

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Producción de cerveza artesanal con adición de jocote marañón como
propuesta para el aprovechamiento del falso fruto

Trabajo de graduación presentado por Juan José del Carmen Ascoli
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



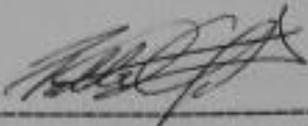
Producción de cerveza artesanal con adición de jocote marañón como
propuesta para el aprovechamiento del falso fruto

Trabajo de graduación presentado por Juan José del Carmen Ascoli
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

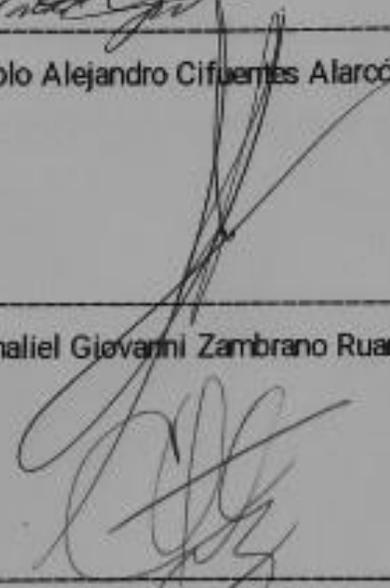
2023

Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Pablo Alejandro Cifuentes Alarcón

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Pablo Alejandro Cifuentes Alarcón

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f) 
Ing. Carmen Alicia Ortiz Pineda

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 9 de enero de 2023

PREFACIO

Este trabajo fue diseñado con el propósito explorar la idea de producir una cerveza artesanal con la adición del jocote marañón con el fin de revalorizar la fruta, pues esta suele ser desechada por la poca popularidad que tiene en la sociedad. Además, la producción de cerveza artesanal es una industria emergente en Guatemala; la popularidad de estas cada día está creciendo, y más personas están dispuestas a degustar distintos tipos de cerveza, más allá de la convencional Lager encontrada en las cervezas industriales. Por otro lado, la receta establecida en esta investigación se limitó a una receta única, sin embargo, el proceso de añadir fruta a una cerveza puede expandirse a otras recetas y otras frutas. Además, es probable la existencia de otras etapas del proceso para la adición de la fruta excluyendo a las analizadas en este trabajo, como lo es la adición en acondicionamiento en botella.

Por último, queda agradecer al Ing. Pablo Cifuentes por su dedicación a enseñarme todos los fundamentos para hacer una cerveza de calidad y todo el tiempo que invirtió en este trabajo de graduación, así también como su amabilidad de prestarme todos los equipos para producir una cerveza con el mayor control posible.

CONTENIDO

PREFACIO	i
CONTENIDO	ii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. General	2
B. Específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
A. Ingredientes para la producción de cerveza	4
1. Agua.....	4
2. Malta	5
3. Lúpulo	6
4. Levadura	7
5. Dióxido de carbono.....	8
B. Producción de cerveza artesanal	10
1. Molienda	13
2. Maceración.....	13
3. Filtración y Sparging.....	15
4. Hervido	16
5. Fermentación.....	17
6. Acondicionamiento	19
7. Embotellado	19
F. El marañón	19
1. Tipos de marañón.....	21
G. Perfil del consumidor de cerveza	21
H. Análisis estadístico	22

1. Tamaño de muestra	22
2. Prueba F para varianzas	22
4. Prueba de Kruskal-Wallis	22
5. Prueba de Levene	23
V. ANTECEDENTES	24
VI. METODOLOGÍA.....	25
I. Materiales	25
II. Métodos	26
III. RESULTADOS	32
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	48
VIII. ANEXOS.....	50
A. Datos originales.....	50
B. Cálculos de muestra.....	76
C. Datos calculados	87
D. Análisis de error	89
E. Especificaciones técnicas del equipo empleado durante la experimentación.....	91
F. Registro gráfico de experimentación.....	100
IX. GLOSARIO.....	109

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Balance de masa teórico para la producción de cerveza	12
Cuadro 2: Balance de energía teórico para la producción de cerveza.....	12
Cuadro 3: Condiciones e ingredientes para la preparación de una cerveza tipo Pilsen con adición de la fruta del marañón.....	32
Cuadro 4: Características de los lotes de cerveza producidos.....	33
Cuadro 5: Resumen de consumo de auxiliares para la producción de cerveza artesanal con adición de marañón	37
Cuadro 6: Resultados de la prueba T de diferencia de medias entre los lotes LH y LF-1	37
Cuadro 7: Comparación de ABV% entre los distintos lotes	38
Cuadro 8: Lecturas obtenidas por medio del análisis de azúcares y alcoholes en HPLC.	50
Cuadro 9: Mediciones experimentales en la producción de cerveza artesanal	50
Cuadro 10: Condiciones del agua ingresada al sistema antes de ser acondicionada.....	51
Cuadro 11: Mediciones para la determinación de contenido de CO ₂ en lotes producidos	52
Cuadro 12: Resultados de panel sensorial para el análisis organoléptico de los lotes de cerveza producidos	52
Cuadro 13: Opiniones de los panelistas al comparar las muestras entre ellas	73
Cuadro 14: Atenuación aparente y porcentaje de alcohol estimado de los lotes producidos.....	87
Cuadro 15: Determinación de Vols. CO ₂ en cervezas producidas	88
Cuadro 16: Mediciones de flujo volumétrico para el intercambiador de calor	88
Cuadro 17: Comparación de ABV% contra ABV% empírico.....	88
Cuadro 18: Valores p de las pruebas de Levine y Kruskal-Willis para las preguntas sobre cada muestra. 89	
Cuadro 19: Datos técnicos de la balanza OHAUS empleada durante el proceso.	91
Cuadro 20: Datos técnicos del macerador y hervidor Braumeister.....	92
Cuadro 21: Datos técnicos del equipo de enlatado.	93
Cuadro 22: Datos técnicos del sistema de filtración de agua.....	94
Cuadro 23: Datos técnicos del molino de rodillos.	95
Cuadro 24: Datos técnicos del barril de cerveza.....	96
Cuadro 25: Datos técnicos del fermentador.....	97
Cuadro 26: Datos técnicos del refrigerador empleado para la maduración y fermentación de la cerveza..	98
Cuadro 27: Datos técnicos del equipo para el análisis de HPLC realizado en el laboratorio de química de la Universidad del Valle de Guatemala	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Efectos de los iones en la cerveza	4
Figura 2: Esquema para la producción de distintos tipos de malta	5
Figura 3: Perfil organoléptico de algunos lúpulos	6
Figura 4: Características organolépticas de las levaduras de la empresa Fermentis	8
Figura 5: Solubilidad del CO ₂ en cerveza a partir de la temperatura y la presión manométrica o presión del <i>headspace</i>	9
Figura 6: Diagrama de producción de cerveza.....	11
Figura 7: Horarios de maceración.....	14
Figura 8: Proceso de <i>Sparging</i>	15
Figura 10: Ruta metabólica de la fermentación alcohólica de una levadura típica.....	17
Figura 11: Consumo de azúcares reductores según el tipo de levadura a 18 °C.....	18
Figura 12: Atenuación aparente de la levadura US-05 y otras levaduras de la empresa Fermentis a 20 °C	18
Figura 13: Composición promedio del jocote marañón.....	20
Figura 14: Azúcares reductores totales para cada tipo de marañón según su color	20
Figura 15: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en el proceso de hervido (LH).....	34
Figura 16: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en post-fermentación (LF-1).....	35
Figura 17: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en post-fermentación (LF-2).....	36
Figura 18: Resultados del análisis organoléptico para cada lote.....	38
Figura 19: Resultados sobre cuáles eran las muestras que más se parecían en general	38
Figura 20: Resultados sobre la jerarquía de sabores entre las muestras.....	39
Figura 21: Resultados para la pregunta “¿Cuál fue la muestra más diferente en general?”.....	39
Figura 22: Resultados para la pregunta “¿Sintió el sabor o aroma del marañón?”	40
Figura 23: Resultados para la pregunta “¿Le gusta la fruta del marañón? (la carne, no la semilla)”	40
Figura 24: Resultados para la pregunta “¿Ha probado las cervezas artesanales?”	40
Figura 25: Distribución de edades de los panelistas para del panel sensorial.....	89
Figura 25: Datos técnicos de la balanza OHAUS empleada durante el proceso de producción.	91
Figura 26: Datos técnicos del macerador y hervidor Braumeister.	92
Figura 27: Equipo de enlatado del proceso de producción de cerveza.	93
Figura 28: Sistema de filtración de agua con UV	94

Figura 29: Molino de rodillos empleado en la molienda de la malta	95
Figura 30: Barril de cerveza, en donde se almacena y carbonata el producto	96
Figura 31: Tanque de fermentación	97
Figura 32: Refrigerador empleado para la maduración de la cerveza y control de temperatura del fermentador.....	98
Figura 33: Equipo para el análisis de HPLC realizado en el laboratorio de química de la universidad del Valle de Guatemala.....	99
Figura 34: Marañón utilizado para el primer lote de adición en post-fermentado (LF-1), y adición en el hervido (LH)	100
Figura 35: Marañón utilizado para el segundo lote de adición en post-fermentado (LF-2).....	100
Figura 36: Marañón cortado listo para ser añadido al proceso	101
Figura 37: Medición de maltas para añadir al proceso	101
Figura 38: Proceso de molienda de la malta	102
Figura 39: Maceración de la malta.....	102
Figura 40: Proceso de hervido	102
Figura 41: Adición de marañón en proceso de hervido	103
Figura 42: Pasterización del marañón para la adición post-fermentado	103
Figura 43: Activación de levadura para iniciar la fermentación	104
Figura 44: Adición de marañón en la post-fermentación.....	104
Figura 45: Transferencia de fermentador a Keg para iniciar la carbonatación	104
Figura 46: Cerveza terminada primer lote con adición en post-fermentado (LF-1)	105
Figura 47: Muestras recolectadas para el análisis de azúcares y alcoholes por medio de HPLC realizado en el laboratorio de química de la universidad del Valle de Guatemala.....	105
Figura 48: Datos para relación entre gravedad específica y contenido de azúcares	107
Figura 49: Cuadro de factores de corrección para refractómetro a distintas temperaturas	108

RESUMEN

El Trabajo de Graduación presentado aborda el desarrollo de una cerveza artesanal innovadora, incorporando la fruta de marañón, un producto frecuentemente desaprovechado en Guatemala. Esta iniciativa busca no solo valorizar esta fruta, sino también enriquecer la diversidad de la industria cervecera local con un producto distintivo. La receta formulada para un lote de 20 litros consiste en un 95% de maltas Pilsen y 5% de Trigo, complementado con 14 gramos de lúpulo Centennial, 1.81 kilogramos de marañón añadido en la etapa post-fermentativa y 12 gramos de levadura US-05, logrando una carbonatación de 3.14 Vol. Este estudio se enfoca en determinar el momento óptimo para incorporar el marañón, optando finalmente por la fase post-fermentativa. Un panel sensorial compuesto por 41 hombres jóvenes, mayoritariamente entre 18 y 23 años, evaluó y prefirió la cerveza con marañón agregado post-fermentación en comparación con la adición durante el hervido. Mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se compararon los distintos lotes con una cerveza Corona de control, concluyendo que no existen diferencias significativas en sus propiedades organolépticas, lo que indica que esta cerveza artesanal es comparable en calidad a las opciones comerciales. Adicionalmente, el estudio examinó la variación en la producción de alcohol entre las cervezas con marañón agregado en diferentes etapas del proceso. Los resultados mostraron que la adición de marañón durante el hervido resultó en un aumento significativo del 16.8% en el contenido alcohólico en comparación con la adición post-fermentativa. Este hallazgo es crucial para el diseño y la calidad final de la cerveza, proporcionando una base sólida para futuras innovaciones en la industria cervecera.

ABSTRACT

This Graduation Project explores the production of a craft beer enhanced with cashew fruit to reinvigorate its use in Guatemala and bring innovation to the local brewing industry. The optimal recipe for a 20 L batch includes 95% Pilsen malts, 5% Wheat, 14 g of Centennial hops, 1.81 kg of post-fermentation cashew, and 12 g of US-05 yeast, with a carbonation of 3.14 Vol. The study investigated the best timing for adding cashew, eventually choosing the post-fermentation stage. A sensory panel of 41 men, primarily aged 18 to 23, preferred the post-fermentation cashew beer over the version with addition during boiling. The Kruskal-Wallis test compared the batches and a control Corona beer, showing no significant differences in organoleptic properties, suggesting the craft beer is competitive with commercial brands. Additionally, the research indicated a significant difference in alcohol production between beers with cashew added at different stages, with the addition during boiling resulting in 16.8% more alcohol than post-fermentation addition

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación se centra en la producción de una cerveza artesanal usando jocote marañón, fruta poco valorizada en Guatemala aparte de su semilla. Este enfoque permite a los productores revalorizar la parte carnosa de la fruta y entrar en el mercado emergente de cervezas artesanales. Sin embargo, hay desafíos sociales y organolépticos, ya que el sabor del marañón puede ser poco atractivo debido a su astringencia. Por ello, se evaluará su impacto organoléptico para determinar si es aceptable para el consumidor promedio de cerveza. Se investigará y comparará cuál método de adición de marañón — durante el hervido o en la post-fermentación — es más beneficioso para lograr una cerveza artesanal distintiva. La elección de estas etapas se debe a que el marañón requiere pasteurización para evitar contaminación, proceso que el hervido facilita sin costos adicionales. Además, el hervido mejora la transferencia de compuestos del marañón al mosto, mientras que la adición post-fermentativa destaca por preservar componentes más volátiles, mejorando así la transmisión de propiedades organolépticas.

Este análisis determinará el mejor método de adición en términos de calidad del producto y eficiencia energética. Además, considerando que el marañón tiene azúcares reductores, se explorará su influencia en la producción de alcohol, aspecto clave en el diseño cervecero.

II. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar una receta de cerveza artesanal con adición de jocote marañón para ofrecer una alternativa en el uso de la falsa fruta.

