58 (22,56)	5,48 (31,85)	5,57 (27,23)	4,82 (28,47)	5,00 (25,56)
FF	15-C	4,03 (27,54)	3,42 (55,61)									
	15-R	5,19 (64,20)	4,34 (57,21)									
	25-C	5,43 (43,70)	6,14 (19,89)									
	25-R	6,07 (17,52)	5,93 (18,20)									
FD	15-C			5,06 (51,01)	4,88 (66,14)	3,45 (31,74)	3,46 (33,25)	3,00 (46,47)	2,87 (33,20)	2,99 (35,11)	2,30 (52,19)	2,86 (39,84)
	15-R			4,94 (53,89)	4,13 (37,10)	3,32 (44,32)	3,43 (44,41)	3,24 (31,23)	3,06 (34,54)	3,49 (40,14)	2,41 (41,84)	2,76 (38,56)
	25-C			4,07 (49,17)	4,19 (46,02)	2,87 (35,74)	3,06 (43,62)	3,15 (40,98)	2,76 (33,85)	2,82 (39,87)	1,99 (5,63)	2,99 (39,86)
	25-R			4,92 (33,56)	4,03 (46,10)	3,10 (33,32)	3,24 (31,74)	2,79 (54,01)	3,04 (31,21)	3,04 (30,78)	2,72 (30,45)	2,69 (49,14)
CD	15-C	4,54 (42,54)	4,76 (48,41)	4,06 (37,48)	4,61 (53,02)	2,35 (57,12)	2,29 (57,09)	2,89 (36,11)	2,65 (56,21)	2,67 (34,22)	2,4 (47,23)	2,78 (40,87)
	15-R	3,63 (51,14)	6,13 (18,52)	3,00 (46,79)	2,95 (34,84)	2,67 (58,11)	2,68 (58,87)	2,54 (45,68)	2,61 (55,78)	2,96 (42,30)	2,09 (60,57)	2,60 (47,58)
	25-C	4,93 (47,63)	4,65 (16,30)	2,93 (54,63)	3,26 (47,62)	2,14 (60,41)	2,03 (66,20)	2,50 (53,41)	2,57 (56,65)	2,60 (34,64)	2,51 (49,74)	2,82 (40,54)
	25-R	5,33 (29,47)	4,92 (21,45)	4,87 (43,40)	3,24 (34,74)	2,28 (56,14)	2,03 (57,48)	2,46 (37,70)	2,27 (60,01)	2,45 (41,70)	2,31 (46,47)	2,84 (33,85)



E	15-C			2,75 (40,14)	2,69 (71,21)	2,67 (40,42)	2,61 (40,32)	3,12 (51,50)	2,38 (55,42)	2,54 (51,96)	2,65 (32,98)	2,21 (44,11)
	15-R			3,10 (28,98)	2,99 (49,51)	2,65 (44,65)	2,72 (44,87)	3,07 (37,93)	2,42 (50,49)	2,58 (46,48)	2,26 (40,20)	2,62 (43,68)
	25-C			2,89 (52,46)	2,63 (47,99)	2,42 (61,11)	2,77 (40,85)	3,60 (37,65)	2,30 (59,74)	2,36 (53,63)	2,26 (50,14)	2,50 (43,99)
	25-R			2,99 (43,20)	3,87 (53,63)	2,38 (48,11)	2,34 (57,63)	3,42 (53,20)	2,12 (57,89)	2,27 (58,87)	2,65 (37,45)	2,44 (41,54)
M	15-C	2,77 (19,56)	3,28 (24,56)	5,01 (34,78)	4,88 (29,60)	3,55 (36,20)	3,47 (36,74)	3,73 (36,32)	3,51 (27,87)	3,82 (33,98)	3,04 (43,74)	3,26 (31,74)
	15-R	5,19 (32,63)	5,03 (40,74)	3,96 (44,65)	3,50 (52,11)	3,24 (42,87)	3,47 (32,85)	3,33 (37,14)	3,68 (42,71)	4,15 (35,54)	2,51 (40,14)	3,27 (36,57)
	25-C	3,85 (41,96)	5,46 (49,51)	3,99 (51,56)	3,99 (33,58)	3,07 (41,85)	3,03 (43,65)	3,29 (31,74)	3,47 (36,85)	3,79 (31,54)	3,10 (34,65)	3,39 (29,80)
	25-R	5,98 (13,14)	5,64 (33,45)	5,11 (46,87)	3,92 (38,33)	3,40 (27,11)	3,36 (30,74)	2,59 (37,58)	3,61 (39,96)	3,85 (38,55)	2,38 (45,33)	3,12 (38,47)
