

CERVEZAS ARTESANALES: ESTUDIO COMPARATIVO DE IBUS OBTENIDOS POR CÁLCULO DE TABLAS Y LOS CUANTIFICADOS POR ESPECTROFOTOMETRÍA

Andrea Emilia Ibarzabal Diaz

Optar por el Grado de Licenciatura en Bromatología

Facultad de Ciencias Agrarias

Almirante Brown 500, Chacras de Coria- Lujan de Cuyo

CPA M 5528 HB

Mendoza, 2020

CERVEZAS ARTESANALES: ESTUDIO COMPARATIVO DE IBUS OBTENIDOS POR CÁLCULO DE TABLAS Y LOS CUANTIFICADOS POR ESPECTROFOTOMETRÍA



Andrea Emilia Ibarzabal Diaz

Barrio Colombia I ME casa 9

iandrea.1587@gmail.com

Directora: Lic. Sandra RODRÍGUEZ

Codirectora: Dra. Daniela LOCATELLI

Comité Evaluador

Presidente: Dra. Lic. Brom. Adriana GIMÉNEZ

Vocales: Mgter. Ing. Agr. Carolina PEREIRA

Lic. Brom. Analía VALDES

Suplente: Dra. Lic. Qca. Daniela RAMIREZ

RESUMEN

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación de la malta en agua con levadura y aromatizada con lúpulo. El sector de la cerveza artesanal ha tenido un gran auge en la última década en Argentina, diferenciándola de la cerveza industrial, por ser más atractiva y compleja en gusto, no emplear aditivos artificiales ni conservantes en su elaboración.

El amargor es uno de los atributos deseables en la cerveza, el ingrediente responsable de aportar esta cualidad es el lúpulo, del cual se utilizan sus flores femeninas. Al agregar el lúpulo durante la cocción del mosto, los alfa ácidos se isomerizan a iso alfa ácidos responsables de aportar el tenor amargo.

El amargor es una de las propiedades más apreciadas por el consumidor y su control es esencial para que el producto final tenga éxito en el mercado.

Los cerveceros utilizan tablas diseñadas para elaboraciones a gran escala con el fin de inferir las Unidades Internacionales de Amargor (IBUs) de sus cervezas. Estas tablas pueden no tener el grado de ajuste esperado al trabajar a escalas menores.

Por lo mencionado anteriormente el objetivo de esta tesis fue verificar si las IBUs obtenidas por análisis químico se ajustan a los cálculos predictivos de tablas.

En este proyecto se seleccionaron cinco cervecerías artesanales, analizando cinco elaboraciones estilo Golden de cada uno de los elaboradores, con distintos volúmenes de cocción; para verificar si el cálculo de IBUs realizados por tablas en el momento de la elaboración es semejante al obtenido por análisis espectrofotométrico.

PALABRAS CLAVES

Cerveza artesanal, lúpulo, IBUs, análisis químico, fórmulas IBUs.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien es la guía en mi vida.

Agradezco a mi Directora Lic. Sandra Rodríguez y Codirectora Dra. Daniela Locatelli de tesis, por haberme brindado su apoyo, conocimiento, motivación y guiarme durante el desarrollo de ésta tesis.

Agradezco a cada uno de los emprendedores que participaron de este proyecto por haber aceptado que realice mi Tesis en sus empresas; quienes respondieron amablemente a todas mis consultas y dudas. Que con su ejemplo, dedicación y conocimiento me ayudaron a llevar a cabo este proyecto. Dedicándome su tiempo para informarme cuando realizaban sus elaboraciones para retirar las muestras.

Agradezco a mi familia por acompañarme en este proyecto, y en especial mención a mis padres y hermanos, por confiar en mí y su apoyo incondicional durante toda la carrera.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de estudio durante toda carrera, que con su compañía han aportado experiencias para los días de cursado.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	Introducción	9
1.2	Hipótesis y Objetivos	10
1.3	Cerveza Artesanal.....	10
1.3.1	Tipos de cerveza.....	11
1.4	Consumo de cerveza	11
1.5	Elaboración de cerveza	14
1.5.1	Materias primas que componen la cerveza	14
1.5.2	Proceso general de elaboración de cerveza artesanal.....	17
1.6	El amargo en la cerveza	25
1.6.1	Unidades Internacionales de Amargor (IBUs)	27
2	MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.1	Ubicación y duración del ensayo	33
2.2	Materiales	33
2.2.1	Solventes y Reactivos	33
2.2.2	Equipos Utilizados.....	33
2.2.3	Material utilizado.....	33
2.3	Obtención de Muestra	33
2.4	Procedimiento analítico	36
2.4.1	Determinación de las Unidades Internacionales de Amargor.....	36
2.4.2	Cálculo de las IBUs considerando los diferentes autores.....	37
2.4.3	Análisis estadístico de los datos	37
3	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	38
3.1	Unidades Internacionales de Amargor	38
4	CONCLUSIÓN.....	43
5	BIBLIOGRAFÍA.....	44
	Anexo.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1.1: Composición química media del lúpulo seco	16
Tabla N°1.2: Valores de aprovechamiento del lúpulo en función del tiempo de hervido según el método de cálculo escogido.	31
Tabla N°2.1: Volumen de elaboración según cada elaborador	34
Tabla N°2.2: Datos de elaboración	37
Tabla N°3.1: Valores de IBUs cuantificados mediante espectroscopía molecular UV para las distintas elaboraciones.	39
Tabla N°3.2: Valores de IBUs según el método y volumen de elaboración.	39
Tabla N°3.3: Valores de IBUs calculados para los distintos elaboradores según los diferentes autores.	41
Tabla N°3.4: Prueba de t de medias para los diferentes autores.	41
Tabla N° 3.5: Autores que se ajustan al cálculo de las IBUs esperadas para cada elaborador.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.1: Distribución de cervecerías artesanales en CABA y alrededores.	12
Figura N°1.2: Primera preferencia del consumidor respecto a tipos de cerveza.	13
Figura N°1.3: Peso relativo del consumo de cerveza artesanal en distintas zonas del país	14
Figura N°1.4: Agua, malta, flor de lúpulo y levadura.....	14
Figura N°1.5: Esquema de la estructura de los almidones y donde son atacados por las enzimas amilasas de la malta.....	15
Figura N°1.6: Macerado	19
Figura N°1.7: Bloque de cocción de cerveza artesanal	21
Figura N°1.8: Movimientos generados en Whirlpool	21
Figura N°1.9: Olla de cocción en hervor.....	21
Figura N°1.10: Enfriador de placas y contracorriente.....	22
Figura N°1.11: Fermentador de 500L con aislante térmico	23
Figura N°1.12: Maduración de la cerveza dentro de la cámara de refrigeración.....	24
Figura N°2.1: Bloque de Cocción de los distintos elaboradores.....	35
Figura N°2.2: Fermentadores de los distintos elaboradores.....	35
Figura N°2.3: Procedimiento de análisis de IBUS en Laboratorio.....	36
Figura N°3.1: Gráfico de barras comparativas de IBUs	39

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antigua de la humanidad, resultante de la fermentación de levaduras del mosto de malta aromatizado con lúpulo. El sector de la cerveza artesanal ha tenido un gran auge en la última década.

La cerveza artesanal se diferencia de la industrial por ser más atractiva y compleja en gusto, no emplear aditivos artificiales ni conservante en su elaboración.

El amargor es uno de los atributos deseables en la cerveza. Uno de los ingredientes responsables de aportar esta cualidad es el lúpulo, del cual se utilizan sus flores femeninas. Además, por ser preservantes naturales permiten balancear el dulzor aportado por la malta, dándole un sabor refrescante.

El lúpulo se agrega durante la cocción del mosto, donde por el incremento de la temperatura, los alfa ácidos sufren una reorganización molecular, denominada isomerización, formándose los iso- alfa ácidos, los cuales persisten en la cocción del mosto en una gran proporción y son los responsables del amargor final en la cerveza. En el momento de la cocción, se logra el mayor realce de aromas y sabores aportados por el lúpulo.

Se ha podido observar que lo que caracteriza las cervezas artesanales es la diferencia de sabor amargo con respecto a las industriales. El amargor es una de las propiedades más apreciadas por el consumidor y su control es esencial para que el producto final tenga éxito en el mercado. Es por ello que toma una gran importancia el concepto de IBUs (del inglés, *International Bitterness Units*).

Las Unidades Internacionales de Amargor (IBUs) miden la percepción del nivel de tenor amargo de la cerveza. Una IBU equivale a un miligramo de iso-alfa ácidos por litro de cerveza.(1)

Las IBUs se midieron a través de un espectrofotómetro a partir de su extracción con disolvente. El valor de IBUs es obtenido de una fórmula empírica con la cual los cerveceros ajustan sus recetas y formulaciones. El valor analítico obtenido representa la concentración total de compuestos amargos que contiene la cerveza.

Este proyecto tuvo como finalidad cuantificar las IBUs obtenidas durante la elaboración de cerveza artesanal de productores, y la comparación con los valores de las IBUs calculadas por tablas o *software*. Además, se analizaron elaboraciones con distintos volúmenes de cocción, para saber si este volumen es un factor que influye en el cálculo de IBUs. De esta manera los productores podrán obtener una cerveza con los IBUs finales esperados para el perfil que se desea obtener.

En este proyecto se seleccionaron 5 (cinco) cervecerías artesanales, cada una con distintos volúmenes de cocción. Cada maestro cervecero desarrolla su propia receta, la cual es fiel al estilo que se elabora, según el aroma y gusto buscado. Por ello cada cerveza es única, haciendo un producto diferencial con respecto a una cerveza industrial. En este texto se guardará la confidencialidad de las cervecerías como así su receta.

1.2 Hipótesis y Objetivos

Hipótesis

Las IBUs de cervezas artesanales calculadas por tablas se ajustan a los valores obtenidos por análisis químico.

Objetivo general:

- Verificar si las IBUs cuantificadas por espectrofotometría se ajustan a las calculadas por tablas.

Objetivos particulares:

- Determinar las IBUs en cerveza artesanal por espectrofotometría UV.
- Determinar si las IBUs calculadas por tablas y las cuantificadas mediante espectrofotometría varía con los volúmenes de elaboración de cerveza artesanal.
- Calcular y comparar las IBUs para cada elaborador considerando las distintas tablas.

1.3 Cerveza Artesanal

La cerveza es la bebida resultante de fermentar mediante levaduras seleccionadas el mosto procedente de malta, cocido y aromatizado con flores de lúpulo (2). El Código Alimentario Argentino (CAA) da una definición más técnica:

“Se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros. La cerveza negra podrá ser azucarada. La cerveza podrá ser adicionada de colorantes, saborizantes y aromatizantes.” (3)

Además, el CAA establece, en el artículo 1082 bis, que se podrá incluir la leyenda “Elaboración Artesanal” en el rótulo de aquellas cervezas que cumplan con las siguientes exigencias:

- a) Que no utilice en su producción aditivos alimentarios; y
- b) Que se encuentre adicionada únicamente con ingredientes naturales; y
- c) Que la elaboración sea de manera manual o semiautomática; y
- d) Que en el caso que se le agregue jugos o extractos de frutas, éstos sean previamente pasteurizados.” (3)

Por otro lado, las diferencias entre la cerveza industrial y la artesanal se encuentran en las proporciones, en el tratamiento de la materia prima y en el proceso de elaboración. Las cervezas artesanales no utilizan ningún aditivo artificial, el proceso de elaboración es manual desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento.(4)

Especialmente en este tipo de producto, se utiliza una estrategia basada en la diferenciación para que cada producto resulte único. De esta manera, el precio no es un determinante en la decisión de compra, sino que el consumidor está dispuesto a pagar un adicional por una cerveza artesanal. (4)

El sabor se forma por la combinación entre las variantes de insumos como sería la mezcla de maltas, lúpulos, composición del agua, tipo de levadura o algún ingrediente agregado (miel, azúcar, café, entre otros). Además, el producto cambia según variantes en el proceso como por ejemplo, en qué momento se agrega el lúpulo y cuánto tiempo se deja madurar la cerveza. (4)

Las características claves que identifican una cerveza son la apariencia, el aroma, el sabor, sensación en boca (cuerpo), y la graduación alcohólica. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas son importantes, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. Sin embargo, en la práctica, el sabor es determinante en la elección del consumidor. (1)

1.3.1 Tipos de cerveza

En el mercado existen diferentes tipos de cerveza con discrepancias en grado alcohólico, sabor, etc. Las más importantes son:

Cerveza Lager, de origen alemán. La palabra “Lager” significa almacén y aplicada en un periodo de maduración en depósitos a baja temperatura para que se abrigue y se desarrollen sus aromas típicos. Hay varios tipos de cerveza lager, entre las que se destacan:

Pilsener (3-3,8% de alcohol)

Dortmund (3-3,8% de alcohol)

Munich (2,5-5% de alcohol)

Cerveza Ale, de origen inglés. Ligera, con un aroma a lúpulo y con un contenido de alcohol bastante fuerte, este puede ser del 4 a 5 % en peso. De ésta existen a su vez dos tipos: Pale ale con un sabor amargo más fuerte, y Mild ale de sabor más suave.