B. Específicos

1. Formular la receta de la cerveza artesanal para resaltar el sabor de la fruta considerando: El ABV%, el nivel de amargor (IBU) y el perfil sensorial producido por la levadura.
2. Realizar un balance de masa y energía para determinar las diferencias entre la producción con adición de fruta en el hervido y en el post-fermentado.
3. Realizar una prueba de hipótesis de diferencia de medias para evaluar el efecto de la adición de fruta, entre el hervido y el post-fermentado, en el contenido de alcohol del producto final.
4. Evaluar el perfil organoléptico a través de un panel sensorial con el fin de determinar qué efecto tiene la adición de fruta en las dos distintas etapas del proceso en el sabor y aroma del producto final para determinar el preferido por el consumidor.

III. JUSTIFICACIÓN

El jocote marañón, *Anacardium occidentale*, es una de las frutas más importantes en la actividad económica de países tropicales, especialmente por su semilla, pues es la parte con mayor valor en el mercado (Berry, 2011). Por esto, la fruta se trata como un subproducto, por lo que tiene a ser desechada a pesar de representar el 90% del total de la cosecha, y se estima que solo el 5% de esta es aprovechada para consumo o venta (Ohler, 1998). Por otro lado, la población guatemalteca consume, en promedio, 20 L *per cápita* (Our World in Data, 2019) con un crecimiento anual promedio del 2% posicionándose entre los países con un consumo promedio, por lo que es un mercado con oportunidad de crecimiento, en especial el nicho de las cervezas artesanales. Por tanto, explorar la producción de cerveza artesanal a partir de la fruta del marañón tiene el potencial de revalorizar a la fruta, y así, reducir el desperdicio de esta al introducir un producto único al mercado.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Ingredientes para la producción de cerveza

La cerveza es una bebida fermentada a partir del almidón sin la destilación alcohólica. La composición del producto final comercial suele ser: 92.9% de agua, 3.9% de etanol, 2.5% de carbohidratos, 0.5% de dióxido de carbono, y 0.2% de proteínas. Esta composición se suele obtener a partir de los ingredientes más comunes, los cuales son agua, malta, lúpulo, levadura y adjuntos (Barth, 2013).

1. Agua

El agua es el ingrediente más abundante en la cerveza. En esta se debe tener un especial cuidado en los iones presentes, la dureza y el pH. Los iones presentes pueden afectar el sabor del producto final según sus concentraciones. Por otro lado, la dureza y el pH deben ser controlados para mantener las condiciones óptimas para las conversiones enzimáticas del almidón a azúcar durante la maceración. Para ello, el agua de proceso se acondiciona para cumplir con los niveles de iones, dureza y pH. Los iones más importantes son el Ca^{+2} y Mg^{+2} para reducir el pH y aumentar la dureza del agua; y el Cl^- y el SO_4^- para resaltar los sabores de amargor o los sabores de la malta.

Para aumentar la dureza se suele utilizar $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Sin embargo, para aguas especialmente duras se requiere el uso de un ácido, el cual se suele utilizar el ácido láctico, ácido fosfórico o ácido sulfúrico. El agua de proceso debe terminar en un pH entre 5.3 y 5.6, por lo que las adiciones de los compuestos mencionados dependerán de las condiciones iniciales del agua.

(Mosher y Trantham, 2017)

Figura 1: Efectos de los iones en la cerveza

Ion	Fórmula	Efecto
Bicarbonato	HCO_3^-	Aumenta el
Calcio	Ca^{2+}	pH Disminuir
Cloruro	Cl^-	el pH Dulzura, plenitud, equilibrio.
Hierro	Fe^{2+}	Metálico, astringente
(II) Hidronio	H^+	Disminuir el pH, mejorar el amargor
Magnesio	Mg^{2+}	Requerido por la ley
Sodio	Na^+	Dulce, agrio en niveles más
Sulfato	SO_4^{2-}	altos Sequedad, astringencia, mejora el amargor

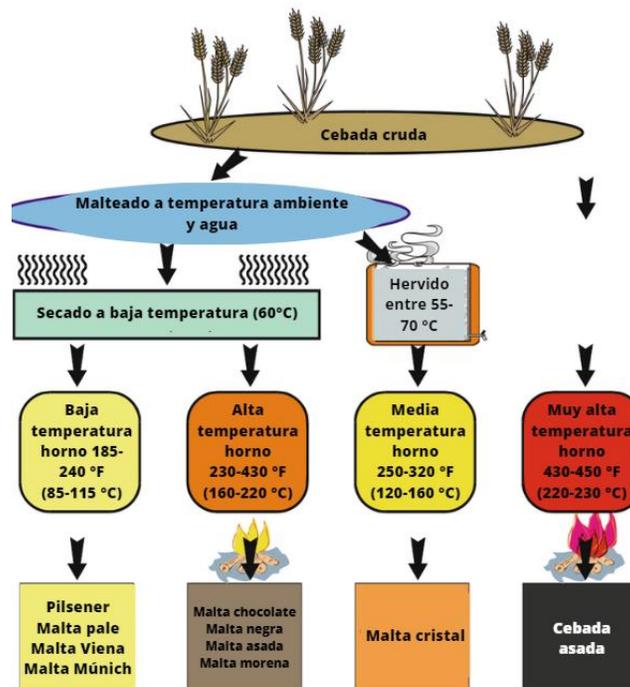
2. Malta

La variedad de sabores encontrados en distintos estilos de cerveza son producto de la especie de la cebada y el tipo de tueste para producir la malta. A continuación, se definirán los distintos tipos de malta:

- Roasted Barley. cebada a punto de ser quemada. Generalmente se utiliza para añadir sabores a café y color a la cerveza. Sin embargo, este no se considera como malta, pues no se utiliza como base para la formación de azúcares.
- Pale Malt. Primero la cebada es malteada, donde se deja madurar hasta llegar a la germinación, la cual hace que su contenido de almidón y enzimas sea máximo, y luego se seca con altos niveles de ventilación hasta llegar a 10% de humedad. Por último, se hornea entre 85 y 115 °C para terminar con una malta con tueste leve.
- Dark Malts. Similar a las Pale Malt, pero a una temperatura de horneado mayor (entre 160 °C y 220 °C)
- Crystal Malts. Esta no pasa por el malteado, sino que se deja germinar y luego se hornea en un horno rotatorio, donde se atomiza agua para activar las amilasas y producir azúcar, que luego es caramelizada por la temperatura del horno.

(Mosher y Trantham, 2017)

Figura 2: Esquema para la producción de distintos tipos de malta

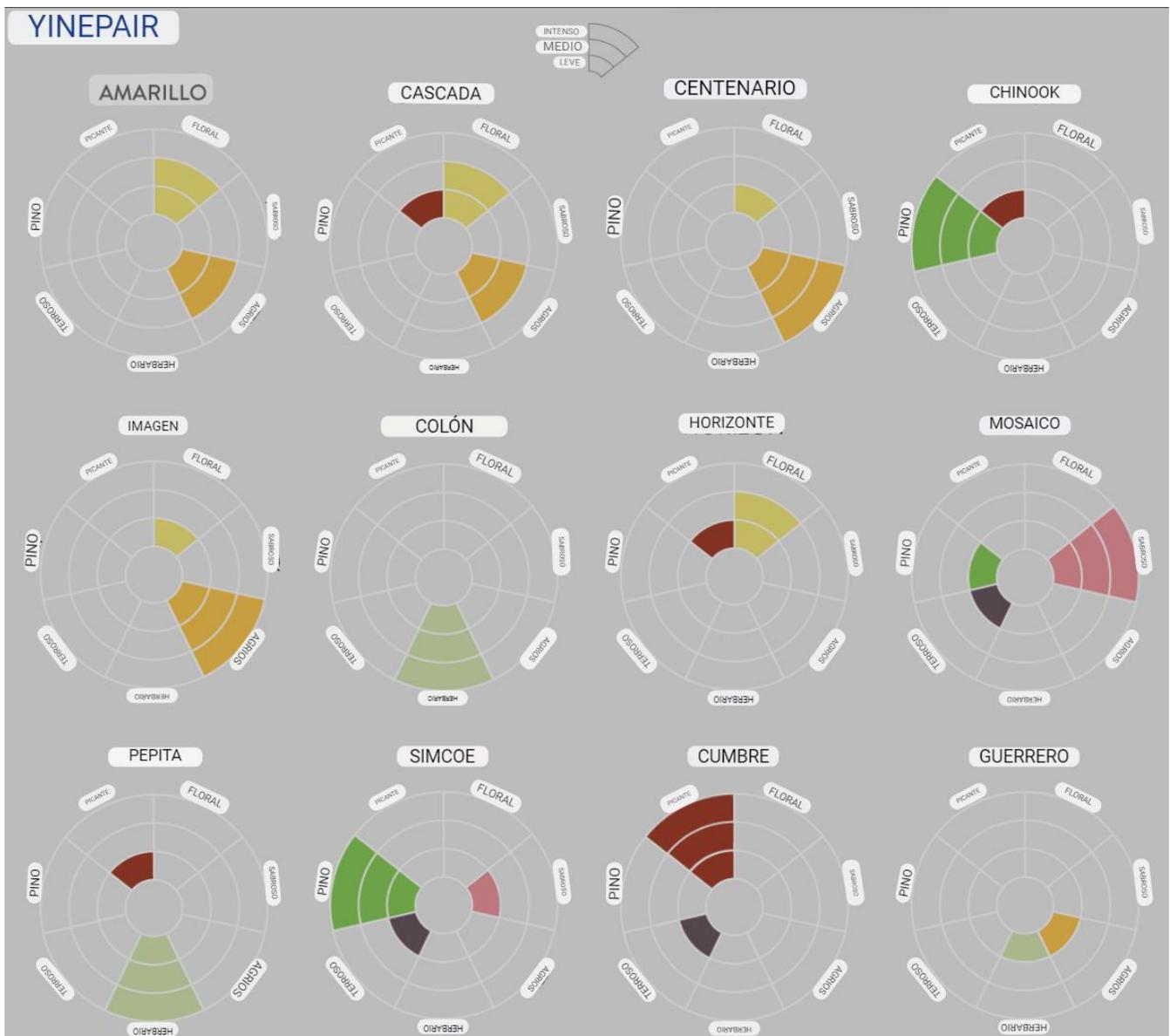


(Mosher y Trantham, 2017)

3. Lúpulo

El lúpulo es la flor brotada de las plantas femeninas de *Humulus lupulus*. Su valor en la industria cervecera radica en sus resinas y aceites esenciales. Las resinas, constituidas por humulonas, cohumulonas y adhumulonas, son ácidos carboxílicos que cumplen con la función de añadir amargor a la cerveza al ser isomerizados durante el proceso de hervido. En cambio, los aceites esenciales del lúpulo otorgan aromas al producto final, los cuales se suelen clasificar en floral, frutoso, cítrico, herbal, tierra, pino, o picante (Fix, 1999)

Figura 3: Perfil organoléptico de algunos lúpulos



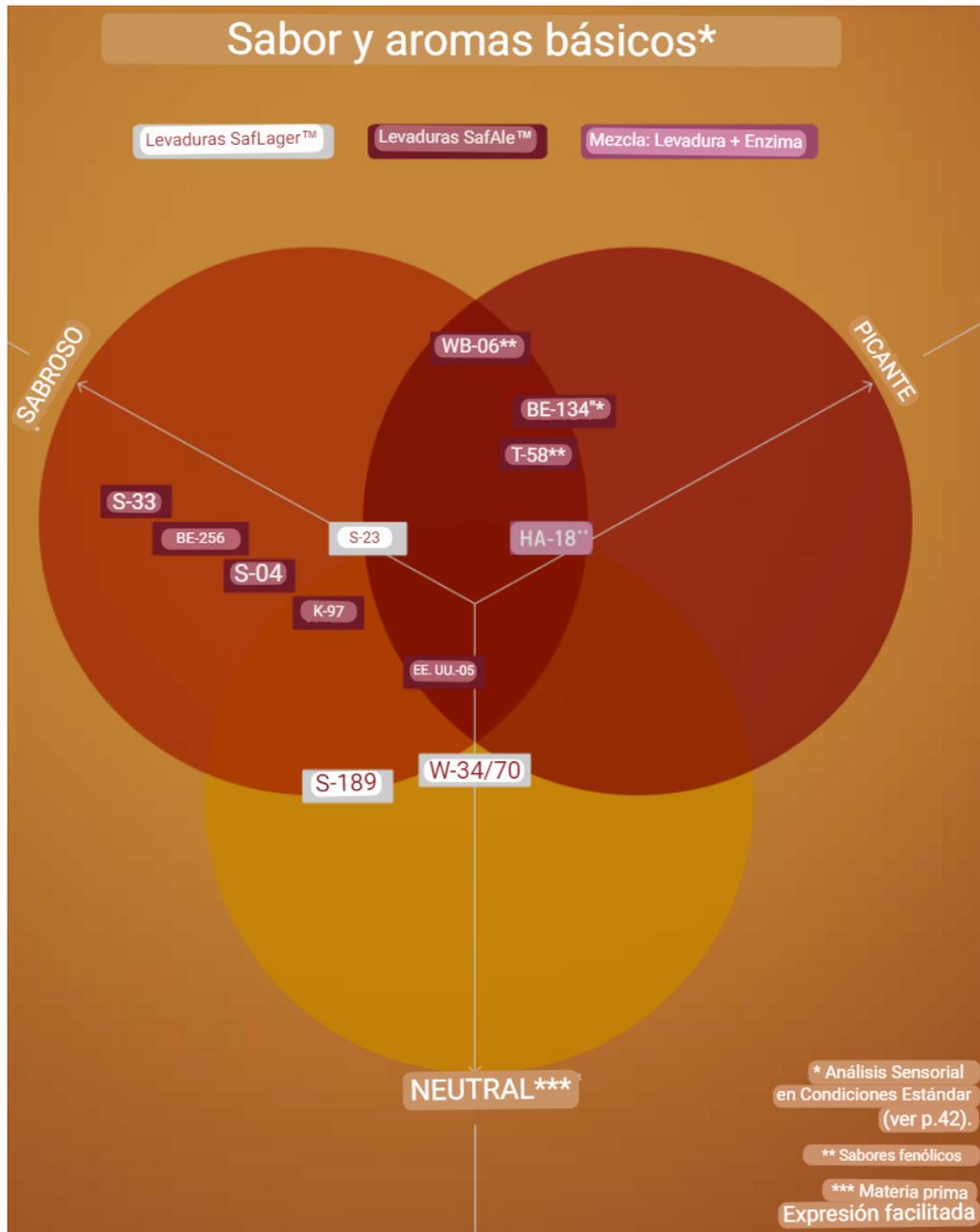
(Polka Dots & Prints, 2019)