V	15-C	2,99 (19,49)	3,36 (52,65)									
	15-R	3,31 (32,40)	3,57 (40,56)									
	25-C	3,03 (17,22)	3,64 (29,54)									
	25-R	3,87 (16,33)	3,84 (36,20)									
Ac	15-C	4,77 (16,63)	6,63 (37,11)	4,39 (55,54)	4,71 (38,74)	3,93 (38,85)	3,82 (38,74)	2,73 (36,65)	4,19 (37,54)	3,51 (24,98)	2,34 (43,74)	2,67 (41,52)
	15-R	3,80 (17,21)	5,37 (47,56)	4,48 (33,47)	4,69 (38,88)	3,26 (41,63)	3,36 (41,12)	2,44 (47,89)	3,50 (44,65)	3,46 (37,74)	2,46 (37,75)	2,72 (39,89)
	25-C	6,53 (39,47)	3,67 (42,55)	4,11 (40,65)	4,87 (39,44)	2,97 (34,66)	3,40 (41,02)	2,50 (39,14)	3,13 (37,65)	3,40 (24,54)	2,42 (42,63)	2,82 (34,96)
	25-R	3,89 (41,65)	3,80 (26,36)	4,43 (54,57)	4,74 (41,02)	2,94 (36,58)	3,02 (40,11)	2,44 (39,20)	3,20 (29,15)	3,29 (32,43)	2,39 (38,78)	2,82 (31,69)
As	15-C	5,54 (33,47)	6,28 (14,98)	5,28 (43,54)	5,41 (34,57)	3,70 (43,87)	3,60 (43,65)	3,17 (36,32)	4,69 (35,00)	4,55 (30,41)	3,10 (43,98)	3,32 (34,54)
	15-R	5,63 (31,56)	6,74 (15,60)	5,21 (30,23)	5,97 (31,47)	3,47 (37,98)	3,56 (37,54)	3,15 (43,47)	3,71 (43,74)	3,45 (43,32)	3,33 (36,41)	3,25 (39,52)
	25-C	6,16 (15,32)	5,42 (39,23)	4,25 (30,96)	5,75 (16,47)	3,27 (34,87)	3,39 (44,54)	2,96 (39,32)	3,16 (32,14)	3,31 (37,74)	2,99 (33,96)	3,29 (39,20)
	25-R	5,78 (20,21)	5,58 (37,14)	5,77 (18,54)	4,78 (34,87)	3,01 (41,54)	2,99 (39,63)	2,69 (40,12)	2,96 (42,32)	3,06 (33,54)	3,07 (33,32)	3,12 (34,51)
Am	15-C	4,03 (40,20)	4,35 (41,65)	3,38 (38,54)	4,46 (30,96)	2,66 (27,32)	2,69 (40,30)	2,36 (31,65)	2,60 (27,65)	2,63 (29,24)	2,29 (38,33)	2,52 (42,21)
	15-R	3,66 (39,32)	3,85 (18,21)	3,34 (24,32)	4,17 (50,63)	2,51 (29,20)	2,57 (36,14)	2,29 (45,32)	2,86 (38,20)	2,59 (36,32)	2,07 (36,21)	2,51 (39,06)
	25-C	3,93 (35,32)	4,04 (29,63)	2,72 (22,98)	3,49 (30,17)	2,29 (34,20)	2,38 (44,36)	2,12 (36,32)	2,35 (27,32)	2,35 (27,41)	2,23 (32,25)	2,34 (39,65)
	25-R	2,56 (26,32)	4,09 (16,32)	3,98 (42,54)	3,84 (30,52)	2,18 (48,65)	2,29 (45,32)	1,91 (31,23)	2,18 (47,20)	2,31 (30,65)	2,43 (33,14)	2,65 (39,58)

Valores medios (3 réplicas), SDR% entre paréntesis. Los análisis están descritos en el Capítulo de Materiales y Métodos. BN6, BN12 y BN18; vinos previamente añejados en barricas nuevas durante 6, 12 y 18 meses respectivamente, BU6, BU12 y BU18; vinos previamente añejados en barricas usadas durante 6, 12 y 18 meses respectivamente, 15; temperatura de conservación de las botellas 15°C, 25; temperatura de conservación de las botellas 25°C, C; corcho natura, R; rosca.