Cerveza Porter, oscura, más dulce que las otras y con un contenido del 5% en alcohol.

Cerveza Stout, aún más oscura y dulce que la anterior, con un gusto a azúcar quemada y un contenido en alcohol del 5 al 6,5% en peso.(2)

1.4 Consumo de cerveza

La cerveza artesanal alcanza el 3% del mercado de cervezas, sin embargo, las cervecerías artesanales lograron hacerse muy visibles. El sector cervecero artesanal abarca actualmente cientos de emprendimientos en todo el país; la cual genera unos 6000 puestos de trabajo directos en las fábricas, y otros tantos indirectos en bares, restaurantes, fabricantes de equipos y proveedores de insumos y servicios. La recesión que enfrenta actualmente el país impacta de manera particular en una actividad que está en pleno proceso expansivo.(5)

La Cámara de Cerveceros Artesanales de Argentina (C.C.A.A.), es la asociación que nuclea a los productores de Cerveza Artesanal. La misión de la Cámara, que actualmente cuenta con más de 60 Asociados de 13 provincias de todo el país, es agrupar a los fabricantes de Cerveza Artesanal para mejorar la calidad, defender los intereses comunes y fomentar la producción y desarrollo de la categoría. La CCAA dio a conocer los datos obtenidos por una investigación propia en el marco del Día Internacional de la Cerveza.(5)

La producción de cerveza utiliza ingredientes naturales producidos un 90% en el país y emplea a más de 130.000 personas en toda su cadena de producción. (5)

En el informe de CCAA, a modo de introducción recuerda que “la cerveza es una de las bebidas más populares del mundo y verdaderamente milenaria, con 5.000 años de antigüedad. En la Argentina, la cerveza llegó en el año 1.742 cuando se abrió el primer local cervecero en el barrio porteño de Retiro. Más adelante, a partir de mediados de siglo XIX, el mercado cervecero se consolidó con la llegada de Otto Bemberg y Emilio Bieckert”.(5)

Luego la CCAA señaló que “tras una extensa trayectoria en el país, la cerveza constituye hoy una ‘industria de industrias’, es decir, una importante cadena de valor que impacta fuertemente en el sistema económico del país y en las economías regionales. Por un lado, constituye una importante fuente de empleo nacional, al contar con 8.500 trabajadores directos, 9 cervecerías y 6 malterías, y más de 127.500 indirectos que constituyen su cadena de valor, incluyendo logística, distribuidores, oficinas de ventas y en la producción de cebada, lúpulo, maíz en el campo. Es una verdadera economía federal, ya que el 80% del empleo se distribuye en el interior, mientras que el 20% radica en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires”.(5)

Un punto crítico para comprender la dinámica del mercado, son los altos costos de distribución que hacen que solo las grandes empresas como AB Inbev sean capaces de llegar a ciertos puntos de venta que los pequeños productores de cerveza artesanal nunca podrían llegar. AB Inbev es una compañía cervecera internacional líder, con sede en Leuven, Bélgica, que cuenta con un portafolio de más de 200 marcas y con operaciones en 24 países. De esta manera, se produce una mayor concentración de oferta en puntos con mayor densidad de población, como sería la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y sus alrededores.(4)



Figura N°1.1: Distribución de cervecerías artesanales en CABA y alrededores.

Fuente: Google maps

Otro punto para destacar es la gran estacionalidad mensual que caracteriza la demanda de la cerveza, donde el mayor volumen de consumo se presenta en los meses de verano.(4)

Desde el punto de vista de las preferencias del consumidor de cerveza artesanal o industrial, el estilo rubio sigue siendo la de mayor demanda, la cual concentra el 90% del mercado. La cerveza negra, en sus diversas presentaciones apenas capta el 5% del consumo.(4)

En los últimos años se instauró una tendencia alrededor de la cerveza artesanal, donde el consumidor diferencia y genera preferencias ya sea por el tipo de estilo (Stout, Porter, Barley Wine, entre otras), por la procedencia geográfica, por el año de elaboración y demás factores. En el mercado de la cerveza, esta nueva cultura comenzó en Europa, se extendió a EEUU y está ocurriendo ahora en América Latina. (4)

A continuación, se presenta el **último estudio realizado** acerca de las preferencias de cerveza del mercado argentino, donde se obtuvieron más de 2.500 respuestas. De las preferencias de los encuestados resultan la IPA (13,7%), Honey Ale (10,5%), Doble IPA (7,6%), Triple IPA (6,7%), cerveza de Trigo (5,9%), Barley Wine (5,7%) y Golden Ale (5,5%). Sin embargo, se nota que hay muchas variaciones del tipo IPA las cuales son bastante similares. En contraste, hay pocas clases de cervezas rubias que fueron incorporadas a la lista de cervezas, con lo cual pudo llegar a afectar el resultado final de la encuesta. A continuación, se representan los resultados, en la Figura N°1.5, en la cual las indicadas en color amarillo son cervezas rubias, las indicadas en rojo y naranjas son cervezas rojas, finalmente los fragmentos violetas representan cervezas negras.(4)

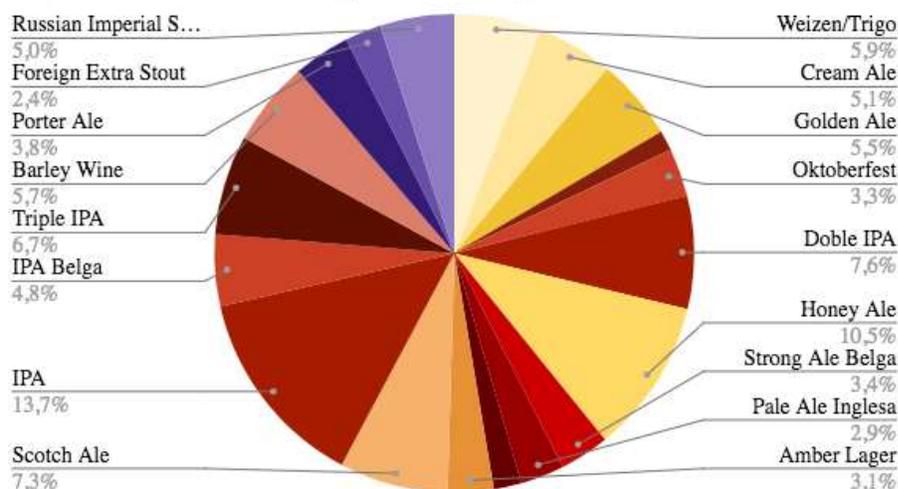


Figura N°1.2: Primera preferencia del consumidor respecto a tipos de cerveza.

Fuente: Bronenberg, Frías, Inzaurraga, Petersen, Soriano Sergi, 2017

1.4.1.1 Localización del mercado del consumidor

El *Market Share* (participación en el mercado) de la cerveza artesanal se posiciona en el 1,8% de las ventas totales del rubro de la cerveza a nivel nacional, según los últimos datos informados. Capital Federal y Gran Buenos Aires concentran alrededor del 35% de consumo nacional de cerveza artesanal.(4) A continuación, se ilustra un mapa con burbujas que representan los lugares donde la cerveza artesanal obtuvo mayor aceptación, son:

- Mar del Plata 8%

- Ushuaia 4%
- Bariloche 5%

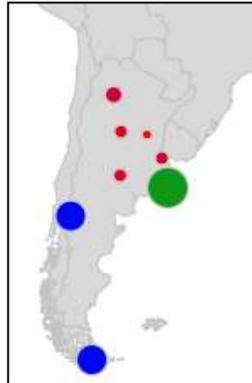


Figura N°1.3: Peso relativo del consumo de cerveza artesanal en distintas zonas del país

Fuente: Bronenberg, Frías, Inzaurraga, Petersen, Soriano Sergi, 2017

1.5 Elaboración de cerveza

1.5.1 Materias primas que componen la cerveza



Figura N°1.4: Agua, malta, flor de lúpulo y levadura

Fuente: Al grano

A continuación, se describen las materias primas que forman la cerveza.

I. **Cebada:** es un cereal cultivado desde la antigüedad por el hombre, 4000 a 5000 años antes de Cristo ya existían extensos cultivos en los valles situados a orilla de los ríos Éufrates y Tigris. (2)

En la elaboración de cerveza la cebada es transformada en malta, responsable de otorgarle el sabor y el color a la bebida, por lo que la calidad del grano es fundamental. El nombre de malta viene de malteado que es hacer que el grano germine. Las enzimas que contiene el grano convierten el almidón en azúcares fermentables para la producción de la cerveza. El almidón durante el proceso de fabricación de la cerveza se desdobra en maltosa y dextrina. La maltosa a su vez en el proceso de fermentación pasa a alcohol, anhídrido carbónico, aportando a la cerveza las características deseadas. (2)

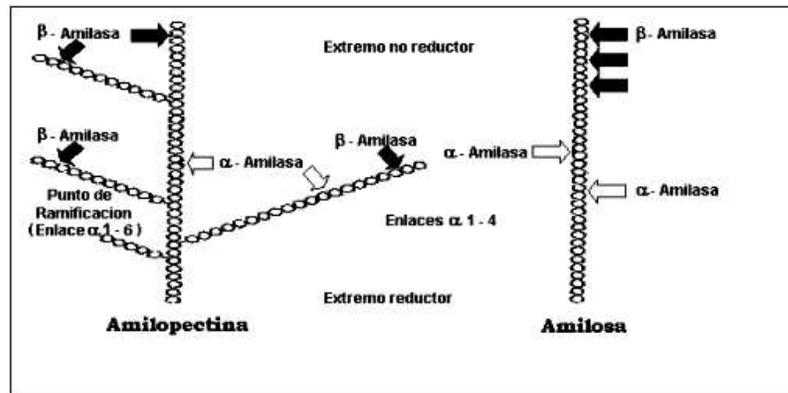


Figura N°1.5: Esquema de la estructura de los almidones y donde son atacados por las enzimas amilasas de la malta

Fuente: Rodríguez Cárdenas

Los proveedores nacionales de maltas son Maltear, BA-Malt S. A y Cargill. Maltear es una empresa fundada en 2008 en Tres Arroyos al sudoeste de la provincia Buenos Aires, con experiencia en maltería-cervecería, manejo y producción de cebada cervecera por ser productores de este cultivo, con conocimiento técnico y comercial de la cadena cebada-malta-cerveza(6). El segundo proveedor, BA-Malt SA, se especializa en maltas especiales para micro cerveceros y *homebrewers* (cervecero casero); la cual nace como emprendimiento en 1996, desarrollado en la Universidad del CEMA (Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina, en Capital Federal) (7). Por último, mencionamos Cargill, una corporación multinacional estadounidense, productora y exportadora de granos en nuestro país.

Los tipos de maltas empleados en cervecerías son los siguientes: Pilsen, Pale Ale, Munich, Viena, de Trigo, Caramelo (15, 30, 60, 120 y 140), Carapils, Melanoidina, Tostada, Chocolate, entre otras. Esta selección de maltas establece una buena base para la producción de cerveza artesanal, dado que las maltas tipo Caramelo puede substituir cierto tipo de maltas que no son producidas nacionalmente y, por lo tanto, deberían ser importadas.(2).