4. Levadura

Además de realizar la fermentación de los azúcares producidos en la maceración, la levadura otorga el perfil organoléptico final de la cerveza. Los principales géneros de levaduras que se utilizan en la industria cervecera son las *Saccharomyces* y *Brettanomyces*, mientras que las especies son *carlsbergensis*, y *cerevisiae*, las cuales se clasifican como levaduras tipo Ale o tipo Lager (Fix, 1999). Sin embargo, estas suelen ser cultivadas específicamente para fomentar distintos sabores durante la fermentación, por lo que distintas casas productoras de levadura tienen perfiles organolépticos distintos a pesar de ser la misma especie de levadura. Dentro del área de producción, las características deseadas en una levadura son las siguientes:

- Floculación. Existen tres categorías principales de floculación en el contexto cervecero: Sedimentación alta, polvo, y no floculante. La floculación es importante en la etapa de acondicionamiento, pues la reabsorción de subproductos de la fermentación es más eficiente con una levadura dispersa. Sin embargo, poca floculación en la levadura fuerza al cervecero a utilizar métodos mecánicos de separación de levadura, ya que comúnmente se utilizan bajas temperaturas para que el microorganismo sedimente por sí solo, y separarlo de la cerveza por decantación.
- Atenuación. La atenuación es la habilidad de la levadura para disminuir la gravedad original específica del mosto. Esto ocurre debido a que el microorganismo convierte los azúcares del mosto en productos de la fermentación, como el etanol y subproductos como el acetilo. Para estándares de la industria, una atenuación fuerte se considera entre el 78% y 80%.
- Temperatura. Esta es la que más difiere respecto a sepas tipo Ale o tipo Lager. Generalmente, las de tipo Ale trabajan a condiciones ambientales (16 a 20 °C) mientras que las de tipo Lager, entre 8 y 14 °C. (Fix, 1999)

Figura 4: Características organolépticas de las levaduras de la empresa Fermentis



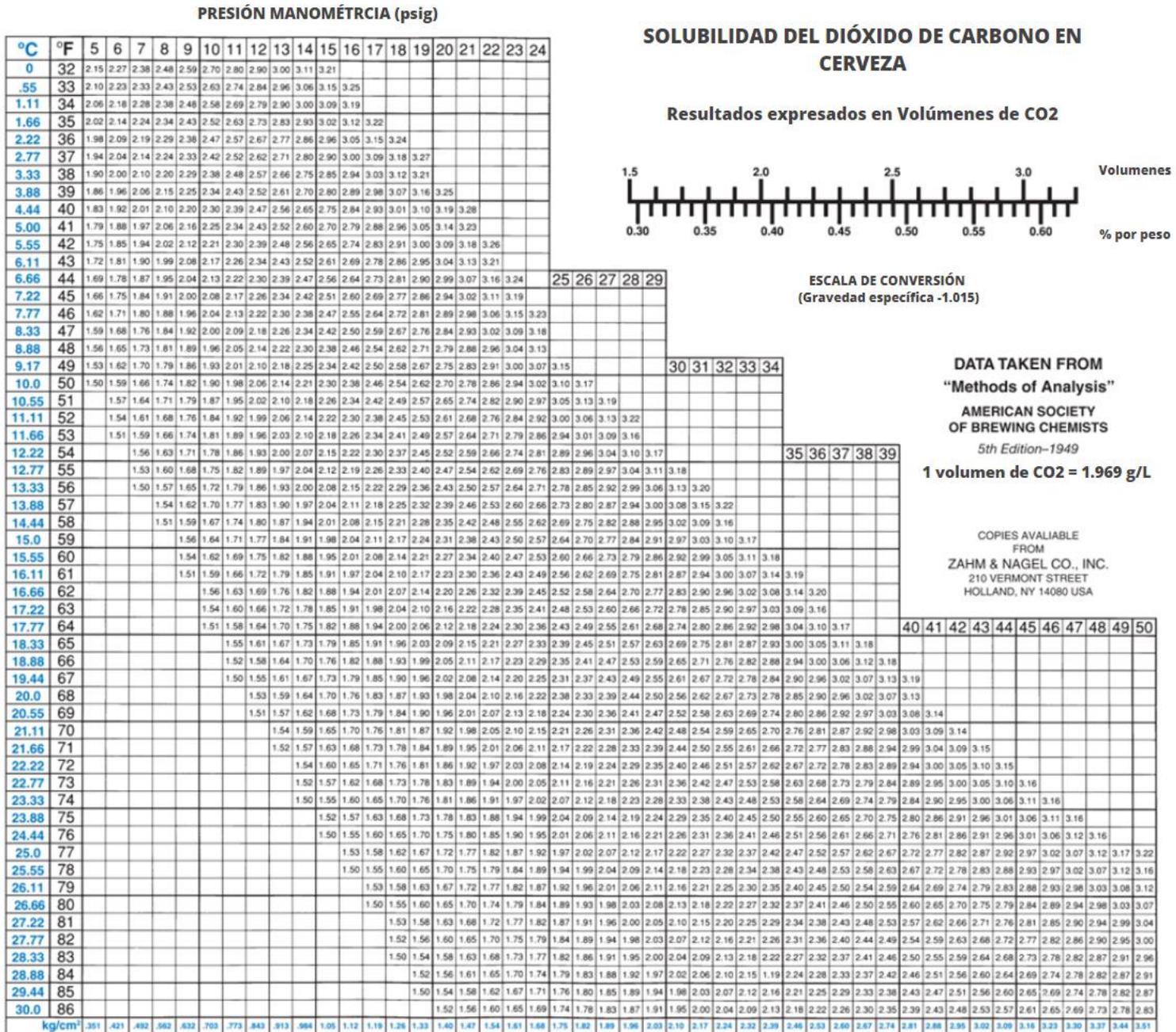
(Fermentis, s.f)

5. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es utilizado usualmente para la carbonatación forzada, la cual permite solubilizar el CO₂ al nivel que se desee. La industria cervecera ha desarrollado cuadros de solubilidad con base en el equilibrio químico entre el gas y la cerveza en función de la temperatura y la presión de cabeza,

la cual es la presión a la que se encuentra el tanque. Estos cuadros se basan en la ley de las presiones parciales y la ley de Henry (Fix, 1999).

Figura 5: Solubilidad del CO₂ en cerveza a partir de la temperatura y la presión manométrica o presión del *headspace*



proporcional a la presión parcial del gas sobre el líquido. La relación se puede expresar matemáticamente como:

$$y_i P = x_i H_i$$

Donde:

- H_i es la constante de Henry, la cual se determina con experimentación y se suele obtener en literatura
- y_i es la fracción del componente en la fase gaseosa
- x_i es la fracción del componente en la fase líquida

Esta ley se utiliza principalmente para determinar la fracción líquida de un gas cuando la temperatura crítica de dicho gas es significativamente menor que las condiciones de operación, como no es el caso de la ley de Raoult la cual describe la solubilidad de un gas en un líquido, pero requiere de la presión saturada a la temperatura de aplicación.

(Smith *et al*, 2007)

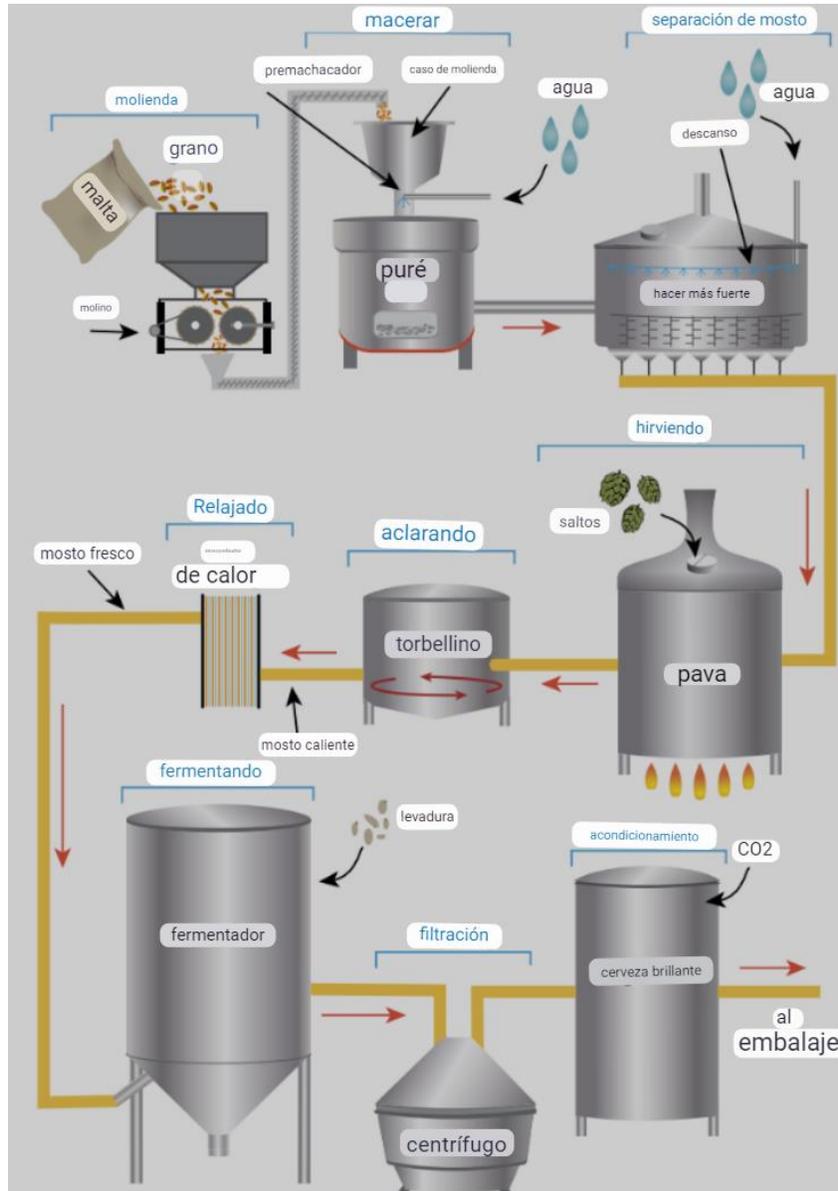
B. Producción de cerveza artesanal

La producción de cerveza artesanal mantiene el mismo esquema que la de una cerveza comercial. Las pautas para definir una cerveza artesanal se mantienen en dos términos; pequeña e independiente. El primero hace referencia al volumen producido, el cual se considera pequeño a una producción menor a 6 millones de barriles anuales. El segundo alude a que la cervecería solo puede pertenecer hasta el 25% a una empresa de bebidas alcohólicas (Brewers Association, s.f), Por lo tanto, el siguiente listado contiene el proceso de producción de una cerveza artesanal en forma general:

1. La malta y otros granos se trituran en una molinera.
2. El molido se guarda hasta ser utilizado en la maceración.
3. Antes de ser añadido al macerador, el molido se mezcla con agua caliente.
4. En el macerador, las enzimas de la malta provocan que el almidón de la cebada se convierta en azúcares, formando así el extracto.
5. El extracto se separa del particulado remanente por medio de un tonel de filtrado. El filtrado luego es lavado con agua caliente para remover los azúcares adheridos a este.
6. El mosto se ingresa a un hervidor, donde se agrega el lúpulo.
7. Los sólidos residuales se separan del mosto a través de un *whirlpool*.
8. El extracto limpio se enfría a través de un intercambiador de calor con el fin de conducirlo a un fermentador.
9. Se agregan las levaduras y se deja varios días fermentando.
10. Después del fermentado, la cerveza se deja acondicionar para que los subproductos de la fermentación sean reabsorbidos por la levadura.