II. **Adjuntos:** el cual se entiende como la materia prima que sustituye parcialmente a la malta, o al extracto de malta en la elaboración de la cerveza. Su empleo no podrá ser en su conjunto superior al 45% en relación al extracto primitivo^(A)(3). Esto tiene como finalidad reducir el costo de producción y equilibrar la composición del mosto; en general se utilizan arroz, maíz, trigo, tapioca y azúcar. (2)

III. **Azúcar:** se utiliza para endulzar la cerveza y también para darle color cuando se utiliza azúcar caramelizada.(2)

IV. **Lúpulo:** es una planta trepadora que se cultiva exclusivamente para la utilización de sus flores femeninas en la industria cervecera. Originaria de las zonas templadas del hemisferio Norte.

Tiene una vida productiva de 15 años. Una vez que finaliza su crecimiento vertical aparecen las ramas laterales, donde se desarrollan las flores. El primer año del cultivo no se cosecha y hacia el

A. Extracto primitivo u original: es la cantidad de sustancia disuelta (extracto) del mosto que dio origen a la cerveza y se expresa en porcentaje (%) en peso. (Art. 1080, CAA) (3)

cuarto año alcanza su máximo nivel de producción. Brota anualmente, a mediados de diciembre, donde las flores comienzan a madurar incrementando su contenido de alfa ácidos y materia seca hasta el momento de cosecha, desde mediado de febrero hasta mediado de marzo. (8)

Existen diferentes tipos de lúpulos, que brindan aromas y amargores diferentes a la cerveza. Sus acciones benéficas son:

- Equilibra el dulzor de la malta
- Imparte el típico sabor amargo.
- Promueve la formación de espuma y luego coopera en su mantenimiento.
- Ayuda a conservar la cerveza por su fuerte acción antiséptica.(2)

A continuación, se presenta una tabla con la composición química de lúpulo seco

Tabla N°1.1: Composición química media del lúpulo seco

Componentes	Porcentaje
Agua	12,50%
Ceniza	7,50%
Aceites aromáticos	0,40%
Resinas	18,30%
Tanino	3,00%
Compuestos nitrogenados	17,50%
Compuestos no nitrogenados	27,50%

En nuestro país el lúpulo se produce principalmente en la Comarca Andina del Paralelo 42, que comprende la ciudad rionegrina de El Bolsón y varias localidades de Río Negro y Chubut eslabonadas principalmente por la ruta 40. Allí se inició a trabajar el cultivo en 1957 con la variedad aromática Spal originaria de Alemania, y en 1975 se introdujo la variedad Cascade de Estados Unidos. Esta última se adaptó muy bien y produce mayor porcentaje de alfa ácidos que en su lugar de origen. Esto se debe a las condiciones agroecológicas que caracterizan el Alto Valle.(8)

Actualmente las variedades cultivadas en Argentina son Cascade 70%, Nugget 25%, Bullion y otras 5%. (8)

Según el contenido de alfa ácidos las variedades pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Lúpulos aromáticos (4-7% de alfa ácidos): Spalt, Hallertauer, Mapuche y Fuggle.
- Lúpulo de amargor (más de 7% de alfa ácidos): Cascade, Cluster, Northern Brewer, Brewers Gold, Nugget, Bullion y Pride of Ringwood.

V. **Agua:** componente básico en el proceso de producción de cerveza. El agua de forma natural, contiene una cierta cantidad de sales que influyen de forma definitiva en la cantidad final de la cerveza. En muchas ocasiones esa influencia es enorme, llegando a determinar las típicas características de cerveza como la Pilsen, Burton, etc. (2)

La dureza del agua es uno de los parámetros fundamentales. Las cervezas ligeras necesitan aguas con bajo contenido de sales carbonatadas. Las cervezas oscuras admiten aguas más duras.(1)

VI. **Levadura:** microorganismos que al crecer y multiplicarse en el mosto toman los azúcares del mismo transformándolos en alcohol y anhídrido carbónico. (2)

Hay cientos de levaduras de uso cervecero distintas, pero se pueden diferenciar según la forma de utilización en dos tipos.

Levadura de fermentación alta conocida como *ale*, se alimenta de maltosa a temperatura entre los 13 y 24°C y permanece flotante en el tanque de fermentación.

Levadura de fermentación baja o *lager* que actúa mejor a temperaturas de entre 7-13°C y consumen grupos más pequeños de azúcares por lo que precipitan y se mantiene en el fondo del tanque de fermentación.

Por lo general, se utilizan más las levaduras de tipo *Lager*, ya que las variedades son más estándar y baratas. En cambio, cuando se utiliza levadura tipo *Ale* se complejiza la operación, aunque tienen mayor variedad de aromas. Esto hace que el uso de la levadura *Ale* sea más caro, pero crea un producto de mayor calidad.(4)

1.5.2 Proceso general de elaboración de cerveza artesanal

A continuación, se describe el proceso de elaboración de cerveza artesanal; donde primero se detalla el Malteado de la cebada en las Malterías y luego la elaboración en la Cervecería.

Malteado de la cebada

La malta es el grano de la cebada sometido a la germinación y ulterior deshidratación y tostado. (2)

La cebada no se puede utilizar directamente para la producción de cerveza, ya que no tiene desarrollado el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcares. La transformación del almidón en azúcares es vital, ya que las levaduras encargadas de la fermentación los necesitan para su crecimiento y multiplicación. Las levaduras no son capaces de desdoblar directamente al almidón.(2)

La cebada recibida se almacena en silos. Su contenido en humedad no debe ser superior al 15-16% debiendo vigilarse periódicamente. Se debe disponer de un sistema de aireación de los granos en los silos y controlar la temperatura en diversos puntos.(2)

Los granos de cebada llevan una serie de impurezas (polvo, trozos de granos, piedritas, etc) que es necesario eliminar. Para lo cual se utilizan una serie de tamices y separadores. Después se procede a clasificar la cebada en tres tamaños, de modo que los acopios de cebada tengan granos de las mismas dimensiones; para asegurar una germinación uniforme.(2)

Para preparar la germinación, los granos de cebada son sumergidos en agua, en grandes depósitos, durante 40 a 70 horas.(2)

La germinación propiamente dicha se realiza esparciendo los granos de cebada húmeda sobre el suelo y a intervalos regulares de tiempo, se dan vueltas. Durante la germinación las proteínas, almidón y otras sustancias se liberan, lo cual facilita el posterior trabajo de las levaduras. Asimismo, el complejo enzimático encargado de desdoblar el almidón se desarrolla. (2)

La germinación se detiene por calentamiento en hornos, de forma que el contenido en humedad pasa de 42-45% a solo un 3-5%. De esta forma se corta el desarrollo del germen y la actividad enzimática. (2)

Durante el tratamiento en hornos por aire caliente (malteado) se producen reacciones entre azúcares y proteínas, con formación de ciertas sustancias que influirán sobre el color, sabor y aroma final de la cerveza. (2)

Se limpia por último la malta y ya está lista para ser utilizada.

Etapas de elaboración de cerveza artesanal

Trituración de la malta

Se utilizan diversas variedades de malta, dado que para cada tipo de cerveza se requieren mezclas particulares de las mismas. Éstas se dosifican según el tipo de cerveza que se quiera lograr y se las vuelca en una tolva, donde pasan a ser trituradas y preparadas para el proceso de macerado. La malta es triturada, separándose las cáscaras de la harina. Las cáscaras servirán posteriormente como lecho filtrante para la separación del mosto. (2)

El rendimiento de la molienda depende del tipo de máquina que se utiliza.

Maceración

El Macerado es el proceso de impregnado en agua caliente, el cual hidrata la cebada, activa las enzimas de la malta y convierte los almidones del grano en azúcares fermentables. Principalmente se produce la conversión de moléculas de almidón en azúcares fermentables y dextrinas no fermentables por las enzimas diastásicas. Cada uno de estos grupos de enzimas es favorecido por distintas temperaturas y condiciones de pH. El elaborador ajusta la temperatura del macerado en función de las enzimas y por lo tanto se acondiciona el mosto según el estilo de cerveza a elaborar. (9)

Hay dos esquemas básicos de maceración:

Infusión simple - una misma temperatura para todas las enzimas del macerado

Maceración escalonada, donde se usan dos o más temperaturas para favorecer a diferentes grupos de enzimas.

También el macerado puede calentarse de dos maneras: por el agregado de agua caliente (Infusión) o directamente calentando el recipiente que contiene el macerado. Hay además un método combinado, llamado Decocción, en el que una parte del macerado es calentado y agregado después al macerado principal para elevar su temperatura. Todos estos métodos se utilizan para lograr la sacarificación (conversión del almidón en azúcares fermentables). Pero el

camino tomado para lograr ese objetivo puede tener una considerable influencia sobre el carácter general del mosto. Ciertos estilos de cerveza requieren un método particular de macerado para lograr el mosto apropiado para ese estilo.(9)

Para comprobar si los almidones se han convertido completamente en azúcares, se puede usar iodo (o iodóforo) analizando una muestra del mosto. Las enzimas del macerado deberían convertir la totalidad de los almidones en azúcares, de manera que no se produce ningún cambio de color al agregar un par de gotas de iodo a la muestra del macerado, esto sería reacción negativa, si fuera positiva y todavía hay presencia de almidón en el medio daría coloración azul. (9)



Figura N°1.6: Macerado

Fuente: Ibarzabal Andrea

Drenaje y Lavado

El drenaje del mosto es el método que la mayoría de los cerveceros usan para separar el mosto dulce del macerado. Un tonel de drenaje consiste en un recipiente grande para contener el macerado y un falso fondo o un tubo colector múltiple para permitir que el mosto se escurra y deje detrás al grano. El drenaje puede ser llevado a cabo de muchas maneras, pero generalmente consta de tres pasos: Bloqueo del macerado (*mashout*), recirculación y lavado (*sparge*). (9)

El Bloqueo del macerado o también conocido como *Mashout*, consiste en aumentar la temperatura del macerado a 76.5 °C antes del drenaje propiamente dicho. Esta etapa detiene toda la actividad enzimática (preservando el perfil de azúcares fermentables) y hace a las cáscaras del grano filtrantes y al mosto más fluido. (9)

Se deja reposar el macerado durante unos 20 minutos, donde las cáscaras de la malta se depositan en el falso fondo, sirviendo como filtrantes (denominado “lecho filtrante”). Se produce el drenaje del mosto, los primeros litros son extraídos del tonel de drenaje y volcados nuevamente sobre el lecho filtrante, denominado recirculado. Los primeros litros son casi siempre turbios con proteínas y partículas de granos y esta etapa filtra el material indeseable para evitar que llegue a la olla de hervido. (9)

El lavado es el enjuague con agua caliente del lecho filtrante para extraer la mayor cantidad posible de azúcares sin extraer taninos astringentes de las cáscaras de los granos. Típicamente, se usan 1,5 veces más agua para el lavado que para el macerado. La temperatura del agua de lavado es importante. El agua de lavado debe ser de 75°C, y no superar los 76,6°C porque los taninos de la

cáscara se vuelven más solubles sobre esta temperatura, dependiendo del pH del mosto. Esto podría producir una astringencia en la cerveza.(9)

Cocción

El mosto filtrado se lleva a la olla de cocción, donde se calienta a temperatura de ebullición (100°C) durante una hora y media a dos horas, en presencia del lúpulo, el cual puede ser agregado en diferentes etapas durante este proceso.