11. Se carbonata la cerveza y luego se envasa.
(Farber y Barth, 2019)

Figura 6: Diagrama de producción de cerveza



(Farber y Barth, 2019)

Cuadro 1: Balance de masa teórico para la producción de cerveza

Equipos	Datos	Ecuaciones	Resultados
Molino	MP= 13,3 kg	C. Total MPT = MP	MPT = 13,3 kg
Macerador	MPT: 13,3 kg ρ_A : 1 000 Kg/m ³ VA: 0,1 m ³	D. Total Mm = MPT+MA MA = VA * ρ_A	Mm= 113,3 kg MA= 100 kg
Filtro	Mm= 113,3 kg Af = 20% Mm A=0,01m ³	E. Total Mf= (Mm – Af)+A	Mf= 102 kg Af= 23 kg A=10 kg
Tanque cocción	Mf= 102 kg Aj: 5,7 kg L = 0.3 kg	B. Total MC = Mf + Ad + L	MC = 108 kg
Fermentador	Le=1.0 Kg Mfilt= 108 kg $\rho = \frac{998.24Kg}{m^3}$ Vc= 0,1 m ³	Balance total Mfilt=C+Rf C=Vc* ρ	C = 99,83 kg Rf = kg

Cuadro 2: Balance de energía teórico para la producción de cerveza

Equipo	Datos	Ecuaciones	Resultados
Macerador	Ti:30 °C Tf: 71 °C Cp1: 3,2908 kJ/kg°C λ : 2 051,6 kJ/kg Mm= 113,3 kg	Qg+Qc=0 Qg=-Qc Qg=Mm* ΔT *Cp1 Qc=V1* λ V1=Qc/ λ	Qg=15 516,12 kJ Qc=-15 516,12 kJ V1=7,56 kg
Tanque de cocción	Te:30 °C Ts: 105 °C MC = 108 kg Cp2:3,2684 kJ/kg°C	Qg+Qc=0 Qg=-Qc Qg=MC* ΔT *Cp Qc=V* λ V=Qc/ λ	Qg=25 920 kJ Qc=-25 920 kJ V2= 12,63 kg
Calderas	P:0,784 mPa η : 0,8 $\Delta H_{\text{vaporsat}}$:2768,1 kJ/kg Pc: 43 064kJ/kg	V _{total} =V1 +V2 Qg+ η *Qc=0 Qc=-Qg/ η Qg= V _{total} * ΔH_{vapor} Qc= M _{comb} *Pc	V _{total} = 20,18 kg Qg= 55 860,26 kJ Qc= -69 825,32 kJ M _{comb} = 1,62 kg

Leyenda para los cuadros 1 y 2:

- MP: Masa de materia prima
- Vc: Volumen de cerveza
- MPT: Masa de materia prima triturada
- Le: Masa de levadura
- Mm: Masa mosto macerado
- E: Enzima
- Va: Volumen de agua
- ρ_a : Densidad del agua
- Ma: Masa de agua
- Aj: Adjunto
- Af: Afrecho
- C: Cerveza
- A: Agua que se adiciona en el filtrado
- R: Residuo del filtro
- Mfilt: Masa de mosto a la salida del filtro 2
- L: Masa de lúpulo
- Mf: Masa de mosto a la salida del filtro 1
- MC: Masa del mosto cocinado Rf: Residuo del fermentador
- Ti: Temperatura de entrada al macerador °C
- λ : Calor latente
- Tf: Temperatura a la salida del macerador °C
- Qc: Calor cedido kJ.
- Qg: Calor ganado kJ
- Te: Temperatura de entrada a los tachos °C
- Ts: Temperatura a la salida de los tachos °C
- ΔT : Variación de temperatura °C
- Cp1: Capacidad calorífica a la entrada del macerador
- Cp2: Capacidad calorífica a la entrada del tacho
- V1: Masa de vapor necesaria en macerador kg
- V2: Masa de vapor necesaria en los tachos kg

(Díaz, 2015)

1. Molienda

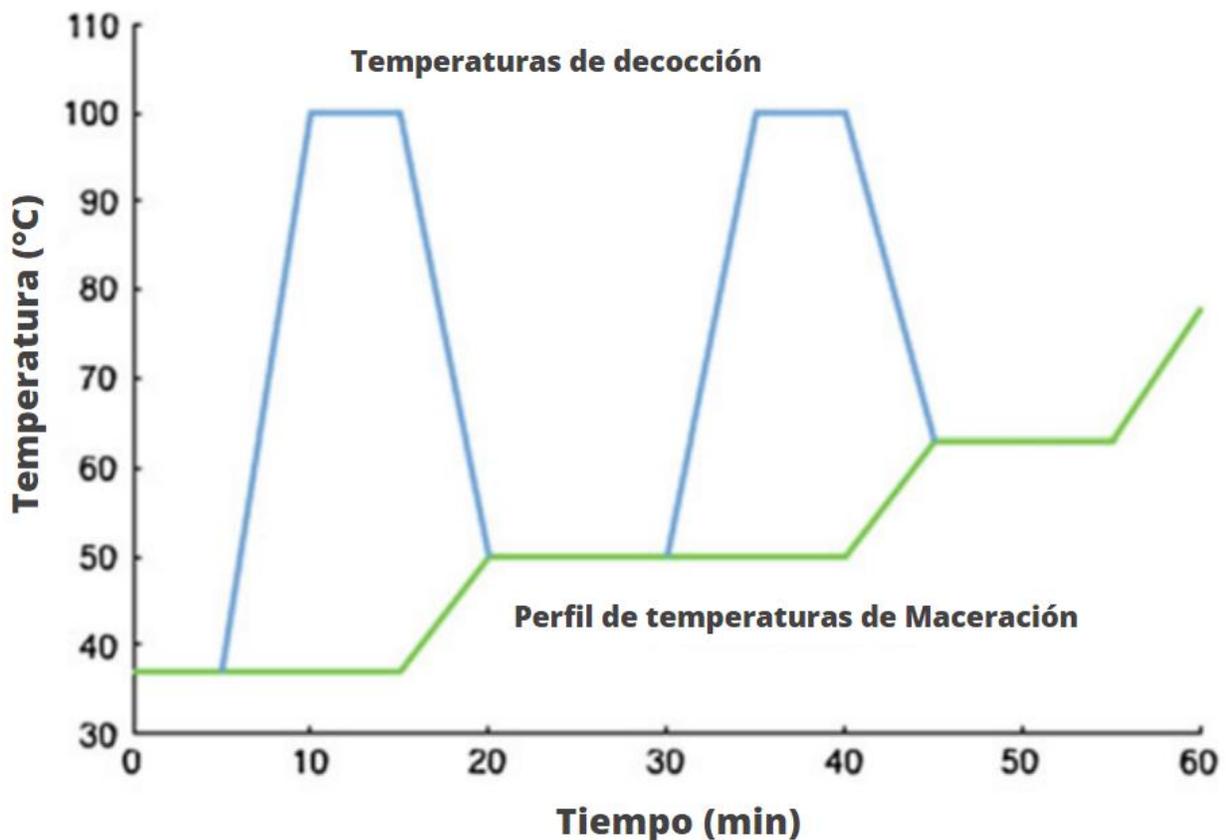
Su función es reducir el tamaño de partícula de la malta con el fin de aumentar la capacidad de extraer sus azúcares al exponerse a una mayor área superficial. Sin embargo, un tamaño muy reducido provocará impedimentos en el flujo del mosto. Además, en la etapa de filtración y *Sparging* se necesita que el cascabillo de la malta se encuentre en las mejores condiciones posibles, pues estos funcionan como cama de filtrado para la extracción de azúcares del mosto (Barth, 2013).

2. Maceración

La maceración es el proceso donde las enzimas amilasa de la malta se activan para convertir los almidones en azúcares fermentables y no fermentables. Además, otras enzimas degradan las proteínas en

aminoácidos, lo cual ayuda a mantener un medio de cultivo ideal para el crecimiento de la levadura en la fermentación. Para cumplir esto, los cerveceros tienen un horario de maceración, donde aumentan la temperatura gradualmente con el fin de maximizar la eficiencia de todas las reacciones enzimáticas que ocurren durante este proceso. Existen dos horarios de uso general: La decocción y el escalonado. La decocción se utiliza para recetas que requieran de sabores acaramelados y colores más oscuros en el producto final. Esta consiste en transferir una porción del macerado a un tanque de cocción, donde se aumenta hasta la temperatura de ebullición, y luego se devuelve al macerador. Esto se hace para propiciar las reacciones de Maillard, las cuales generan compuestos de sabores y colores a partir de azúcares y aminoácidos. En el horario escalonado, se sube la temperatura cada cierto tiempo con el fin de alcanzar la temperatura de operación de las amilasas sin provocar ninguna reacción secundaria (Mosher y Trantham, 2017).

Figura 7: Horarios de maceración



(Mosher y Trantham, 2017)

Existen dos tipos de amilasas dentro de la cebada: Las α -amilasa y las β -amilasas. Su diferencia principal es la forma en que degradan el almidón. La primera realiza una hidrólisis entre glucosas

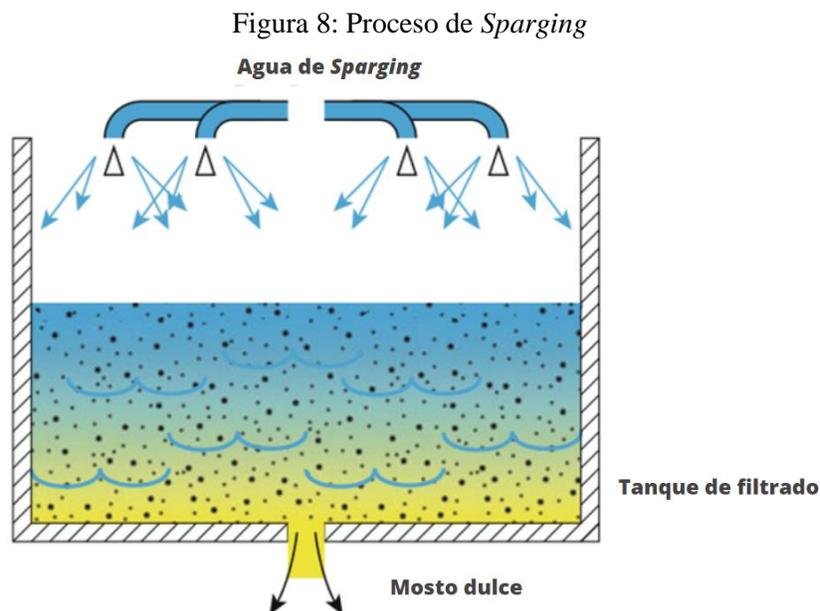
adyacentes dentro del almidón, lo cual produce polímeros de glucosa más pequeños, lo que se traduce a azúcares no fermentables. La temperatura donde produce mayor actividad la α -amilasa es entre 63 y 70 °C mientras que su pH óptimo se encuentra entre 5.6 y 5.8. Por otra parte, las β -amilasas hidroliza al almidón desde los extremos, lo cual hace que se generen maltosas y otros azúcares fermentables. La temperatura con mayor actividad está entre 55 y 65 °C, mientras que su pH óptimo está entre 5.4 y 5.6.

(Mosher y Trantham, 2017)

Al terminar la maceración, la temperatura aumenta por encima de la tolerancia de las enzimas con el propósito de desnaturalizarlas para que dejen de trabajar y, así, mantener constante la concentración de azúcares hasta llegar a la fermentación. Además, este aumento de temperatura también tiene la función de degradar la mayoría de las proteínas en aminoácidos para aumentar nutrientes esenciales de la levadura (Mosher y Trantham, 2017).

3. Filtración y Sparging

La filtración y *Sparging* son los procesos donde se lava el grano para extraer los azúcares formados por la amilasa en la maceración, y se separa la cama de granos del mosto. Para ello, se deja sedimentar todas las partículas sólidas y se rocían con agua de proceso a alrededor de 80 °C (Mosher y Trantham, 2017). Una vez hecho esto, el mosto se transfiere a un tanque con maya con el fin de separarlo del grano.



(Mosher y Trantham, 2017)

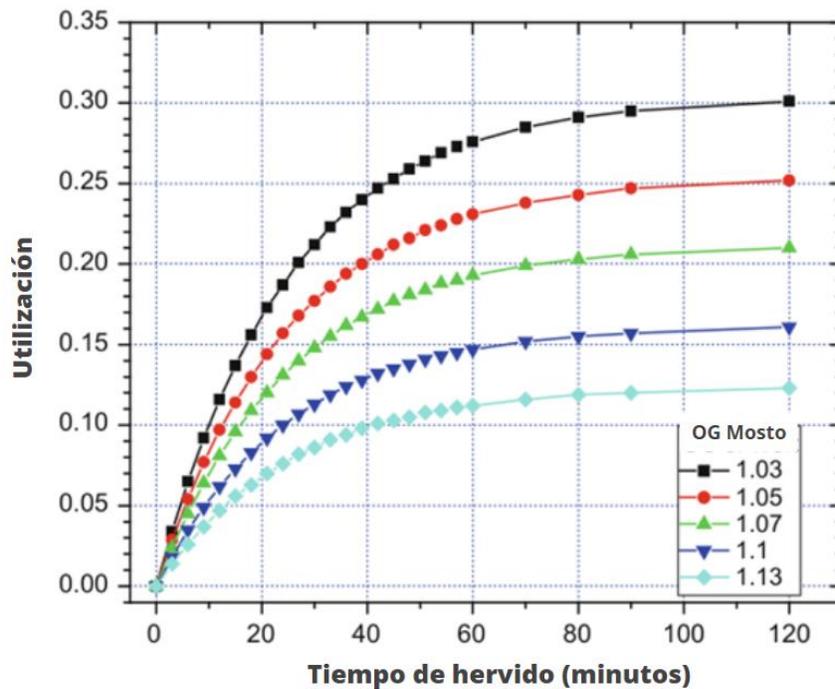
4. Hervido

El proceso de hervido tiene varias funciones. Entre ellas se encuentran:

1. Esterilización del mosto. Puesto que el mosto durante este proceso se encuentra rico en azúcares fermentables y aminoácidos, es un caldo potencial para cualquier microorganismo indeseado, por lo que las altas temperaturas aseguran la erradicación de estos.
2. Desnaturalización de proteínas. Se desnaturalizan todas las proteínas que todavía quedaban presentes después de la maceración.
3. Desgasificación del mosto. Esto es para evitar que el oxígeno reacciones con los azúcares fermentables.
4. Reducción de volumen. Se reduce el volumen añadido en el proceso de *Sparging* al evaporar el agua. Esta suele evaporarse alrededor del 10% por hora.
5. Conversión de ácidos del lúpulo. Las resinas del lúpulo se isomerizan para formar humulonas, los cuales son los causantes del amargor en la cerveza. La conversión de estos ácidos depende, principalmente, del tiempo desde que se añadió el lúpulo hasta terminar el hervido, la gravedad específica del mosto, donde se agrega el efecto de las sales disueltas, y el pH. Este comportamiento es conocido como el porcentaje de utilización, el cual se estima utilizando el modelo de Tinseth.