Durante la etapa de cocción se alcanza:

- Esterilización del mosto, ya que los microorganismos presentes no sobreviven a esas temperaturas.
- Extracción de sustancias amargas del lúpulo que darán el clásico sabor amargo a la cerveza.
- Parte del agua se evapora, consiguiendo así la densidad para el mosto.
- Las proteínas no estables al calor coagulan.(2)

Existen métodos continuos donde el mosto es calentado a temperaturas más elevadas (140°C) durante tiempos más cortos (cinco minutos), consiguiéndose además de las transformaciones citadas la destrucción de esporas que eran capaces de soportar los 100°C, pero no 140°C.(1)

Es importante en esta etapa la inactivación de enzimas, con objeto de evitar que continúe el desdoblamiento de proteínas durante la posterior fermentación. Si dichas enzimas no fueran inactivadas por calor el resultado final sería una cerveza seca y sin cuerpo.(2)

Aunque ya tenemos un mosto bastante limpio durante la cocción, las proteínas sensibles al calor precipitan, por lo que es necesario centrifugar el mosto para eliminar estos sólidos en suspensión o turbio caliente. (2)

Según el tipo de equipos que se dispone y del tipo de lúpulo que se haya utilizado (extracto, comprimidos o flores) la filtración/centrifugación/separación de estos se realizará de manera diferente. Cuando se manipula lúpulo en flor es necesaria la separación, donde la olla de cocción cuenta con un falso fondo, sobre el cual los pétalos de las flores serán retenidos y se formará un filtro que evitará que las proteínas coaguladas pasen a través de él. Otra técnica es el proceso de centrifugación o *whirpool*, utilizando una centrifuga o más comúnmente en las cervecerías artesanales en la misma olla de cocción, en la cual se imprime al mosto un movimiento de rotación originando una fuerza que produce la sedimentación de los sólidos. El tercer sistema, es el uso de máquina de filtración por medio de placas basadas en el principio de centrifugación, el cual es un método caro para las pequeñas cervecerías artesanales.(10)



Figura N°1.7: Bloque de cocción de cerveza artesanal

Fuente: Ibarzabal Andrea

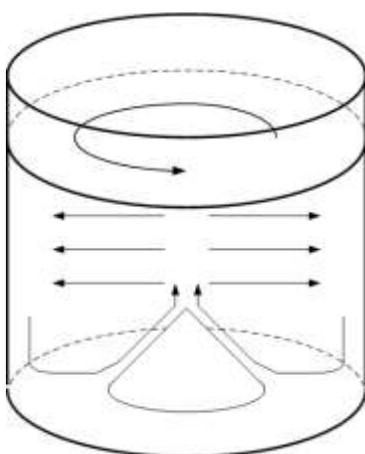


Figura N°1.8: Movimientos generados en Whirlpool

Fuente: Al Grano



Figura N°1.9: Olla de cocción en hervor

Fuente: Ibarzabal Andrea

Enfriamiento

Al final del hervor, es importante enfriar el mosto rápidamente. Mientras está todavía caliente (alrededor de 60°C), las bacterias y las levaduras son inhibidas. Pero es muy susceptible a daños por oxidación a medida que se enfría. También al desarrollo de componentes de sulfuro en el mosto mientras éste está caliente. Si el mosto es enfriado lentamente, el dimetil sulfuro ((CH₃)₂S) continúa produciéndose, sin ser eliminado por el hervor y esto produce sabores indeseados en la cerveza terminada. El objetivo es enfriar rápidamente el mosto por debajo de los 26°C, antes de que se produzca oxidación y contaminación. (9)

En general se procede al enfriamiento del mosto en un equipo de placas o tubular, en primera sección, y por último en contracorriente con agua helada (1-2°C) en la segunda.(2)

Durante el enfriamiento aparece un precipitado de proteínas que se conoce como “turbio frío” y que también es separado por filtración.(2)



Figura N°1.10: Enfriador de placas y contracorriente

Fuente: Ibarzabal Andrea

Aireado y adición de levadura

El mosto ha de ser aireado para que el oxígeno contenido en el aire se disuelva en el mosto, el cual favorece a la multiplicación de la levadura. La aireación del mosto se hace en frío (si se hiciera en caliente provocaría una oxidación del mosto, oscureciendo su color y haciéndolo más amargo). (10)

Esta aireación se puede realizar inyectando aire esterilizado en la tubería por donde sale el mosto camino del tanque de fermentación. Pero también se agrega aire con un compresor en el momento en el cual se adiciona la levadura al tanque de fermentación. (10)

La adición de levadura se realiza sobre un mosto con una temperatura dada para el tipo de levadura que vayamos a utilizar y suficientemente oxigenado para que la levadura se multiplique antes de empezar su proceso de metabolización de los azúcares. (10)

Fermentación

Las levaduras consumen los azúcares y otros productos contenidos en el mosto. Estos productos son resultado de como hayamos realizado los pasos previos de elaboración de la cerveza. Al metabolizar los azúcares se produce alcohol y dióxido de carbono (CO₂), pero dependiendo de las temperaturas de fermentación y de los otros productos contenidos en el mosto también se producirán alcoholes superiores (cadenas de más de un carbono, metílico, etc.) y otros subproductos que afectarán en gran medida al sabor, aroma y calidad de la cerveza que estamos elaborando.(10)

La fermentación depende de diferentes variables como la composición del mosto, la temperatura, la presión, la cantidad y tipo de cepa de levadura que se haya añadido, la cantidad

de oxígeno disuelto en el mosto, el cinc, cobre, otros metales y minerales contenidos en el mosto, el pH, la forma, geometría de los tanques y de las corrientes que se produzcan en su interior. (10)

Dependiendo de la cantidad de proteínas coaguladas contenidas en el mosto y de su composición, le será más o menos favorable a las levaduras nutrirse y realizar los procesos de metabolización del azúcar. (10)

Las levaduras de fermentación de superficie o ale actúan en temperaturas ideal entre 20 y 24°C. La temperatura afecta directamente la velocidad de fermentación de las levaduras, en este caso cuanto más se acerque la temperatura a los 20°C más rápida será la fermentación, produciendo ésteres y subproductos que aumentan la calidad de las cervezas. Si descendemos la temperatura, estas levaduras pasarían a un estado de hibernación cuya consecuencia es el cese del proceso de fermentación. En cambio, las cepas de levaduras de fermentación de fondo, si bien fermentan más rápido a temperatura mayor a 10°C, los subproductos producidos no son de sabor y aroma deseable. Su temperatura ideal se sitúa entre siete y diez grados centígrados.(10)



Figura N°1.11: Fermentador de 500L con aislante térmico

Fuente: Ibarzabal Andrea

Maduración

Según de donde sea el origen del maestro cervecero, llamará a este paso del proceso de elaboración de la cerveza, almacenaje, guarda, maduración o segunda fermentación. (10)

Se llama almacenaje porque una vez que ha fermentado el mosto en los tanques de fermentación, pasándose a llamar -Cerveza Verde-, se trasiega a otros tanques eliminando la levadura y otros restos de la fermentación que se han depositado en el fondo del tanque.(10)

Una vez terminada la etapa de fermentación, la mezcla es enfriada hasta temperaturas entre 0°C y 2°C. Esto produce la sedimentación de la levadura, por lo tanto, se realizan purgas de fondo a las 48 hs y varias más según sea requerido. El enfriamiento también se logra con glicol propileno por su accesibilidad y capacidad de enfriarse a menos de 0°C sin solidificar. (3)

Durante el tiempo que la cerveza transcurre en estos tanques -tiempo de almacenaje- continúan las reacciones químicas de los productos orgánicos contenidos en ella. Los sabores y aromas maduran, se entremezclan entre sí de forma que se crea un espectro aromático más uniforme donde, en teoría, no debería destacar ningún aroma o sabor por encima de los demás en exceso.(10)

Cervezas fermentadas con levaduras de fermentación de superficie son vendidas después de unas semanas de maduración mínima para su consumo. Las cervezas fermentadas con levaduras de fermentación de fondo tienden a almacenarse durante un mínimo de tres meses (al menos debería ser así). Este es el motivo por el que se ha denominado a un estilo de cerveza, llamada Lager, porque, en teoría, representa a las cervezas elaboradas de esta forma. (10)

Una vez ya fermentada la cerveza y sedimentada la levadura, la etapa de maduración depende de la variedad de cerveza producida. Esta etapa puede durar desde una semana hasta incluso más de veinte días. El proceso total de fermentación/maduración puede ir de 10 a 30 días. (3)



Figura N°1.12: Maduración de la cerveza dentro de la cámara de refrigeración

Fuente: Ibarzabal Andrea

Filtración

Una vez terminado el período de almacenaje y de maduración de la cerveza, suponiendo que hemos conseguido el perfil aromático y sabor final buscado, no sería necesaria la filtración si se destina la cerveza para su consumo inmediato, sin embargo, se filtra para aumentar la cristalinidad de ésta, dado que la cerveza no dispondrá de tiempo suficiente como para variar su estabilidad biológica y consecuentemente su sabor.(10)

Se filtrará lo suficiente para que la cerveza se mantenga hasta su fecha de vencimiento. Si la cerveza es distribuida en botellas se supondrá que tendrá que mantener su calidad un mínimo de seis meses. Las grandes fábricas industriales aseguran que sus cervezas mantengan la calidad hasta doce meses después de su elaboración. (10)

Envasado

Una vez filtrada la cerveza se embarrila o embotella para su venta. La mayoría de las fábricas pasteurizarán la cerveza para aumentar su estabilidad biológica y para que no pierda su sabor o se produzcan reacciones biológicas no deseadas (la pasteurización, a su vez, produce sabores a madera cocida no deseables). (10)

La producción de espuma se puede realizar de dos maneras principalmente, a partir de una segunda fermentación en botella, la cual consiste en el agregado de azúcar o dextrosa en momento de envasar, el cual será utilizado por las levaduras. Otro método, es mediante carbonatación forzada, inyectando gas carbónico (CO₂) en la cerveza en condiciones de presión y temperatura determinada, el cual se disuelve o mezcla en la cerveza. El gas en estas condiciones de alta presión se disuelve en la cerveza, y cuando se sirve desde barril se reduce bruscamente la presión, que el CO₂ atrapado en el líquido se vuelve a expandir creando las burbujas. Según el estilo de cerveza que se elabora es el grado de carbonatación.

1.6 El amargo en la cerveza

El impacto sensorial en el consumidor ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. Sin embargo, en la práctica el sabor es determinante en la elección del consumidor.(1)

El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coayudan en el proceso de clarificación. El sabor amargo característico de la cerveza proviene de la secreción glandular de las flores femeninas no fecundadas del lúpulo, la cual contiene dos compuestos clasificados como resinas; las humulonas o alfa ácidos lupulínico y las lupulonas o beta ácidos lupulínico.(1)

Las resinas del lúpulo pueden dividirse en blandas y duras. Dentro de las blandas se encuentran los alfa ácidos que son las de mayor importancia, ya que a partir de ellos se forman los compuestos que otorgan el tenor amargo.(1)

Las **humulonas o alfa ácidos** son tres compuestos específicos: la humulona, cohumulona y adhumulona. Durante la ebullición al que es sometido el mosto dulce, etapa en que se agrega el lúpulo, los alfa ácidos sufren un cambio estructural llamado isomerización, originando los compuestos solubles amargos, los que se denominan genéricamente iso-alfa ácidos. Específicamente se forman la iso-humulona, iso-cohumulona e iso-adhumulona. Estas humulonas son una familia de resinas específicas del lúpulo y responsables de su amargor y otras propiedades psicoactivas (compuestos presente en los alimentos que actúan sobre el sistema nervioso central).

El poder amargo de un lúpulo se mide por el porcentaje que contiene de esta sustancia, que cambia de una cosecha a otra y según la variedad de planta.(4)

Los **beta ácidos**, considerados resinas blandas, pueden también isomerizarse durante la ebullición para crear compuestos amargos, aunque, debido a que la solubilidad de estos compuestos denominados iso-beta ácidos, en el mosto es muy baja, la contribución de éstos al sabor amargo es casi despreciable. Sin embargo, estas resinas se pueden estropear fácilmente en presencia de oxígeno y generar sabores extremadamente amargos y desagradables.(1)

Otros componentes del lúpulo son los **taninos y los aceites esenciales**. Los taninos tienen propiedades clarificantes y bacterioestáticas (de gran importancia para la fermentación), mientras que los aceites esenciales son sustancias aromáticas fácilmente evaporables que dan propiedades de sabor y olor a la flor del lúpulo y por lo tanto también a la cerveza. Se han identificados más de 250 aceites esenciales en las flores de lúpulo que varían según la variedad. En la elaboración de una cerveza pueden utilizarse combinaciones de diferentes lúpulos para aportar las propiedades más notables de cada uno de ellos.(1)

Del total de alfa ácidos que contiene el lúpulo, aproximadamente un 25 a 30% permanecen en el producto final, la otra parte se queda adherida a los restos de proteínas coaguladas tras la cocción. (1)

Los lúpulos además de aportar amargor a la cerveza, aportan aromas y sabores, para lo cual existen diferentes formas de utilizarlos para potenciar su sabor. Al diseñar la receta se debe tener en cuenta la técnica de lupulado a utilizar para el estilo de cerveza que se ha de elaborar o para resaltar el perfil del lúpulo elegido.(11) Las diferentes técnicas de lupulado son:

I. **Bittering Hops** (Agregado en el Hervor): es el método más usado, la isomerización de los alfa ácidos comienza a los 80°C con un máximo al romper el hervor. Aproximadamente a los 60 minutos, la isomerización es completa. El agregado de lúpulo a partir de los 20 minutos finales de la cocción aportará principalmente aroma.(11)

II. **Mash Hopping**: Consiste en el agregado del lúpulo en la maceración durante 90 minutos. Al no superar 80°C de temperatura se obtienen componentes de aroma y sabor que luego no se volatilizan al hervir. Equivale a una adición a 20 minutos del final de cocción en cuanto a IBUS. Es un método poco común hoy en día, ya que requiere una gran cantidad de lúpulo y añade muy poco sabor directo.(11)

III. **First Wort Hops**: Es la adición de lúpulo cuando se comienza a llenar la olla de cocción luego del lavado del grano. Es una técnica alemana que se utilizaba en la antigüedad y que hoy en día ha renacido en estilos como Pilsen. El amargor logrado es menos áspero o astringente, las cervezas elaboradas con este método se perciben como más suaves y mejor mezcladas.(11)

IV. **Late Hop**: Consiste en el agregado hacia el final del hervor. Se usan variedades de lúpulo aromáticos y deben realizarse dentro de los últimos 10 minutos de ebullición. La desventaja de esta técnica es la gran cantidad de lúpulo que se emplea, dado que la isomerización es baja por el poco tiempo de hervor. Sin embargo, se logran cervezas muy aromáticas y con un amargor menos astringente (no recomendable en estilos maltosos o de bajo amargor).(11)

V. **Hop Back**: Sistema inglés que utiliza un tanque pequeño con rejilla lleno de lúpulo en flor a la salida de la olla de hervido; refuerza los aromas. La función es doble, el mosto caliente disuelve

las resinas aromáticas del lúpulo y las hojas de este sirven de filtro para las proteínas coaguladas durante la cocción, no agrega amargor y añade un gran aroma a la cerveza terminada.(11)

VI. **Whirlpool Hopping:** Se añade el lúpulo a momento del *whirlpool*. Lo ideal es usar pellets y que estos decanten con la centrifugación. Es una técnica usada para dar aromas y amargor a la cerveza.(11)

VII. **Dry Hopping:** Es el agregado de lúpulo en pellet o en flores en el fermentador, adicionándolo una vez terminada la primera y más vigorosa etapa de fermentación. Aporta aromas y sabores. Si se hace a temperatura ambiente la extracción es más rápida. Se deja durante un período de varios días a semanas. Se utiliza para agregar un aroma de lúpulo a la cerveza, ya que no se añade amargor con este método. (11)

Esta es una técnica muy popular para estilos como India Pale Ale (IPA) por proporcionar aroma a lúpulo.

VIII. **Hop Stand:** Después del hervor se deja enfriar algo el mosto y se añade el lúpulo dejándolo reposar durante un par de horas. Los libros técnicos dicen que así se produce dimetil sulfuro (DMS) en el mosto (aroma a vegetales).(11)

IX. **Métodos combinados de lupulizado:** Cerveceros avanzados a menudo utilizan una combinación de adiciones de lúpulo para conseguir una explosión de aroma y de sabor, sobre todo para los estilos de cervezas como IPA o aquellos estilos más balanceado hacia el lúpulo.(11)

El estilo de cervezas estudiado, **Golden**, es una cerveza que se caracteriza porque solo se emplea el lúpulo durante la cocción.

1.6.1 Unidades Internacionales de Amargor (IBUs)

En la determinación del amargor, se mide la cantidad de ácidos alfa extraídos del lúpulo y convertidos en sustancias amargas solubles **durante la ebullición del mosto** dentro del tanque de cocción. (1)

El tenor amargo de la cerveza se mide por medio de Unidades Internacionales de Amargor (IBU del inglés; International BitternessUnits). Muchas veces, para simplificar se mencionan las IBUs simplemente como BU. El IBU es una medida de concentración de los iso-alfa ácidos en partes por millón. **Un IBU equivale a un miligramo de iso-alfa ácidos por litro de cerveza.**(1)

Un IBU se mide a través de un espectrofotómetro previa extracción con disolvente. No es equivalente a una parte por millón de isohumulona o alfa ácido isomerizado como a veces se suele afirmar. En cambio, es el resultado de una fórmula empírica que basa su desarrollo en muestras de pruebas de cervezas, correlacionando el amargor percibido en un valor medido que representa la concentración total de compuestos amargos en la cerveza.(1)

La escala del nivel de amargo es de 1 a 100 IBUs, aunque existen recetas que tratan de superar este número, no existe ningún indicador real que supere el límite máximo. La percepción máxima del ser humano es 75 IBUs; **el cual puede distinguir en una escala de 5 en 5**, por ejemplo puede notar la diferencia de una cerveza con 31 a 36 IBUs. La sensación de amargor está relacionada con la densidad de la cerveza, lo cual se debe tener en cuenta para obtener el equilibrio de la misma. (12)

Cálculo de IBUs para la Receta

La fórmula para medir la cantidad de lúpulo que hay que añadir a la olla de cocción es la siguiente:

$$IBU = \frac{\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 1000}{\text{Litros} \times CrD}$$

En fórmula lineal podemos expresarlo como:

$$IBU = (\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 10) / (\text{Litros} \times CrD)$$

Donde:

Gramos es el peso del lúpulo añadido en gramos.

TA (tasa de aprovechamiento o utilización) (U% en la fórmula original) es el factor de aprovechamiento del lúpulo (del inglés “Utilization”), expresado en decimal. Por ejemplo, un factor de aprovechamiento del 9%, se expresará en la fórmula como 0,09. Este dato se consulta en una tabla específica, pero hay varios criterios para su cálculo, que se especificará posteriormente (Tabla N°1.2).

%AA es el contenido de alfa-ácidos del lúpulo, indicado en la etiqueta del envase, es un valor dado por el distribuidor. Se expresa también como decimal (por ejemplo; 0,16 lo que equivaldría a 16% de alfa-ácido)

Litros se refieren al volumen del mosto final, o lo que es lo mismo, lo que irá al fermentador. Se estima cuánto mosto queda en función del volumen hervido y la tasa de evaporación, teniendo en cuenta el vigor de dicho hervor. Pequeñas variaciones en este dato provocarán desvíos en el resultado, así que conviene estudiar las fórmulas antes y después de elaborar, para ir ajustándolas.

CrD quiere decir “Corrector de Densidad”, ya que la isomerización disminuye cuando el mosto es más denso. Hay diferentes interpretaciones a este cálculo, y algunos investigadores lo desestimaron, posteriormente se volverá con este concepto.

De esta ecuación es posible obtener la cantidad de alfa ácidos (en miligramos) que posee el mosto por litro, si es que se adiciona en una sola ocasión. Si se realiza en más de una ocasión se hacen los cálculos para cada tipo de lúpulo (en el caso de utilizar 2 o más variedades) y cada adición. La sumatoria de todos estos resultados daría la cantidad final de alfa ácidos por litro. (12)

En las recetas, las adiciones de lúpulo se cuentan de forma ‘regresiva’. Si se indica que la primera adición de lúpulos será a los 60 minutos, esta se realizará al comienzo de la ebullición y si la última adición será al minuto 0 (cero), indicará que es al apagar la fuente de calor.(13)

Otro ejemplo de esta expresión sería si en las recetas se indicara al minuto 15 o minuto 5; querrá decir por tanto que debemos añadir el lúpulo 15 o 5 minutos antes de terminar el hervido de nuestro mosto. (13)

Existen otros factores que influyen en el cálculo, que se consideraran constante. Un ejemplo sería el estado de conservación del lúpulo y/o su edad. Un lúpulo viejo o mal conservado habrá perdido porcentaje de alfa ácido debido a su deterioro.(1)

La altura sobre el nivel del mar, afecta a la temperatura de ebullición (a mayor altura, menos temperatura requerida), con lo cual varía la tasa de aprovechamiento del lúpulo. Tampoco da lo mismo si se agrega el lúpulo en la olla, que si se coloca dentro de una bolsita de tela o un filtro infusor colador, si se utiliza en pellets o en flor.(1)

Tasa de Aprovechamiento para la obtención de IBUs de una cerveza

Existen diferentes investigaciones en el cálculo de IBUs cuya principal diferencia es el modo de obtener la Tasa de Aprovechamiento (TA), que van desde tablas hasta gráficos. La estimación de TA depende del método elegido, pero se relaciona con el tiempo de hervor y la densidad. (14)

El método de Rager se basa en una tabla que proporciona valores de TA para diferentes tiempos de ebullición, el cual debe ser ajustado por un factor de corrección para la densidad (CrD). Rager fue uno de los primeros investigadores para el cálculo de IBUS a nivel *Homebrewers* que intentó estimar las tasas de utilización. Todavía se usa ampliamente por su precisión y simplicidad. (14)

Método de Garetz fue publicado en 1994 en su libro Usando lúpulo. Este Método incluye una tabla de valores de utilización para diferentes tiempos de ebullición, como el método anterior de Rager, pero los nuevos valores son significativamente menores que el primer método. Utiliza el mismo factor de corrección para la densidad de ebullición que Rager pero además define nuevos factores de corrección; como factor de la temperatura (Ft) respecto a la elevación en metros sobre el nivel del mar y factor de tasa de lupulación (Hf). Además, predice la pérdida de alfa ácidos durante el almacenamiento. (14)

$$Ft = ((Ex 0,3048) / 550) \times 0,02 + 1$$

$$Hf = (V_f / V_i) \times (IBU_{deseado} / 260) + 1$$

Donde:

E: es la elevación sobre el nivel de mar en metros

V_f: es el volumen final en la olla de cocción

V_i: es el volumen inicial en la olla de cocción

El método de Randy Mosher para la estimación de la Tasa de utilización se basa en un gráfico de búsqueda, pero se dificulta determinar con precisión los porcentajes de utilización. En el cual se grafica en un eje, el tiempo que estará el lúpulo en contacto con el mosto hirviendo, respecto a la densidad y agregando un tercer eje donde se representa el porcentaje de utilización. (12)

El método Tinseth está configurado para que el factor de corrección de la densidad en la ebullición sea la unidad a una densidad específica de 1,0557 g/cm³. Modificándolo ligeramente

para que esté en igualdad de condiciones con los otros métodos (factor de unidad de corrección de densidad de ebullición en $1,050 \text{ g/cm}^3$), da esta relación para la tasa de utilización:

$$U\%_{bt} = 25367715 (1 - e^{-0,04 T_{boil}})$$

Donde:

T_{boil} : es el tiempo de ebullición en minutos

$U\%_{bt}$: es la tasa de utilización no corregida que depende del tiempo de ebullición.

Tinseth señala que su análisis corresponde con una reacción química de primer orden. El método por el propuesto solo incluye el factor de corrección de la densidad de ebullición (14). Este método es el más utilizado por los elaboradores caseros.

Método Noonan fue publicado en la edición original de *Brewing Lager Beer* de Gregory Noonan (1986). En su trabajo Noonan (1996), proporciona un método para calcular la tasa de utilización con valores tabulares. Hay correcciones implícitas para la densidad de ebullición y la forma de la Tasa de utilización, además del factor de tiempo de ebullición estándar. El método de Noonan da valores de utilización mayores para mosto que se hierva por largo periodo de tiempo. (14)

Método de Daniels: publicado por Ray Daniels (1996); el cual da valores para la tasa de utilización versus el tiempo de ebullición. La corrección de la densidad de ebullición de Rager se incluye en el método, al igual que la corrección de la tasa de utilización de Garetz. Daniels también proporciona algunas tablas que pueden usarse para escalar la tasa de utilización dependiendo de los resultados de las pruebas de laboratorio. (14)

En la siguiente tabla podemos encontrar un ejemplo, donde se pueden observar los distintos porcentajes de utilización de lúpulo (TA) según cada investigador, y con una densidad de $1,050 \text{ g/cm}^3$. (12)

Tabla N°1.2: Valores de aprovechamiento del lúpulo en función del tiempo de hervido según el método de cálculo escogido.