(Mosher y Trantham, 2017)

Figura 9: Modelo de Tinseth respecto a temperatura, tiempo y gravedad específica de mosto



(Mosher y Trantham, 2017)

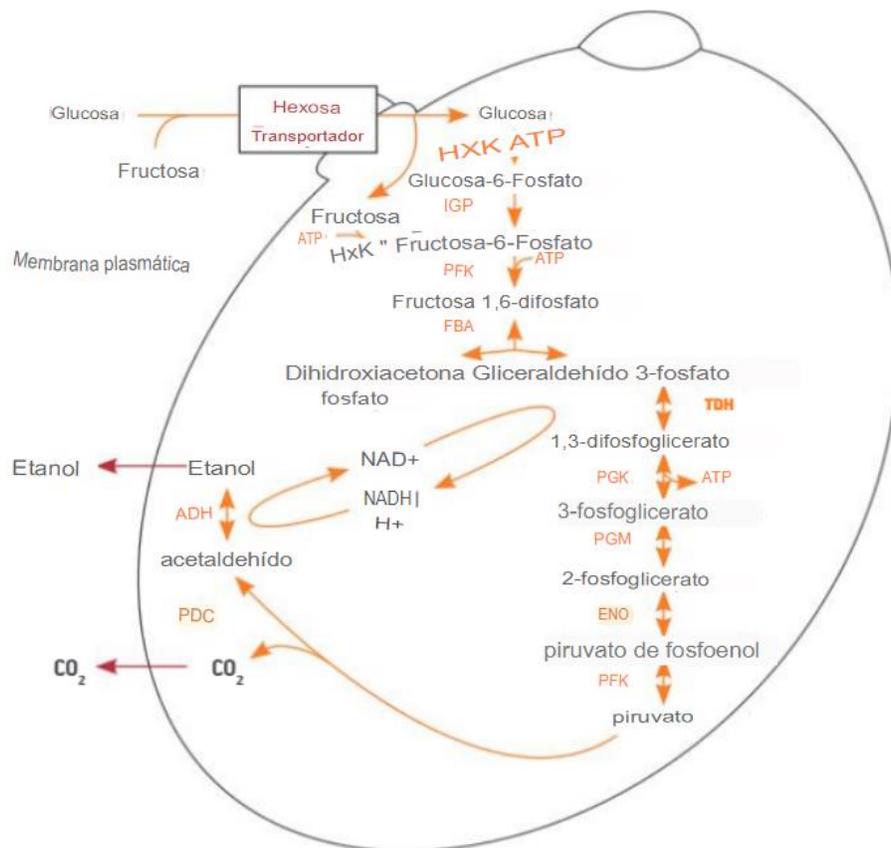
5. Fermentación

La fermentación cumple con la finalidad de generar el alcohol a partir de los azúcares fermentables generados en la maceración. Esta ocurre de forma anaeróbica con el fin de producir etanol, ya que la ruta aeróbica solo produce CO_2 y agua. Sin embargo, la levadura requiere de cierta concentración de oxígeno en su medio para producir algunos compuestos esenciales para su crecimiento (Barth, 2013).



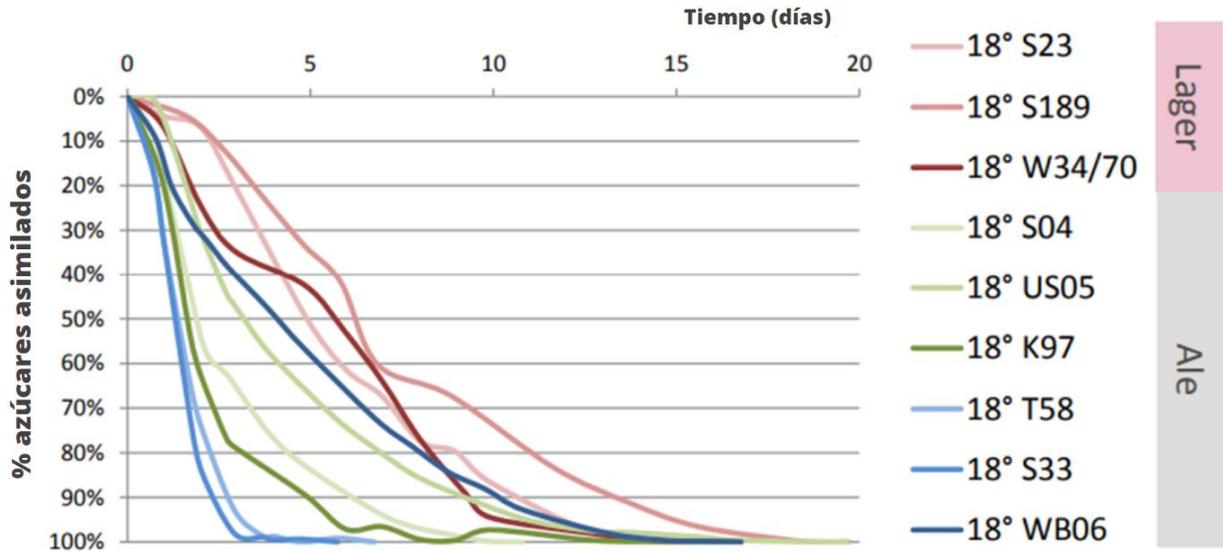
El proceso de fermentación tiene dos partes principalmente: La fermentación primaria, donde los azúcares se convierten en alcoholes y algunos esteres. Esta etapa suele durar entre 3 y 6 días, según la cepa seleccionada. Y la maduración, donde la actividad de los microorganismos es menor, ya que se realiza a una menor temperatura. Esta tiene el propósito de reabsorber subproductos como el DMS, lo cual influye al sabor del producto final (Fermentis, s,f).

Figura 10: Ruta metabólica de la fermentación alcohólica de una levadura típica



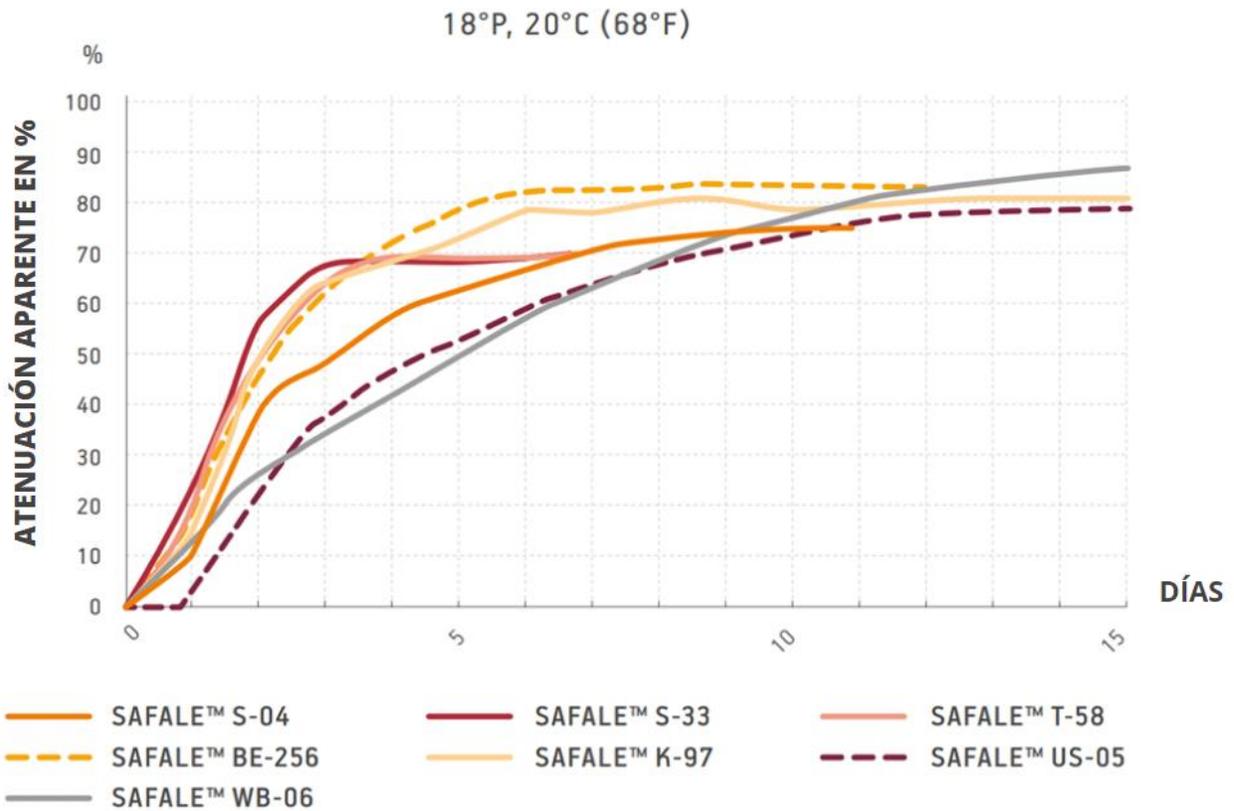
(Fermentis, s,f)

Figura 11: Consumo de azúcares reductores según el tipo de levadura a 18 °C



(Fermentis, s,f)

Figura 12: Atenuación aparente de la levadura US-05 y otras levaduras de la empresa Fermentis a 20 °C



(Fermentis, s,f)

6. Acondicionamiento

Se realiza con el fin de darle carácter a la cerveza y las siguientes características:

1. Inducir una segunda fermentación para la carbonatación de la cerveza.
2. Madurar los sabores y olores de la cerveza.
3. Reducir o eliminar el potencial de turbidez en el producto final.
4. Ajustar componentes que reduzcan o induzcan la formación de espuma.
5. Eliminar o reducir el crecimiento bacteriano.
6. Clarificar la cerveza.

Esto se hace a través de condiciones bajas de temperatura, entre 2 y 5 °C, y dejando el tiempo suficiente para que todas las características anteriores se den. Este proceso también se conoce como *Cold Crash*, donde todas las partículas que agregan turbidez, como la levadura y algunos subproductos de la fermentación, se sedimentan al desnaturalizarse por las bajas temperaturas.

(Mosher y Trantham, 2017)

7. Embotellado

La cerveza se transfiere a los llamados *Keg* para su dosificación en barril, la cual se suele utilizar en los bares. Mientras que los otros empaquetados se realizan en botella o lata, según preferencias del cervecero. Esta dosificación se hace presurizando la cerveza terminada con CO₂ para evitar que el volumen ausente de cerveza del envase tenga oxígeno, pues este es un riesgo para las propiedades organolépticas del producto terminado (Fix, 1999).

Materiales más comunes para empacar cerveza:

- Acero inoxidable
- Aluminio
- Vidrio

(Barth, 2013)

F. El marañón

El jocote marañón (*Anacardium occidentale*) es una fruta originaria del noreste de Brasil y se estima que fue domesticada antes de la llegada de los portugueses. Luego fue distribuida a lo largo de Centro América y del Caribe (Barry, 2011).

Esta fruta pertenece a la familia de las Anacardiácea, así como el mango, y el pistacho. El marañón es un receptáculo hinchado unido a la fruta compuesta por una cáscara sobresaliente y la carne. La semilla

de marañón no es comestible si está cruda, pues contienen ácidos endocárdicos dentro de la cáscara, el cual causa reacciones alérgicas y sarpullidos en la piel (Barry, 2011).

Este cultivo requiere de una precipitación anual entre 600 y 3800 mm de lluvia con un régimen estacional, pues el árbol requiere entre 4 y 6 meses de sequía para su floración y fructificación. Además, la temperatura ambiente debe estar entre 18 y 27 °C, puesto que, a temperaturas menores, el crecimiento decrece. Por otro lado, en una siembra directa, los árboles comienzan a fructificar a sus 4 años de vida y producen la fruta de forma anual cosechando entre los meses de febrero y mayo (Casaca, 2005).

La fruta de marañón contiene alrededor de 63 compuestos volátiles, de los cuales el 38% de ellos son ésteres. De estos, la mayoría se identificaron como ésteres metil y etil saturados.

Figura 13: Composición promedio del jocote marañón

Componente	Valor
Contenido de humedad	84.5–90.4%
pH	3.5–4.5
Contenido de sólidos solubles (SSC)	9.8–14.0 °Brix
Azúcares totales	7.7–13.2%
Acidez total valorable, como ácido málico	0.22–0.52%
Vitamina C	139–387 mg 100 g ⁻¹
Tanino	0.27–0.72%

Figura 14: Azúcares reductores totales para cada tipo de marañón según su color

Fruta de Marañón	CAJ				Residuo
	pH	R. Sugars	T. Sugars	Proteína	Celulosa
		(g/100g Peso fresco)			(g/100g Peso seco)
R1	5.01	5.07±0.06 ^{de}	7.30±0.00 ^f	2.79±0.01 ^f	17.01±0.14 ^{de}
Y1	5.45	9.43±0.17 ^{bc}	12.1±0.10 ^e	5.33±0.01 ^d	16.99±0.22 ^{de}
R2	5.49	1.76±0.01 ^f	3.66±0.01 ⁱ	1.48±0.01 ^h	16.36±1.63 ^e
Y2	5.06	11.4±0.29 ^{ab}	12.8±0.01 ^d	5.31±0.01 ^d	20.55±0.16 ^{cd}
R3	5.25	6.53±1.17 ^d	8.83±0.02 ^f	4.27±0.01 ^a	31.39±1.13 ^b
Y3	5.50	3.25±0.09 ^{ef}	5.57±0.03 ^h	3.32±0.01 ^f	42.13±0.68 ^a
R4	5.26	11.7±0.13 ^a	14.3±0.01 ^c	5.38±0.01 ^c	21.11±1.54 ^{cd}
Y4	5.54	13.3±0.34 ^a	15.1±0.01 ^a	6.21±0.01 ^a	19.55±0.39 ^{de}
R5	4.86	8.93±0.07 ^c	14.7±0.01 ^b	5.60±0.02 ^b	24.62±0.82 ^c

Donde R son marañones colore rojo y Y, marañones color amarillo (Sivaguranthan *et al*, 2010)

1. Tipos de marañón

El marañón *Anacardium occidentale* es una especie del género *Anacardium*, el cual consta con aproximadamente 22 especies, sin embargo, la que utiliza comercialmente es la *Anacardium Occidentale*. Las diferencias principales del marañón son el tamaño, su color (principalmente naranja y amarillo) y su forma. Sin embargo, todas estas variaciones son parte de la misma especie (De Brito, De Olivera y Rodríguez, 2018). En Guatemala existen dos especies identificadas de *Anacardium*: *Anacardium excelsum*, y *Anacardium occidentale*. Ambas especies se utilizan como fuente de alimentos (INAB, s.f), sin embargo, el fruto del segundo es sustancialmente más pequeño, y por tal motivo solo se comercia con el primero.

G. Perfil del consumidor de cerveza

Se estima que para el año 2018, alrededor del 40% de la población estadounidense es consumidora de cerveza artesanal, con un incremento anual del 2% en promedio desde el 2015. Por otro lado, el género dominante es el masculino siendo el 69% de la población que toma cerveza artesanal (Watson, 2018). Además, se estima que el rango de edades más común para un consumidor de cerveza artesanal en Estados Unidos es entre 21 y 44, siendo aproximadamente el 69% de la población bebedora de cerveza artesanal, lo cual indica que pertenecen en su mayoría a la generación X (Taylor y DiPietro, 2019). Estos datos son precisos para entender las tendencias mundiales, pues Estados Unidos es uno de los países con mayor macerado de cervezas artesanales, sin embargo, es preciso escatimar que estos datos pueden variar para el perfil de bebedor de cerveza artesanal guatemalteco. Sin embargo, por la carencia de estadísticas del perfil del consumidor de cerveza en Guatemala, se asume que es equivalente al perfil estadounidense. Por tanto, el perfil se resume a continuación:

- Tiene una edad entre 21 y 44 años.
- Es mayoritariamente masculino.
- Aproximadamente el 40% de la población es consumidor de cerveza artesanal.

H. Análisis estadístico

1. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra para diseños experimentales donde se desea evaluar grupos diferentes se calcula a través del tamaño de muestra para diseños ANOVA. Esta se deriva a partir de la potencia estadística y el tamaño de efecto. En la mayoría de las industrias se suele utilizar un nivel de significancia de 0.05 ($\alpha = 0.05$) y con una potencia de 0.8 ($\beta = 0.8$) (Cohen, 1988).

$$n = \frac{(k - 1) \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} + Z_{\beta} \right)^2 \sigma^2}{\delta^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra requerida por grupo

k = número de grupos (k = 3 por los 3 lotes de cerveza producidos)

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = valor crítico del nivel de significancia α

Z_{β} = valor crítico del nivel de significancia β

σ^2 = varianza entre grupos (S^2_{error})

δ = efecto mínimo detectable

2. Prueba F para varianzas

Se utiliza para determinar si existe igualdad de las varianzas en dos muestras. Esta supone que ambas muestras tienen la misma distribución, y que sean independientes entre sí. La hipótesis nula menciona que las varianzas de la muestra 1 y muestra 2 son iguales mientras que la hipótesis alternativa, las varianzas son diferentes (Anderson *et al*, 2012).

3. Prueba t para diferencia de medias

Esta es una prueba para determinar si la media entre dos muestras con población desconocida es significativamente diferente (Anderson *et al*, 2012).

4. Prueba de Kruskal-Wallis

Es el equivalente al análisis ANOVA para una muestra de datos no paramétrica. Se basa en el análisis de muestras aleatorias independientes de cada una de tres o más poblaciones. Este se utiliza para datos ordinales o cuantitativos sin la necesidad que las muestras tengan una distribución normal. La hipótesis nula de esta prueba se refiere a que todas las poblaciones son idénticas, por lo que la alternativa indica que al menos una de las poblaciones es diferente (Anderson *et al*, 2012).

$$H = \left[\frac{12}{n_T(n_T + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n_T + 1)$$

Donde:

H = Estadístico de prueba de Kruskal-Wallis

k = Número de poblaciones

n_i = Número de observaciones en la muestra *i*

n_T = Número total de observaciones en todas las muestras

R_i = Suma de los rangos para la muestra *i*

5. Prueba de Levene

La prueba de Levene se utiliza para determinar la existencia de varianzas iguales para varias muestras. Esta comprobación. La ventaja principal de utilizar esta prueba es que se acopla a la distribución de las muestras. En caso de no tener una distribución normal, se utiliza la media como parámetro principal. La hipótesis nula menciona que todas las varianzas son iguales, mientras que la alternativa especifica que no las varianzas de las muestras no son iguales (NIST, s.f).

V. ANTECEDENTES

La Cosaco, en México, diseñó una cerveza de marañón estilo Hazy IPA, con un ABV de 6.4% y 40 IBU. Esta posee una característica turbia. Posee una nota de 4.5 sobre 5 en la página UNTAPPOD, por lo que tiene buena aceptación del público (Untappod, s.f). Sin embargo, no se menciona ningún detalle sobre su producción. Otro caso de una cerveza de marañón es la diseñada por la cervecería Blackman Brewing, en Costa Rica, la cual es un estilo Sour Ale con ABV de 5.5%, el cual tampoco presenta ningún detalle sobre su producción.

La adición de frutas a la cerveza no es un tema nuevo para la industria de cervezas artesanales. Existen diversas formas de añadir el fruto, como la metodología presentada por la Home Brew Association, la cual depende según si la fruta está cortada, entera o si es el jugo. Para añadir una fruta entera, la fruta deberá añadirse en la post-fermentación teniendo cuidado de no contaminar la cerveza de algún microorganismo externo. Para ello, la fruta debe ser tratada por una pasteurización después de haber machacado la fruta, se deja calentar a 65°C por 15 min, o bien, se congela antes de añadirlo al fermentador. Por último, la fruta tratada se envasa en una bolsa y se añade al fermentador imitando una adición de lúpulo estilo *dry hop* (Home Brew Association, s.f).

VI. METODOLOGÍA

I. Materiales

1. Preparación de cerveza artesanal

Ingredientes

1. Malta Pilsen del proveedor IREKS, presentación de 25 kg
2. Malta Trigo del proveedor IREK, presentación de 25 kg
3. Lúpulo Centennial del proveedor Yakima Chief Hops, presentación de 1 lb
4. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ del proveedor Del Caribe
5. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ del proveedor Del Caribe
6. Ácido láctico EXCEL 88 del proveedor Del Caribe
7. Inhibidor de espuma Fermcap-S del proveedor BSG
8. Levadura SelfAle US-05 del proveedor Fermentis, presentación de 100 g
9. Fruta de marañón
10. Cuchillo de cocina
11. Tanque de dióxido de carbono tipo D, capacidad 6.1 lb, del proveedor Productos del Aire
12. Agua
13. Desinfectante paracético de 1 gal, del proveedor VIJUSA

Equipos e instrumentos

1. Speidels Braumeister 2016 (macerador, hervidor, y canasta filtrante)
2. Filtro de cartucho de carbón activado con sistema UV
3. Cubeta para dosificación de materia prima, capacidad de 40 L
4. Espátula dosificadora de materia prima
5. Molienda de rodillos dentados de la marca Briend
6. Estándar para medir separación de rodillos del molino
7. Potenciómetro de mano, marca Hach
8. Densímetro de densidad relativa, marca Briend
9. Termómetro de alcohol, marca Eisco
10. Refractómetro-hidrómetro con medición de gravedad específica y °Brix, marca Aichose
11. Balanza sobremesa de capacidad 50 kg, marca Baxtran
12. Balanza digital gramera, marca Steren
13. Tanque de almacenamiento para carbonatación, de 20 L (tanque de fermentación)
14. Keg de acero inoxidable, capacidad de 20 L
15. Mangueras de PVC

16. Probeta de 2 L
17. Cronómetro
18. Beaker de 500 mL y de 300 mL
19. Erlenmeyer de 1 L
20. Estufa eléctrica
21. Empacadora al vacío con sus respectivas bolsas
22. Papel aluminio
23. Refrigerador, marca Frigidaire
24. Latas de aluminio
25. Enlatadora, marca Cannular

2. Realización de panel sensorial

Materiales

1. Vasos de polipropileno de capacidad 2 oz
2. Paquete de galletas saladas de 12 unidades
3. Marcador permanente
4. Encuesta para panel sensorial
5. Cerveza Corona, presentación vidrio 12 fl oz
6. Cerveza de marañón, presentación lata 355 mL
7. 2 L de agua pura

II. Métodos

1. Preparación de cerveza artesanal con adición de marañón

*La explicación de la metodología se basó utilizando los datos del lote con adición en el hervido (LH)

Limpieza de los equipos e instrumentos previo a su uso

1. Para el Braumeister se enjuagó con una solución NaOH al 10%, luego se desaguó y se añadió una solución de HCl al 10% para ser desaguado nuevamente. Posteriormente, se agregó 10 L de agua y se dejó circulando agua a 38°C.
2. Para todos los demás instrumentos, se roció con una solución de desinfectante peracético al 10%, y se dejó durante 2 min antes de secarlo con un papel mayordomo.

Preparación de materias primas: Medición y molienda

1. Se midió (4.93 ± 0.01) kg de la malta Pilsen utilizando la balanza de sobremesa, agregando la materia prima a una cubeta previamente tarada.

2. Se calibró la separación de los rodillos utilizando el estándar de grosor, para una separación de 1.15 mm entre ambas superficies.
3. Se colocó otra cubeta en la parte inferior del molino, y se trituró la malta durante 3 min. Después se midió el triturado nuevamente para determinar las pérdidas de masa de la molienda
4. Se repitió el mismo procedimiento para (0.26 ± 0.01) kg de malta Trigo, exceptuando que la separación entre los rodillos se modificó para un grosor de 0.6 mm a partir del estándar de grosor.

Preparación de agua de proceso

1. Se midió la dureza y el pH del agua de alimentación previamente, y se determinó las cantidades necesarias de sulfato de calcio, cloruro de calcio y ácido láctico con el fin de ajustar el agua para un pH de 5.2. Para ello se llenó el Braumeister hasta 25 L y, utilizando la balanza digital gramera y un beaker de 500 mL, se midió (4 ± 0.5) g de sulfato de calcio, y (3 ± 0.5) g de cloruro de calcio.
2. Se agregó aproximadamente 30 mL al beaker para luego dosificar las materias primas al Braumeister.
3. Posteriormente, se realizó el mismo procedimiento para agregar (8 ± 0.5) g de ácido láctico.

Preparación del marañón

1. Se lavó el lote de marañón utilizando agua a temperatura ambiente, y se cortó uno a uno en rodajas de 0.5 cm aproximadamente con un cuchillo de cocina.
2. Para la adición de marañón en el post-fermentado (LF), las rodajas se sellaron al través de una selladora al vacío.
3. Posteriormente, se guardaron en una bolsa plástica y se refrigeraron hasta ser utilizados en la producción.

Maceración

1. Se configuró el Braumeister para aumentar la temperatura del agua hasta 55°C
2. Se colocó el *malt pipe* con su respectivo sello, junto a las mallas inferiores. Después, se agregó la malta triturada y se colocó las mallas superiores. Por último, se aseguró el *malt pipe* utilizando la barra de seguridad y una tuerca mariposa.
3. Se extrajo una muestra de 30 mL utilizando un beaker de 300 mL. Se esperó a que la temperatura llegara a la de ambiente (23°C) y se midió el pH utilizando un potenciómetro de mano para asegurarse que el pH de maceración estuviera entre 5.3 y 5.6. De no ser el caso, se añadió más ácido láctico.
4. Se encendió la bomba del Braumeister, se colocó la tapadera del Braumeister y se elevó la temperatura a 62 °C por 50 min.
5. Al terminar, se apagó la bomba, se levantó la tapadera y se retiró el tubo de seguridad para levantar el *malt pipe*, el cual se dejó escurrir por 10 min.

6. Se colocó nuevamente la tapadera, y se configuró el Braumeister para aumentar la temperatura a 74°C durante 10 min,
7. Se retiró el *malt pipe* del Braumeister, y se transfirió la malta a una cubeta, la cual se taró previamente para medir la masa extraída con la balanza de sobremesa.

Hervido

1. Se midió (14 ± 0.5) g del lúpulo Centennial en un beaker de 300 mL previamente tarado utilizando la balanza digital gramera
2. Se retiró la tapadera del Braumeister y se configuró para aumentar la temperatura hasta la temperatura de evaporación del mosto (92.5 °C) durante 60 min.
3. Se añadió el lúpulo al Braumeister al empezar el tiempo de hervido, y se agregaron 4 gotas del inhibidor de espuma.
4. En los últimos 10 min, se añadió (1.81 ± 0.01) kg de marañón previamente descongelado. Este paso se omitió para los lotes con adición en post-fermentación.
5. Al finalizar, se colocó un serpentín para reducir la temperatura del mosto a 25°C, por lo que se montó un sistema de flujo de agua de alimentación a partir de un par de mangueras de PVC.
6. Se midió el flujo del serpentín utilizando una probeta de 2 L y se tomó el tiempo con un cronómetro. Además, se midió la temperatura inicial del agua utilizando un termómetro de alcohol.
7. Se midió el tiempo total de enfriamiento para determinar la cantidad de agua utilizada durante este proceso, el cual fue de 936 s.

Preparación de la levadura

1. Se añadió 300 mL de agua a un Erlenmeyer de 1 L, y colocó en una estufa eléctrica hasta alcanzar la temperatura de ebullición (93°C) por 10 min.
2. Se tapó el Erlenmeyer con un pliego de papel aluminio y se esperó hasta alcanzar la temperatura ambiente (23°C)
3. Se midió (12 ± 0.5) g de levadura SafeAle US-05 en un beaker de 300 mL previamente tarado utilizando la balanza digital gramera.
4. Se eliminó agua del Erlenmeyer hasta tener 120 mL de agua aproximadamente, y se agregó la levadura.
5. Se esperó a que la levadura empezara a producir espuma antes de inocular el mosto.

Fermentación y maduración

1. Se dejó sedimentar las partículas sólidas del mosto durante 10 min, y se transfirió al tanque de fermentación. Además, se tomó una muestra del mosto para medir su gravedad específica utilizando un refractómetro, el cual proporcionó la gravedad original (OG) de 1.06 ± 0.005

2. Se corrigió la OG a 1.05 ± 0.005 agregando (2.85 ± 0.01) kg de agua de proceso para mantener las condiciones de diseño, y se cerró el tanque con su tapa y empaque.
3. Se colocó una gaza al tanque de fermentación para insertar el sensor de temperatura del refrigerador, y se configuró el set-point a 19°C.
4. Se colocó una manguera en el dispensador del tanque con el fin de realizar una trampa de CO₂ utilizando un beaker de 500 mL lleno de agua, y se esperó durante 14 días para que la cerveza fermentara y se madurara.
5. Se configuró el refrigerador a una temperatura de 2°C por 48 h para realizar el *Cold Crash*.

Adición de marañón en la post-fermentación

*Este procedimiento se realizó solo para los lotes con adición de marañón en la post-fermentación (LF)

1. Se esperó hasta llegar al día 7 de fermentación para realizar este procedimiento.
2. Se añadió 20 L de agua al Braumeister y se configuró para aumentar la temperatura a 60 °C por 30 min
3. Se colocó el *mash pipe* y las mallas para ingresar las bolsas de marañón al vacío, previamente descongeladas, y se encendió la bomba del Braumeister.
4. Se abrió la tapa del tanque de fermentación y se añadió el marañón sin tocarlo con las manos.