Mínutos	NOONAN	RAGER	DANIELS	TINSETH	GARETZ	MOSHER
0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0
5	5,0	5,0	5,0	4,6	0,0	3,5
10	6,5	6,0	12,0	8,4	0,0	6,1
15	8,0	8,0	12,0	11,4	2,0	8,7
20	10,3	10,1	15,0	14,0	5,0	9,9
25	12,7	12,1	15,0	16,0	8,0	11,2
30	15,0	15,3	19,0	17,7	11,0	12,4
35	17,2	18,8	19,0	19,1	14,0	13,4
40	19,3	22,8	19,0	20,2	16,0	14,3
45	21,5	26,9	22,0	21,2	18,0	15,3
50	23,7	28,1	22,0	21,9	19,0	15,9
55	25,8	30,0	22,0	22,6	20,0	16,6
60	28,0	30,0	24,0	23,1	20,0	17,2
65	28,5	30,0	24,0	23,5	21,0	17,8
70	29,0	30,0	24,0	23,8	21,0	18,4
75	29,5	30,0	27,0	24,1	22,0	19,0
80	30,0	30,0	27,0	24,3	22,0	19,6
85	30,5	30,0	27,0	24,5	23,0	20,2
90	31,0	30,0	27,0	24,7	23,0	20,8

Observaciones: Se puede ver en la tabla N°1.2 que los distintos investigadores presentan una Tasa de Aprovechamiento diferente. En algunos momentos de cocción existen valores similares entre los distintos autores, mientras que en otros puntos del tiempo de hervido podemos observar que estos valores varían entre sí. Por ejemplo, Mark Garetz no presenta tasa de aprovechamiento del lúpulo para los tiempos cortos de hervido. Mientras que Daniels, el agregado a los 10 minutos da como resultado una tasa de aprovechamiento de 12. Además, podemos observar que el método de Rager a partir de los 45 minutos, presenta valores mayores para la tasa de aprovechamiento que el resto de los investigadores.

Es muy importante comprender que los valores base de utilización (TA) se obtuvieron empíricamente por cada uno de los autores y por ende depende implícitamente al menos del equipo de cocción utilizado, la receta del mosto base, los ingredientes, la fermentación (levadura usada, tasa de inoculación, fermentadores, etc.) y las condiciones ambientales.(14)

Corrector de Densidad

Este factor tiene como finalidad realizar una corrección en la densidad para el cálculo de IBUs, ya que la isomerización de los alfa ácidos tiende a disminuir cuando el mosto posee densidad mayor a 1,050g/cm³. Algunas visiones para calcular este corrector son bastantes simples (como, por ejemplo, la de Ray Daniels). Cuando el mosto, *antes del hervido*, tiene una densidad de 1,050 g/cm³o menos, dicho factor de corrector es 1 (y nunca puede ser menos de 1). Si el mosto tiene

más de 1,050g/cm³ *antes del hervido* el factor corrección será mayor que 1, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F_c = 1 + [(D_o - 1,050) / 0,2]$$

Esta fórmula está adaptada a la forma con que realizamos la lectura, tomando la densidad sin coma. Donde Fc es el factor de corrección que luego se aplicará en la fórmula y DO es la densidad original que tiene nuestro mosto. (12)

Existe otra fórmula para calcularlo, sobre todo a la hora de estimar la densidad del hervido, que tiene en cuenta el volumen del mosto y su variación por evaporación, que sería:

$$D_o = [(DAH - 1) \times VF / VI] + 1$$

Donde:

DAH: Densidad Antes de Hervir

VF: Volumen de litros finales (después de hervir)

VI: Volumen de litros antes de hervir

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación y duración del ensayo

Las muestras cervezas se analizaron en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo Mendoza. El estudio de las elaboraciones de cerveza tuvo una duración de 12 meses aproximadamente, desde el mes de junio del 2019 hasta marzo de 2020; esto se debió a que los productores elaboran sus cervezas con diferencias de 3 meses entre una producción y otra, teniendo en cuenta que se analizaron 5 producciones de cada uno de los cerveceros.

2.2 Materiales

2.2.1 Solventes y Reactivos

HCl 6N

Isoctano p.a

Agua miliQ

2.2.2 Equipos Utilizados

La desgasificación de la cerveza se realizó con Agitador magnético Decalab For

Las centrifugaciones fueron realizadas a 22°C en Centrifuga Bio Labs

Las medidas de absorbancia fueron realizadas con espectrofotómetro UV- Vis modelo 50, de la marca Varian'sCary

2.2.3 Material utilizado

Erlenmeyers de 250 mL, embudos, vaso de precipitado de 250mL, pipetas graduadas de 1 mL, 5mL y 10mL, pipetas de doble aforo de 10mL, perlas de vidrio. Pissetas, tubo falco 20mL, gradillas, filtro de papel, cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico.

2.3 Obtención de Muestra

Se seleccionaron 5 elaboradores de cervezas artesanales, quienes producen distintos volúmenes de cocción. Tres de ellos elaboran volúmenes de 20 litros, 200 litros, 300 litros y dos productores que elaboran 500 litros. El estilo de cerveza que se estudió es Golden, dado que la bibliografía estudiada y las tablas propuestas para el cálculo de IBUs, se basan en este estilo. Se muestrearon 5 elaboraciones de cerveza Golden de cada productor.

Tabla N°2.1: Volumen de elaboración según cada elaborador

Elaborador	Volumen de elaboración (L)
E1	200
E2	20
E3	300
E4	500
E5	500

También se decidió elegir el estilo Golden, por ser un estilo estándar para principiantes, existiendo en el mercado un Kit de iniciación, que permite adquirir técnicas básicas de elaboración. Con el cual una vez desarrolladas las habilidades como elaborador, se diseña el estilo Golden propio según el perfil sensorial buscado por cada productor. Las tablas diseñadas para el cálculo de IBUs de los distintos autores se basan en este estilo de cerveza, por ser tipo Ale americana, con densidad final de cocción de 1,050 g/cm³ y con menos de 30 IBUs finales; además presenta en su elaboración el agregado de lúpulo solo en el momento de cocción.

A cada cervecería se le asigna un número de codificación, designando la letra E (elaborador) y un número del 1 al 5 para su confidencialidad.

Las cervezas fueron embotelladas luego de su elaboración, a partir de la cual se tomó como muestra una botella de cada una de las elaboraciones en estudio de cada cervecería. Cada botella se etiquetó identificando el número de codificación del elaborador y fecha de elaboración de la misma, las cuales fueron almacenadas bajo refrigeración, hasta su análisis.



Figura N°2.1: Bloque de Cocción de los distintos elaboradores
Fuente Andrea Ibarzabal



Figura N°2.2: Fermentadores de los distintos elaboradores
Fuente: Andrea Ibarzabal

2.4 Procedimiento analítico

2.4.1 Determinación de las Unidades Internacionales de Amargor

La determinación de IBUs se realizó siguiendo el protocolo descrito por la AOAC (1995). En el laboratorio, de cada botella de cerveza muestreado se tomaron 200mL de alícuota, se eliminó el gas y se realizó la determinación de las IBUs por espectrofotometría de absorción molecular.

Procedimiento

1. Colocar en un vaso de precipitado 50mL de cerveza con agitador magnético para desgasificar.
2. Tomar 5mL de cerveza desgasificada, colocar la muestra en tubo falcón más 0,5mL de HCl 6N y 20 mL isoctano.
3. Agitar 15 a 20 minutos
4. Centrifugar 3 minutos a 3000 rpm
5. Tomar porción orgánica y medir en UV a 275 nm

Cálculo

$$\text{IBUs: } A_{275} \cdot 50$$

Donde A_{275} es la absorbancia de la muestra a 275 nm y el coeficiente 50 (redondeo del valor 51,2) que relaciona la pendiente de la correlación y la relación de disolvente utilizado.



Figura N°2.3: Procedimiento de análisis de IBUS en Laboratorio. (Detallado en procedimiento)

Fuente: Andrea Ibarzabal

2.4.2 Cálculo de las IBUs considerando los diferentes autores

Se realizó el cálculo de las IBUs de cada cervecería según los diferentes autores, a partir de los datos brindados por los elaboradores (los cuales son confidenciales). Para ello se utilizó los valores de la Tasa de aprovechamiento de los distintos autores presentes en la tabla N°1.2.

A continuación, se puede observar un cuadro con las características de elaboración, donde el valor esperado de IBUs fue calculado por el elaborador al confeccionar la receta de cerveza Golden.

Tabla N°2.2: Datos de elaboración

Elaborador	Volumen de elaboración (L)	IBUs esperados	Método empleado en el cálculo de IBUs	Lúpulos utilizados	Alfa ácidos %	Adiciones
E1	200	16	Tinseth	Cascade	8,6	3
				Hallertauer	5,2	
E2	20	16	Tinseth	Cascade	8,6	2
E3	300	22	Daniels	Nugget	11,5	2
				Cascade	8,6	
E4	500	25	Tinseth	Cascade	8,6	2
E5	500	10	Rager	Nugget	11,5	1

Para el cálculo de IBUs de los distintos autores se utilizó la siguiente fórmula:

$$IBU = \frac{g \cdot aa\% \cdot TA}{Vf \cdot 10}$$

Donde:

g: es el peso del lúpulo añadido en gramos.

TA (tasa de aprovechamiento o utilización) (U% en la fórmula original): es el factor de aprovechamiento del lúpulo (del inglés "Utilization"), en esta fórmula no es necesario expresarlo en decimal. Este dato se consultó en la tabla N°1.2 para los diferentes autores.

aa%: es el contenido de alfa-ácidos del lúpulo, indicado en la etiqueta del envase, es un valor dado por el distribuidor.

Vf: se refieren al volumen del mosto final, o lo que es lo mismo, lo que irá al fermentador. Se estima cuánto mosto queda en función del volumen hervido y la tasa de evaporación, teniendo en cuenta el vigor de dicho hervor.

No se utilizó el Corrector de Densidad, dado que las elaboraciones de cervezas Golden analizadas presenta una densidad menor a 1,050g/cm³ antes del hervor.

2.4.3 Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se empleó un software estadístico INFOSTAT y el programa EXCEL 2007 para el manejo y orden de los mismos.

3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

3.1 Unidades Internacionales de Amargor

Los resultados obtenidos siguiendo el procedimiento de análisis químico descrito para el cálculo de IBUs, de las cinco elaboraciones de cervezas artesanales evaluadas de cada elaborador, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°3.1: Valores de IBUs cuantificados mediante espectroscopía molecular UV para las distintas elaboraciones.

Elaborador	Número de elaboraciones: IBUs					Media de media	IBUs esperados
	1	2	3	4	5		
E1 200 L	20,97 ± 0,69	18,83 ± 0,44	18,59 ± 0,31	18,13 ± 0,41	21,78 ± 0,21	19,8 ± 1,64	16
E2 20 L	11,53 ± 0,03	17,50 ± 0,3	9,12 ± 0,26	9,21 ± 0,10	9,53 ± 0,38	11,6 ± 3,78	16
E3 300 L	21,04 ± 0,65	17,99 ± 0,41	17,64 ± 1,88	18,81 ± 0,61	19,36 ± 0,22	19 ± 1,22	22
E4 500 L	21,53 ± 0,08	29,89 ± 0,18	31,14 ± 0,03	27,43 ± 0,11	30,51 ± 0,69	28,2 ± 3,83	25
E5 500 L	8,57 ± 0,82	8,99 ± 0,02	9,92 ± 0,08	9,09 ± 0,09	7,9 ± 0,04	8,9 ± 0,73	10

Observando la tabla resultante del análisis estadístico, luego de aplicar la técnica de espectroscopía de absorción molecular para la cuantificación de IBUs, vemos que hay variación entre las distintas elaboraciones del mismo productor. Esto, se puede deber a que los procesos de elaboración no son completamente estandarizados, siendo la principal característica de la cerveza artesanal.