Acondicionamiento y embotellado

1. Se colocó una manguera de PVC en ambas entradas del tanque de fermentación, una dirigida a un Keg de 20 L, y otra dirigida a un tanque de CO₂.
2. Se transfirió la cerveza verde a presión utilizando el tanque de CO₂, y se presurizó el keg a 20 psig.
3. Se tomó una muestra, y se midió la gravedad específica (FG) con un densímetro de densidad relativa, la cual resultó de 1.010 ± 0.005 .
4. Se configuró el refrigerador para disminuir la temperatura a 5 °C y se dejó carbonatar por 48 horas.
5. Se transfirió el producto terminado a unas latas de aluminio por medio de presión con CO₂ para evitar la oxigenación de la cerveza.

Medición de azúcares y etanol

1. Se tomaron 3 muestras de cada lote antes de carbonatar, y se mandó al laboratorio de química de la Universidad del Valle de Guatemala.
2. Se realizó una curva de calibración con patrones de glucosa, fructosa, sacarosa, etanol y metanol.

Análisis estadístico para los lotes terminados

1. Los siguientes análisis se computaron utilizando el software Office Excel 2016.
2. Con el propósito de realizar una prueba t para diferencia de medias, primero se determinó la existencia de homogeneidad de varianzas a través de la prueba F de varianzas.

3. Después de determinar que las varianzas eran homogéneas, se realizó la prueba t para diferencia de medias con varianzas iguales para los lotes LH y LF-1.
4. Se realizó un segundo lote de marañón con adición en post-fermentación (LF-2), ya que los primeros análisis sensoriales indicaron que el lote LF era superior en sabor al LH. Esto con el fin de comprobar que la receta es replicable.

1. 2. Realización del panel sensorial

2. Se utilizaron los 3 lotes de marañón producidos, y la cerveza Corona como control, y se enumeraron para luego ser ordenados de forma aleatoria.
3. Se dirigió a cada panelista a su respectivo lugar, y se le proporcionó 4 muestras diferentes, 1 vaso con agua, y una galleta salada.
4. Se les entregó a los panelistas una encuesta a través de *Google Forms*, la cual indicaba las instrucciones como se describirán a continuación:
 - a. Tome la muestra 1, olfateela, véala y saboréela para responder lo siguiente. Al finalizar, tome muerda un pedazo de galleta y enjuáguese con el vaso de agua proporcionado:
 - i. Del 1 al 10, ¿qué tal le pareció el olor de la muestra 1? Siendo 10 que le gustó mucho y 1, que no le gustó nada.
 - ii. Del 1 al 10, ¿qué tal le pareció la apariencia de la muestra 1? Siendo 10 que le gustó mucho y 1, que no le gustó nada.
 - iii. Del 1 al 10, ¿qué tal le pareció el sabor de la muestra 1? Siendo 10 que le gustó mucho y 1, que no le gustó nada.
 - iv. Del 1 al 10, ¿qué tal le pareció muestra 1 en general? Siendo 10 que le gustó mucho y 1, que no le gustó nada.
 - v. Comentarios sobre la muestra (Opcional)
 - b. Realizar el mismo procedimiento para las demás muestras y, al terminar, responda lo siguiente:
 - i. ¿Sintió el marañón en alguna muestra?
 - ii. ¿Le gusta la fruta del marañón?
 - iii. ¿Cuál muestra fue la más diferente en general?
 - iv. ¿Cuáles muestras eran las más parecidas en general?
 - v. Ordene las muestras según qué tan bien le pareció, siendo 1 la que más le gustó y 4, la que menos.

Análisis estadístico de las muestras

1. Los siguientes análisis se computaron utilizando el lenguaje de programación Python 3.9.7, con la librería `scipy.stats` 1.9.1.
2. Puesto que las muestras se calificaron de forma subjetiva y ordinal, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para comprobar si existe una diferencia significativa entre las muestras para cada pregunta.
3. Por la razón anterior, se requirió determinar la homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Levine de homogeneidad de varianzas, pues los datos ordinales no tienen una distribución normal.
4. Para las preguntas de comparación entre muestras, se realizó un análisis de frecuencia para determinar cuáles opciones eran las más escogidas.

III. RESULTADOS

Cuadro 3: Condiciones e ingredientes para la preparación de una cerveza tipo Pilsen con adición de la fruta del marañón

Características	
Propiedad	Valor
Volumen de producción	20 L
Porcentaje de alcohol (ABV)	5%
Grados IBU	16
Atenuación Aparente (AA)	0.79
Gravedad original (OG)	1.048
Gravedad final (FG)	1.010
Nivel de carbonatación (Vol.)	3.14
Relación iones $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$	1.45
Ingredientes	
Malta Pilsen	95% (5.21 kg)
Malta trigo	5% (0.26 kg)
Marañón	1.81 kg
Lúpulo Centennial	14.4 g
Levadura US-05 (tipo Ale)	12 g
Condiciones de operación	
pH de maceración	[5.2, 5.6]
Temperatura de maceración	62 °C
Temperatura de fermentación	19 °C

Ver cálculos del 1 al 6

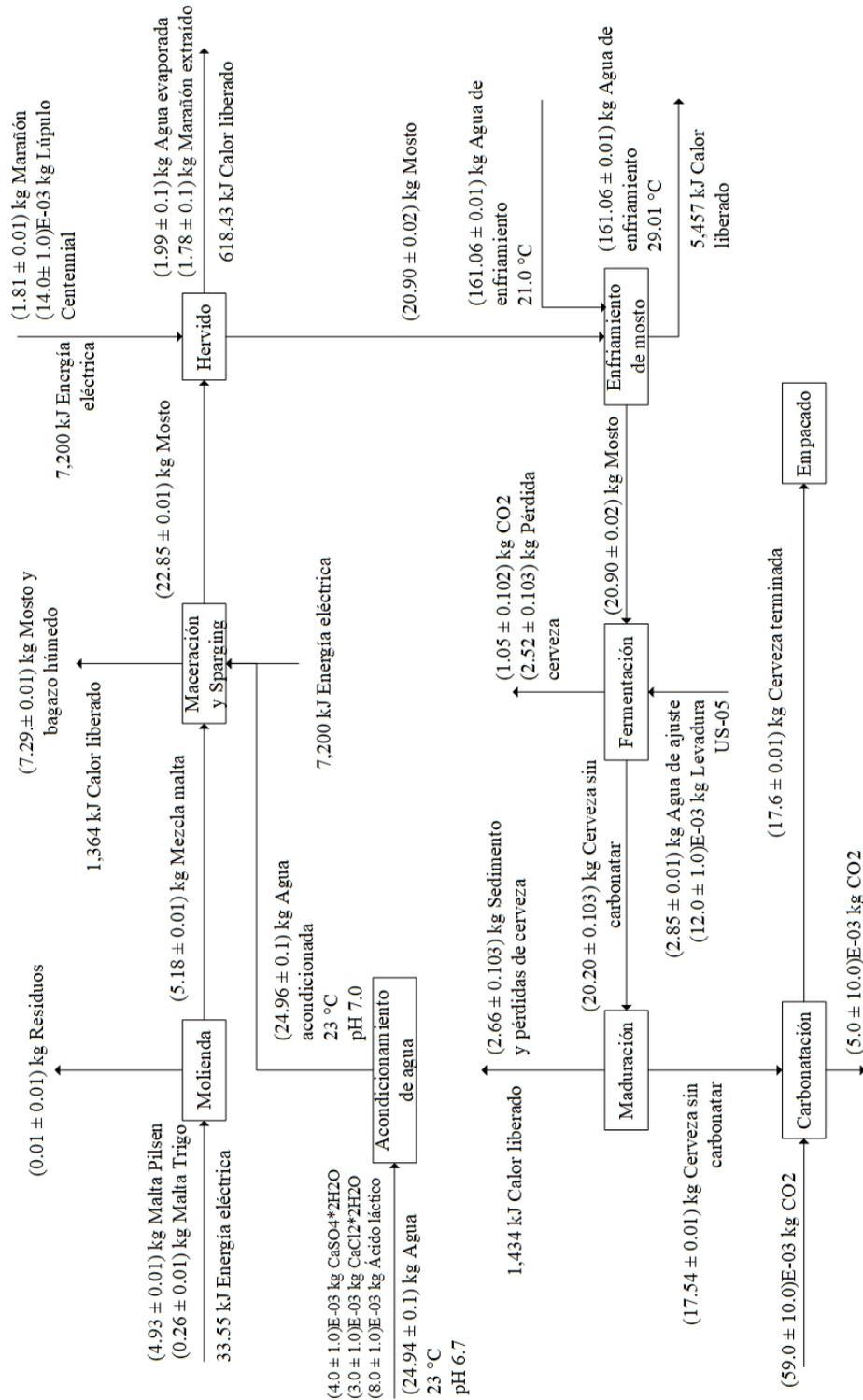
Cuadro 4: Características de los lotes de cerveza producidos

Lote	LH*		LF-1*		LF-2*	
	Resultado	% Error**	Resultado	% Error	Resultado	% Error
Volumen de producción (L)	17.7	11.4	19.5	2.3	19.5	2.5
ABV%	6.0	19.2	4.3	13.8	5.0	0.4
AA%	78.7	0.4	79.6	0.7	80.0	1.3
OG	1.047	0.1	1.049	0.1	1.050	0.2
FG	1.010	0.0	1.010	0.0	1.010	0.0
Vol.	3.1	2.9	3.0	3.2	3.1	1.3
pH Maceración	5.3	1.9	5.4	0.0	5.6	3.7

*LH: Lote con adición de marañón en el proceso de hervido; LF-1: Lote 1 con adición de marañón post-fermentación; LF-2: Lote 2 con adición de marañón post-fermentación

**Error con base en los datos del Cuadro 3. Ver cálculo 20 en anexos.

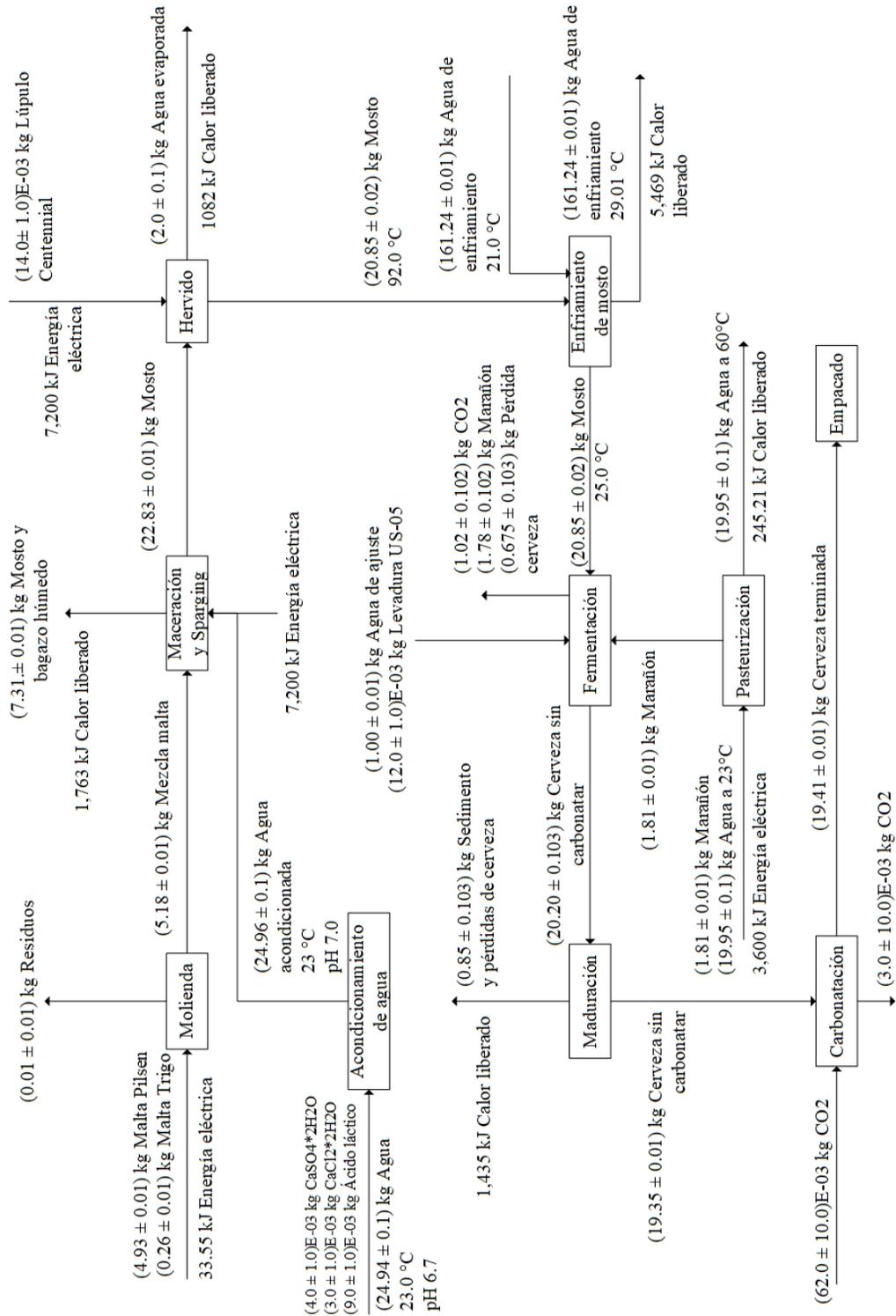
Figura 15: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en el proceso de hervido (LH)



Ver cálculos del 8 al 17 en anexos. Datos medidos a temperatura ambiental, 23°C y presión atmosférica,