A continuación, en la tabla N° 3.2 se presentan los valores medios de las IBUs obtenidas por técnica analítica y los esperados por los elaboradores según el método empleado en el cálculo de IBUs. Además, se detalla el volumen de elaboración de cada cervecería.

Tabla N°3.2: Valores de IBUs según el método y volumen de elaboración

Elaborador	Volumen de elaboración (L)	IBUs esperados	Método empleado en el cálculo de IBU	IBUs analítico
E1	200	16	Tinseth	19,8
E2	20	16	Tinseth	11,6
E3	300	22	Daniels	19
E4	500	25	Tinseth	28,2
E5	500	10	Rager	8,9

Se realizó una prueba de Hipótesis de medias para cada cervecería, con el objetivo de estudiar si las IBUs obtenidas analíticamente son iguales al valor esperado, es decir al calculado por el elaborador según el método que ha seleccionado. Los resultados del estadígrafo de prueba y la toma de decisión para cada una de las pruebas puede observarse en el anexo 2.

Existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) para el valor de IBUs de los elaboradores 1, 3 y 5. Sin embargo, en las cervecerías 2 y 4, no existe diferencia significativa ($p > 0,05$), y podemos decir que los IBUs obtenidos mediante el análisis espectrofotométrico son semejante a los valores obtenidos por tabla.

Sin embargo, los promedios aceptados son de elaboradores con diferentes litros de producción, donde E2 elabora 20 L y E4 elabora 500 L; por lo que no hay evidencia suficiente para afirmar que el volumen es un factor determinante en el cálculo de las IBUs esperadas.

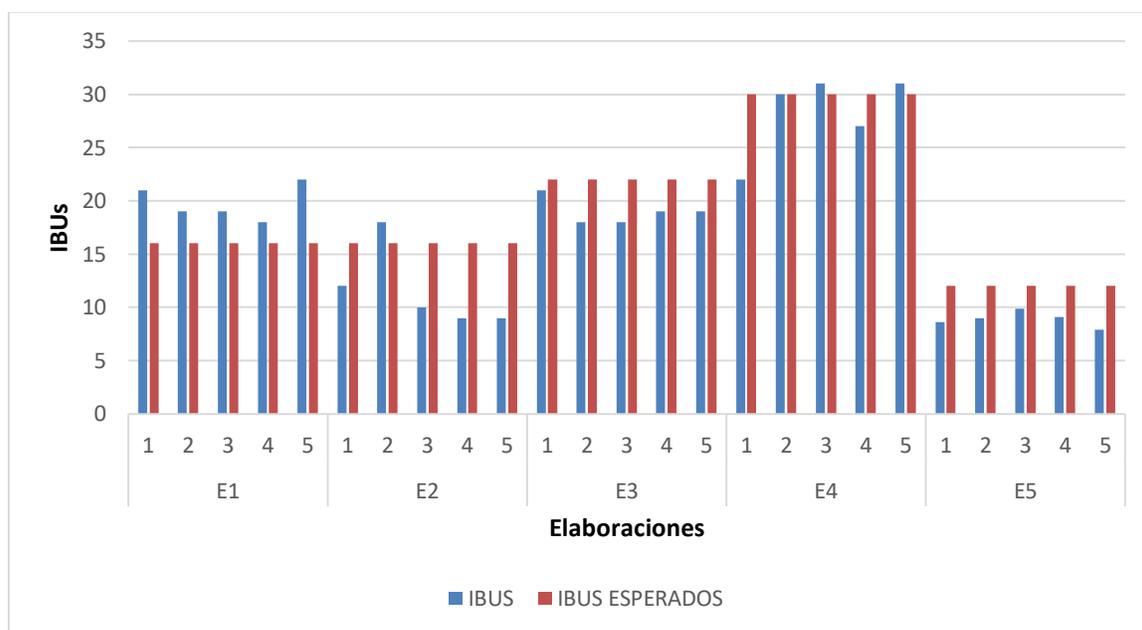


Figura N°3.1: Gráfico de barras comparativas de IBUs

En la Figura N°3.1 se representa con barras azules a las IBUs obtenidas y las barras rojas a las IBUs esperadas. A partir de los valores de amargor obtenidos podemos observar, que el Elaborador 1 obtuvo un valor promedio mayor al esperado, en cuanto a los elaboradores 2 y 4, dicho valor es semejante al esperado. Igualmente podemos decir que los elaboradores 3 y 5 obtuvieron valores menores a los esperados. Además, observamos que todos los elaboradores presentaron menos de 30 IBUs, ajustándose al estilo Golden. Ningún elaborador presentó 5 puntos de diferencia entre el valor esperado y obtenidos; diferencia mínima de percepción de amargor de una persona, establecidas sensorialmente. (11)

Esta diferencia entre los valores obtenidos y esperados se puede deber a distintas causas, como por ejemplo que las cervecerías utilizan distintos autores para el cálculo de IBUs. Como se puede ver en la tabla N°1.2 existen diferencias de los valores de aprovechamiento del lúpulo para los distintos autores, infiriendo en el cálculo de IBUs.

En la tabla N° 3.2 se presentan los datos de elaboración de cada cervecería donde se detalla que E1, E2 y E4 utilizan el método de Glenn Tinseth para el cálculo de IBUs. En cuanto que E3 emplean el método de Ray Daniels y E5 al autor Rager. Luego del análisis se decide calcular los valores de IBUs para cada elaborador con los diferentes métodos presentados por los seis autores, con el fin de poder comparar y conocer cual se ajusta más al valor obtenido. A continuación, se presentan los datos calculados.

Tabla N°3.3: Valores de IBUs calculados para los distintos elaboradores según los diferentes autores.

Elaborador	Método						IBUs Obtenidos por análisis químico
	Noonan	Rager	Daniels	Tinseth	Garetz	Mosher	
E1	16	18	18	16	7	9	19,8
E2	16	16,6	17	16	12	12	11,6
E3	16	16	22	20	10	14	19
E4	30	29	27	25	20	18	28,2
E5	9,7	10	8	8	8	6	8,9

A partir de los valores de IBUs calculados se realizó una Prueba t de medias, para cada autor con el fin de conocer si se ajusta su valor estimado al valor del análisis espectrofotométrico. Dicho análisis estadístico de prueba de t para diferencia de medias se realizó con un nivel de significancia $p < 0,05$, los resultados del estadígrafo de prueba y la toma de decisión para cada una de las pruebas puede observarse en la tabla N°3.4

Tabla N°3.4: Prueba de t de Medias para los diferentes autores.

Elaborador	Método	p-valor	Decisión	
E1	Noonan	Técnica analítica	0,0066	Rechaza
	Rager	Técnica analítica	0,0705	Acepta
	Daniels	Técnica analítica	0,0705	Acepta
	Garetz	Técnica analítica	0,0001	Rechaza
	Mosher	Técnica analítica	<0,0001	Rechaza
	Tinseth	Técnica analítica	0,0066	Rechaza
E2	Daniels	Técnica analítica	0,0331	Rechaza
	Garez	Técnica analítica	0,8246	Acepta
	Mosher	Técnica analítica	0,8246	Acepta
	Noonan	Técnica analítica	0,0442	Rechaza
	Rager	Técnica analítica	0,0417	Rechaza
	Tinseth	Técnica analítica	0,0599	Acepta
E3	Daniels	Técnica analítica	0,0054	Rechaza
	Garetz	Técnica analítica	0,0001	Rechaza

Continuación tabla N°3.4

Elaborador	Método		p-valor	Decisión
E3	Mosher	Técnica analítica	0,004	Rechaza
	Noonan	Técnica analítica	0,0061	Rechaza
	Rager	Técnica analítica	0,0054	Rechaza
	Tinseth	Técnica analítica	0,0936	Acepta
E4	Daniels	Técnica analítica	0,5226	Acepta
	Garetz	Técnica analítica	0,1354	Rechaza
	Mosher	Técnica analítica	0,004	Rechaza
	Noonan	Técnica analítica	0,33	Acepta
	Rager	Técnica analítica	0,5911	Acepta
	Tinseth	Técnica analítica	0,1354	Acepta
E5	Garetz	Técnica analítica	0,513	Acepta
	Daniels	Técnica analítica	0,0513	Acepta
	Mosher	Técnica analítica	0,0009	Rechaza
	Noonan	Técnica analítica	0,0708	Acepta
	Rager	Técnica analítica	0,0282	Rechaza
	Tinseth	Técnica analítica	0,1405	Acepta

En la tabla N°3.5 se presenta un resumen de los resultados finales de dicho análisis, donde se puede observar los autores que no obtuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$), es decir que se ajustan el modelo.

Tabla N°3.5: Autores que se ajustan al cálculo de las IBUs esperadas para cada elaborador

Elaboradores				
E1	E2	E3	E4	E5
Rager	Garetz	Tinseth	Daniels	Daniels
Daniels	Mosher		Noonan	Tinseth
	Tinseth		Rager	Noonan
			Tinseth	Garetz

Analizando los resultados de la tabla N°3.5, podemos decir que el autor Tinseth se presenta con mayor frecuencia, y la utilización de su método resulta adecuada para el cálculo de IBUs. Es importante considerar, que el valor real del porcentaje de los alfas ácidos y sólo se tiene en cuenta el dato suministrado por el proveedor, sin considerar que los alfas ácidos pueden verse muy afectados por un mal envasado y conservación, generando una rápida oxidación, disminuyendo la concentración real de los mismos. (10)

Las IBUs son un parámetro de calidad que se presenta en etiquetas (aunque no es obligatorio) y se informa al consumidor en los bares al momento de elegir una cerveza artesanal, es decir que el consumidor lo tendrá en cuenta al momento de su elección. Por lo que se aconseja cuantificar analíticamente las IBUs en las cervezas artesanales para conocer su valor real, lo cual permite a la cervecería ajustar el cálculo en su proceso de elaboración o dar a conocer al

consumidor el nivel de amargor obtenido en el producto final, que genera la preferencia del consumidor dentro del estilo Golden.

4 CONCLUSIÓN

Se logró determinar las IBUs en las cervezas artesanales utilizando espectrofotometría UV como técnica analítica.

Los valores medios de IBUs para las cervezas analizadas químicamente, no son semejantes a las esperadas por tablas, en la mayoría de los productores. Pudiendo inferir que hay muchos parámetros a tener en cuenta y que inciden en los resultados obtenidos, como pueden ser los porcentajes de alfa ácidos utilizados en los cálculos, los litros producidos por cada productor, la calidad de agua en la producción, la altura regional y su afectación con el hervor. Estos parámetros no son tenidos en cuenta para ajustar las tablas utilizadas, por lo tanto, pueden afectar y quedan evidenciados en la variación de las IBUs esperadas y las finalmente obtenidas.

Por lo mencionado anteriormente, podemos decir que no hay evidencia suficiente para concluir que la cantidad de litros elaborados influyen en las IBUs esperadas y obtenidas

Del análisis comparativo de los valores de IBUS calculados para cada cervecería según los diferentes autores, podemos concluir que el método de Tinseth se ajusta más a los valores obtenidos por cuantificación espectrofotométrica. Además, se logró, mediante este estudio, sugerir al productor, cual método sería más adecuado aplicar para su elaboración.

Las diferencias estadísticas resultantes entre las tablas estudiadas y el análisis químico no afectan al amargor percibido sensorialmente por el consumidor.

Finalmente se concluye que “las IBUs de cervezas artesanales calculadas por tablas no se ajustan a los valores obtenidos por análisis químico” para los E1, E3 Y E5, mientras que para los E2 y E4, las tablas se ajustan a las IBUS cuantificadas químicamente.

5 BIBLIOGRAFÍA

- (1) RODRÍGUEZ CÁRDENA HÉCTOR ALEJANDRO. 2003. Determinación de parámetros físico químico para la caracterización de cerveza tipo Lager elaboradas por compañía cervecera Kunstmann S.A. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia, Chile.
- (2) MADRID VICENTE. 1991. Proceso de producción de la cerveza. 1° edición. Manual De Industrias Alimentarias. Ed. AMV. Madrid, España. 285-309 p.
- (3) CAA- Código Alimentario Argentino. 2018. Definición y Adjuntos cerveceros, art 1080 y 1082 bis, Cerveza. Capítulo XIII Bebidas Fermentadas. [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo_13.htm], [Consulta:15 de Abril 2020]
- (4) BRONENBERG N, FRÍAS SILVA S, INZAURRAGA J, PETERSEN I Y SORIANO SERGI A. 2017. Análisis de viabilidad de la inversión e instalación de una planta de cerveza artesanal, con el fin de abastecer el mercado Argentino. Instituto Tecnológico de Buenos Aires – ITBA Escuela de Ingeniería y Gestión. Buenos Aires, Argentina.12-23p.
- (5) La Cámara Argentina de Cerveza Artesanal enfrenta uno de los mayores desafíos del mercado.2019. Mundo cerveza, Central de noticias [<https://www.mundocerzeva.com/la-camara-argentina-de-cerveza-artesanal-enfrenta-uno-de-los-mayores-desafios-del-mercado/>]. [Consulta: 15 abril 2020].
- (6) Maltear. [<http://www.maltear.com/index.html>], [Consulta 8 de Agosto 2020]
- (7) Ba- Malt. [<http://www.ba-malt.com.ar/>], [Consulta: 8 de Agosto 2020]
- (8) BENEDETTO MARÍA VICTORIA. 2019. El lúpulo y su potencial. Ed. 61. Revista Alimentos Argentinos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. [<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=189>][Consulta: abril 2020]32 p
- (9) PALMER, John. 2006. El lúpulo.3ªedición.*How to brew. Ed. Brewers Publications*. Estados Unidos. 40-55 p
- (10) BORIS DE MESONES. 2017. Lúpulo. Manual práctico del cervecero. Ed. Bross. España.16-19 p.
- (11) Autor desconocido. 2019. Las 8 técnicas para el lupulado. [en línea]. Copyright Central Bier 2020. [<https://centralbier-cursos.com.ar/las-8-tecnicas-para-el-lupulado/>], [Consulta: 1 de diciembre 2020]
- (12) VOGRIG WALTER. 2004. Cálculo de IBU.[en línea]. Revista Mash. [<https://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=71>], [Consulta: abril 2020]
- (13) Desconocido. 2014. Al grano, guía rápida con consejos prácticos para la elaboración de cerveza en casa. Ed. Cervecearte. España.28 p.
- (14) HALL L MICHAEL.1997. What your IBU. *Zymurgy*, 20 (SpecialIssue 4), 54–67p

ANEXO

Anexo 1

Cuadro N°1: Resultados del análisis de IBU para el elaborador E1

Muestra	Lectura	IBUS	Media
30/5 A	0,406	20,30	21±1,64
	0,4058	20,29	
	0,407	20,35	
	0,4071	20,36	
30/5 B	0,4317	21,59	
	0,4318	21,59	
	0,4328	21,64	
	0,4328	21,64	
6/9 A	0,3682	18,41	19±1,64
	0,3677	18,39	
	0,3682	18,41	
	0,3692	18,46	
6/9 B	0,3842	19,21	
	0,3845	19,23	
	0,3851	19,26	
	0,3851	19,26	
14/9 A	0,3642	18,21	19±1,64
	0,3652	18,26	
	0,3685	18,43	
	0,3685	18,43	
14/9 B	0,3737	18,69	
	0,3751	18,76	
	0,3798	18,99	
	0,3801	19,01	
12/11 A	0,3700	18,50	18±1,64
	0,3702	18,51	
	0,3703	18,52	
12/11 B	0,3549	17,75	
	0,355	17,75	
	0,355	17,75	
6/2 A	0,4316	21,58	22±1,64
	0,4318	21,59	
	0,4319	21,60	
6/2 B	0,4391	21,96	
	0,4395	21,98	
	0,4396	21,98	

Cuadro N°2: Resultados del análisis de IBU para el elaborador E2

Muestra	Lectura	IBUS	Media
21/9 A	0,2304	12	12±3,78
	0,2302	12	
	0,2305	12	
	0,2304	12	
21/9 B	0,2302	12	
	0,2301	12	
	0,2317	12	
	0,2317	12	
7/10 A	0,3477	17	18±3,78
	0,3473	17	
	0,3419	17	
	0,3424	17	
7/10 B	0,3548	18	
	0,3544	18	
	0,3559	18	
	0,3558	18	
12/11 A	0,1776	9	9±3,78
	0,1776	9	
	0,1776	9	
12/11 B	0,1872	9	
	0,1872	9	
	0,1873	9	
26/11 A	0,1876	9	9±3,78
	0,1849	9	
	0,1849	9	
26/11 B	0,1825	9	
	0,1825	9	
	0,1825	9	
28/10 A	0,1838	9	10±3,78
	0,1837	9	
	0,1836	9	
28/10 B	0,1979	10	
	0,1974	10	
	0,1973	10	

Cuadro N°3: Resultados del análisis de IBU para el elaborador E3

Muestra	Lectura	IBUS	Media
22/08 A	0,4096	20	21±1,22
	0,4099	20	
	0,4077	20	
	0,4078	20	
22/8 B	0,4332	22	
	0,4335	22	
	0,4324	22	
	0,4324	22	
18/09 A	0,3679	18	18±1,22
	0,3678	18	
	0,3669	18	
	0,367	18	
18/9 B	0,3521	18	
	0,352	18	
	0,3522	18	
	0,3522	18	
5/11 A	0,3183	16	18±1,22
	0,3185	16	
	0,3185	16	
5/11 B	0,3872	19	
	0,3871	19	
	0,3869	19	
4/2 A	0,3653	18	19±1,22
	0,3654	18	
	0,3644	18	
4/2 B	0,3873	19	
	0,3869	19	
	0,3873	19	
18/2 B	0,3908	20	19±1,22
	0,3905	20	
	0,3923	20	
18/2 B	0,3827	19	
	0,3837	19	
	0,3832	19	

Cuadro N°4: Resultados del análisis de IBU para el elaborador E4

Muestra	Lectura	IBUS	Media
20/8 A	0,4322	22	22±3,83
	0,4322	22	
	0,4316	22	
	0,4306	22	
20/8 B	0,4305	22	
	0,4305	22	
	0,4289	21	
	0,4275	21	
2/10 A	0,6015	30	30±3,83
	0,6008	30	
	0,6008	30	
2/10 B	0,5943	30	
	0,5944	30	
	0,5944	30	
6/10 A	0,624	31	31±3,83
	0,6228	31	
	0,6228	31	
6/10 B	0,6227	31	
	0,6227	31	
	0,6223	31	
10/12 A	0,5463	27	27±3,83
	0,5463	27	
	0,5468	27	
10/12 B	0,5506	28	
	0,5505	28	
	0,5508	28	
21/2 A	0,5979	30	31±3,83
	0,5976	30	
	0,5975	30	
21/2 B	0,6231	31	
	0,6227	31	
	0,6227	31	

Cuadro N°5: Resultados del análisis de IBU para el elaborador E5

Muestra	Lectura	IBUS	Media
8/10 A	0,1563	7,82	8,6±0,73
	0,1564	7,82	
	0,1563	7,82	
8/10 B	0,1864	9,32	
	0,1865	9,33	
	0,1864	9,32	
27/11 A	0,1802	9,01	9,0±0,73
	0,1801	9,01	
	0,1801	9,01	
27/11 B	0,18	9,00	
	0,1794	8,97	
	0,1794	8,97	
11/12 A	0,1997	9,99	9,9±0,73
	0,1994	9,97	
	0,1994	9,97	
11/12 B	0,1956	9,78	
	0,1979	9,90	
	0,1982	9,91	
28/1 A	0,1833	9,17	9,1±0,73
	0,1834	9,17	
	0,1833	9,17	
28/1 B	0,1801	9,01	
	0,1802	9,01	
	0,1801	9,01	
6/2 A	0,1579	7,90	7,9±0,73
	0,1582	7,91	
	0,1568	7,84	
6/2 B	0,1594	7,97	
	0,1581	7,91	
	0,1579	7,90	

ANEXO 2

Tabla N°6: Valores medio de IBUs, y su estadística descriptiva

Elaborador	Número de elaboración					Media de Media	IBUs esperados	Varianza	Desviación típica	Máx.	Mín.
	1	2	3	4	5						
E1	21	19	19	18	22	19,8	16	2,7	1,64	22	18
E2	12	18	10	9	9	11,6	16	14,3	3,78	18	9
E3	21	18	18	19	19	19	22	1,5	1,22	21	18
E4	22	30	31	27	31	28,2	25	14,7	3,83	31	22
E5	8,6	9	9,9	9,1	7,9	8,90	10	0,56	0,73	9	7,9

Tabla N°7: Prueba de Hipótesis de Medias de los IBUs esperados y analíticos

Elaborador	tm	tc	Decisión
E1	5,21	2,78	Rechazo
E2	-2,60	2,78	Acepto
E3	-5,45	2,78	Rechazo
E4	1,87	2,78	Acepto
E5	-3,36	2,78	Rechazo

Tabla N°8: Prueba de Hipótesis de Medias para los diferentes autores

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	DE (dif)	T	Bilateral
E1	Noonan	Técnica Analítica	5	-3.80	1.64	-5.17	0.0066
E2	Noonan	Técnica Analítica	5	4.90	3.78	2.90	0.0442
E3	Noonan	Técnica Analítica	5	-2.90	1.22	-5.29	0.0061
E4	Noonan	Técnica Analítica	5	1.90	3.83	1.11	0.3300
E5	Noonan	Técnica Analítica	5	0.80	0.73	2.45	0.0708

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	DE (dif)	T	Bilateral
E1	Técnica Analítica	Rager	5	1.80	1.64	2.45	0.0705
E2	Técnica Analítica	Rager	5	-5.00	3.78	-2.96	0.0417
E3	Técnica Analítica	Rager	5	3.00	1.22	5.48	0.0054
E4	Técnica Analítica	Rager	5	-1.00	3.83	-0.58	0.5911
E5	Técnica Analítica	Rager	5	-1.10	0.73	-3.36	0.0282

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	DE (dif)	T	Bilateral
E1	Técnica Analítica	Daniels	5	1.80	1.64	2.45	0.0705
E2	Técnica Analítica	Daniels	5	-5.40	3.78	-3.19	0.0331
E3	Técnica Analítica	Daniels	5	-3.00	1.22	-5.48	0.0054
E4	Técnica Analítica	Daniels	5	1.20	3.83	0.70	0.5226
E5	Técnica Analítica	Daniels	5	0.90	0.73	2.75	0.0513

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	DE(dif)	T	Bilateral
E1	Técnica Analítica	Tinseth	5	3.80	1.64	5.17	0.0066
E2	Técnica Analítica	Tinseth	5	-4.40	3.78	-2.60	0.0599
E3	Técnica Analítica	Tinseth	5	-1.20	1.22	-2.19	0.0936
E4	Técnica Analítica	Tinseth	5	3.20	3.83	1.87	0.1354
E5	Técnica Analítica	Tinseth	5	0.60	0.73	1.83	0.1405

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	DE(dif)	T	Bilateral
E1	Técnica Analítica	Garetz	5	12.80	1.64	17.42	0.0001
E2	Técnica Analítica	Garetz	5	-0.40	3.78	-0.24	0.8246
E3	Técnica Analítica	Garetz	5	9.00	1.22	16.43	0.0001
E4	Técnica Analítica	Garetz	5	8.20	3.83	4.78	0.0088
E5	Técnica Analítica	Garetz	5	0.90	0.73	2.75	0.0513

Prueba T (muestras apareadas)

Elaborador	Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	DE(dif)	T	Bilateral
E1	Técnica Analítica	Mosher	5	13.80	1.64	18.78	<0.0001
E2	Técnica Analítica	Mosher	5	-0.40	3.78	-0.24	0.8246
E3	Técnica Analítica	Mosher	5	5.00	1.22	9.13	0.0008
E4	Técnica Analítica	Mosher	5	10.20	3.83	5.95	0.0040
E5	Técnica Analítica	Mosher	5	2.90	0.73	8.87	0.0009