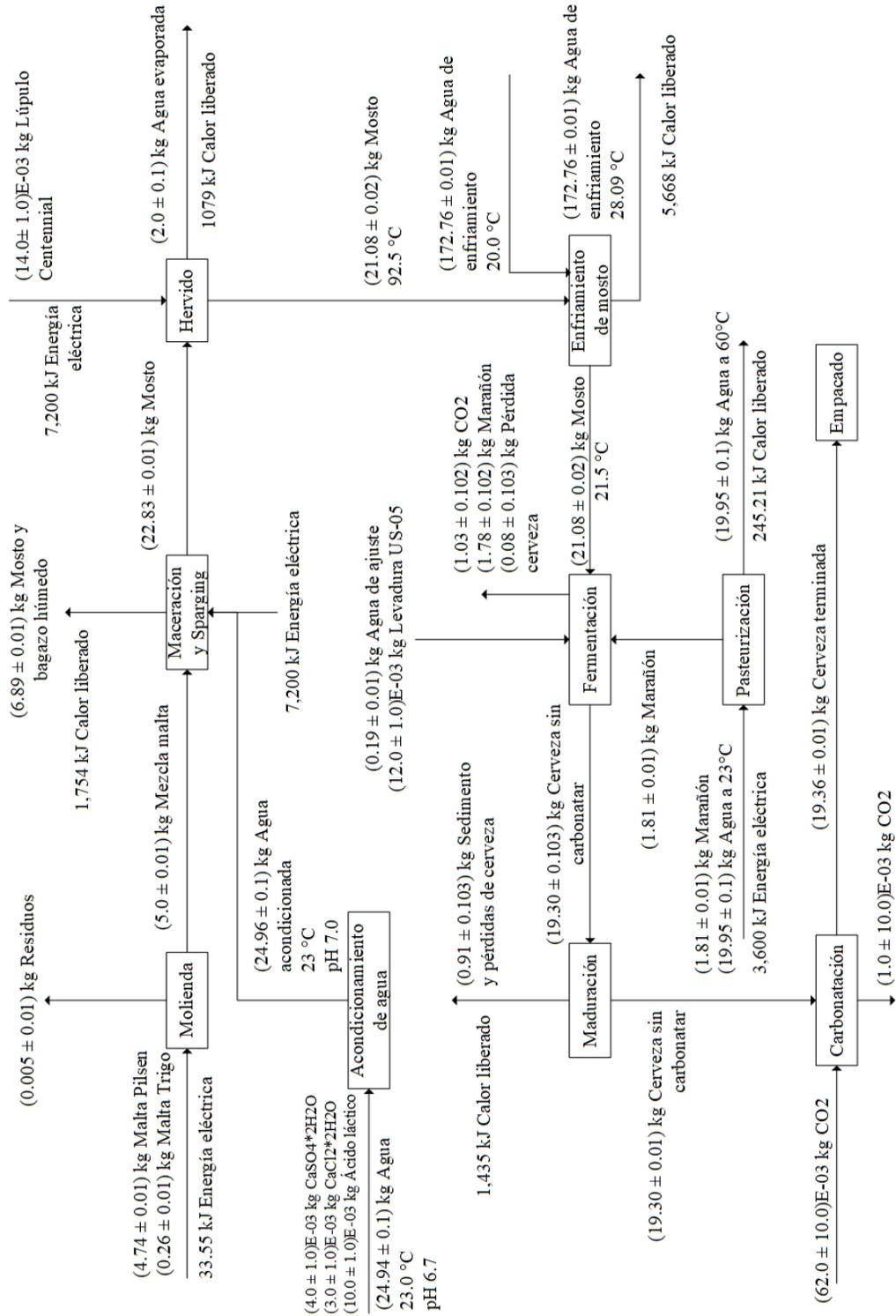
0.77 atm

Figura 16: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en post-fermentación (LF-1)



Ver cálculos del 8 al 17 en anexos Datos medidos a temperatura ambiental, 23°C y presión atmosférica, 0.77 atm

Figura 17: Balance de masa y energía para la producción de cerveza con adición de marañón en post-fermentación (LF-2)



Ver cálculos del 8 al 17 en anexos. Datos medidos a temperatura ambiental, 23°C y presión atmosférica,

0.77 atm

Cuadro 5: Resumen de consumo de auxiliares para la producción de cerveza artesanal con adición de marañón

Tipo de consumo	LH*	LF-1*	LF-2*
Energía eléctrica utilizada (kJ)	15,837	19,437	19,437
Pérdidas energéticas (kJ)	1,982	3,091	3,078
Influencia del marañón (kJ)	467.27	3,600.00	3,600.00
Energía de marañón (%)	2.95	18.52	18.52
Total de agua utilizada (L)	189.32	207.64	218.38
L Agua / L cerveza producida	10.68	10.63	11.20

*LH: Lote con adición de marañón en el proceso de hervido; LF-1: Lote 1 con adición de marañón post-fermentación; LF-2: Lote 2 con adición de marañón post-fermentación

Cuadro 6: Resultados de la prueba T de diferencia de medias entre los lotes LH y LF-1

Parámetro	Prueba F de Varianzas	Prueba t diferencia medias
Media LH	5.958	5.958
Media LF-1	4.311	4.311
Varianza LH	0.051	0.051
Varianza LF-1	0.016	0.016
alpha	0.050	0.050
valor p	0.245	0.000
Rechazo Ho*	No	Si

*Ho para prueba F de varianzas: Varianza de muestras son iguales; Ho para prueba t diferencia de medias: Medias iguales entre muestras

**Los cálculos realizados para la determinación de las pruebas de hipótesis fueron utilizando la aplicación de Office Excel 2016

Cuadro 7: Comparación de ABV% entre los distintos lotes

% Diferencia absoluta**	LH*	LF-1*	LF-2*
LH	0		
LF-1	16.8	0.0	
LF-2	27.6	13.0	0

*LH: Lote con adición de marañón en el proceso de hervido; LF-1: Lote 1 con adición de marañón post-fermentación; LF-2: Lote 2 con adición de marañón post-fermentación

**Diferencia absoluta calculada a partir del promedio de las lecturas del Cuadro 8.

Figura 18: Resultados del análisis organoléptico para cada lote

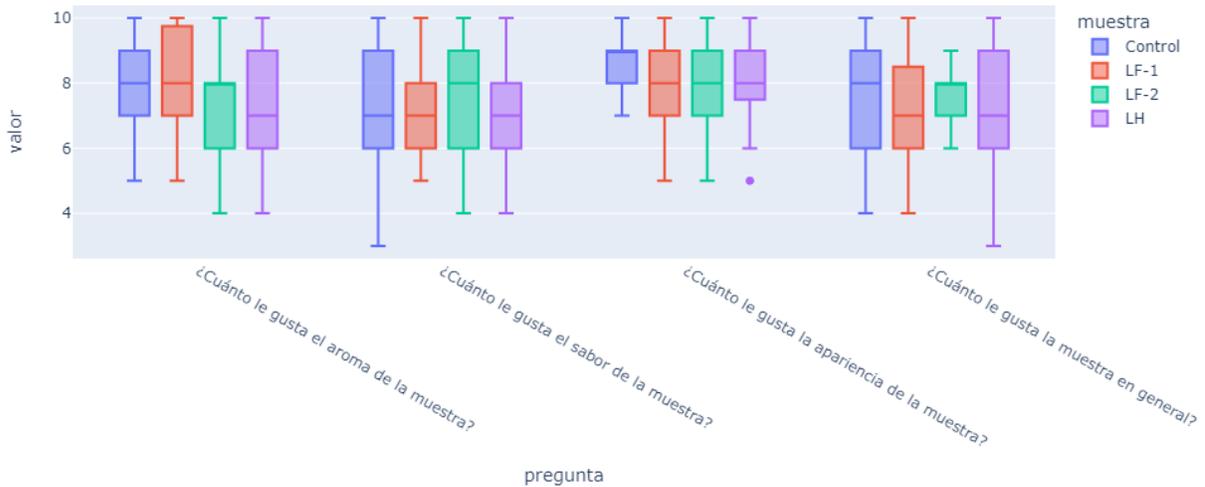


Figura 19: Resultados sobre cuáles eran las muestras que más se parecían en general

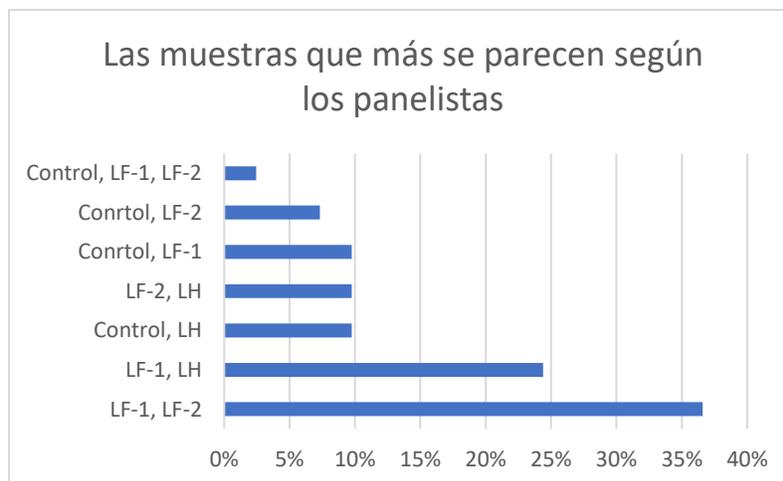
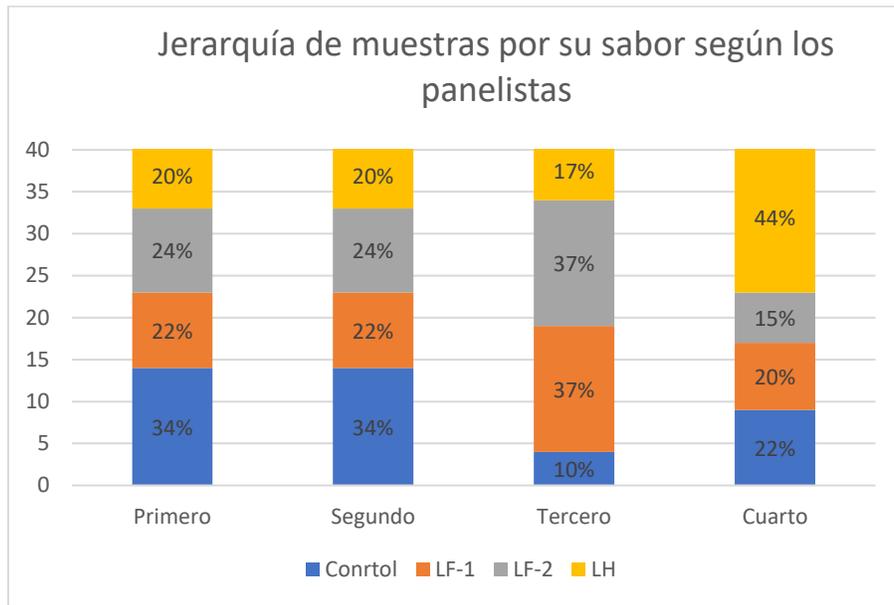


Figura 20: Resultados sobre la jerarquía de sabores entre las muestras



Donde “Primero” es la muestra que más les gustó a los panelistas y “Cuarto”, la muestra que menos gustó

Figura 21: Resultados para la pregunta “¿Cuál fue la muestra más diferente en general?”

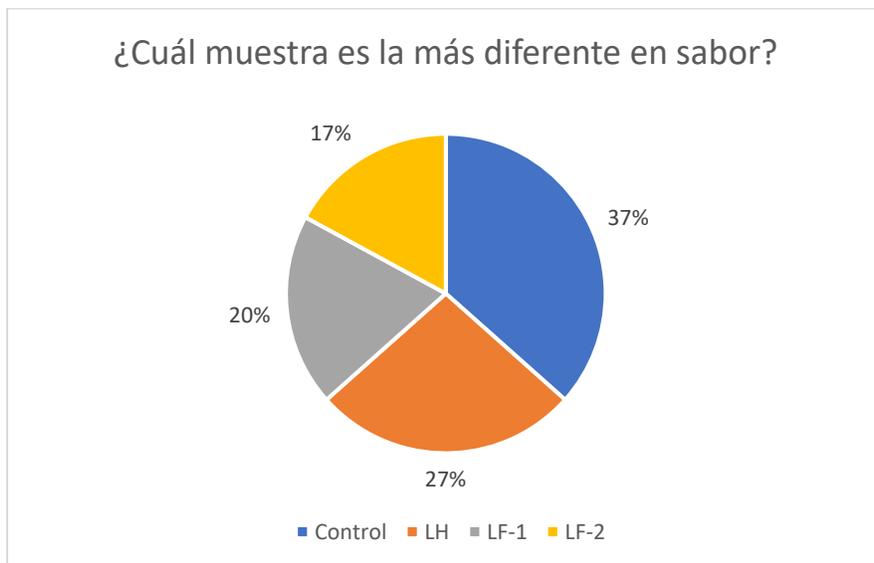


Figura 22: Resultados para la pregunta “¿Sintió el sabor o aroma del marañón?”

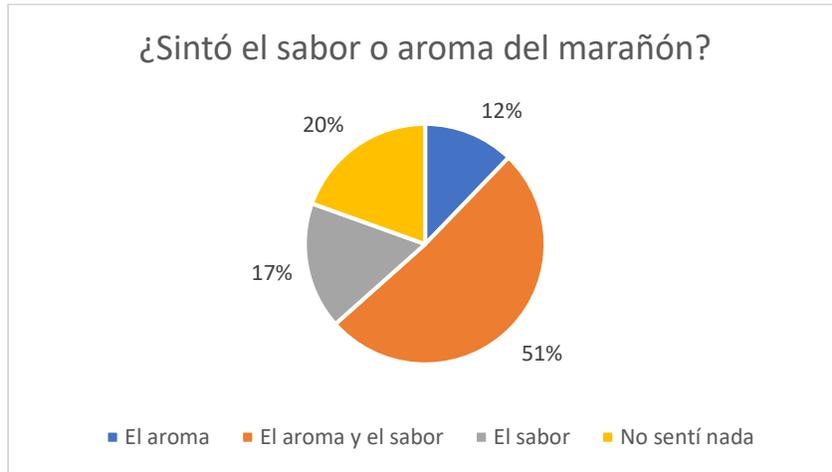


Figura 23: Resultados para la pregunta “¿Le gusta la fruta del marañón? (la carne, no la semilla)”

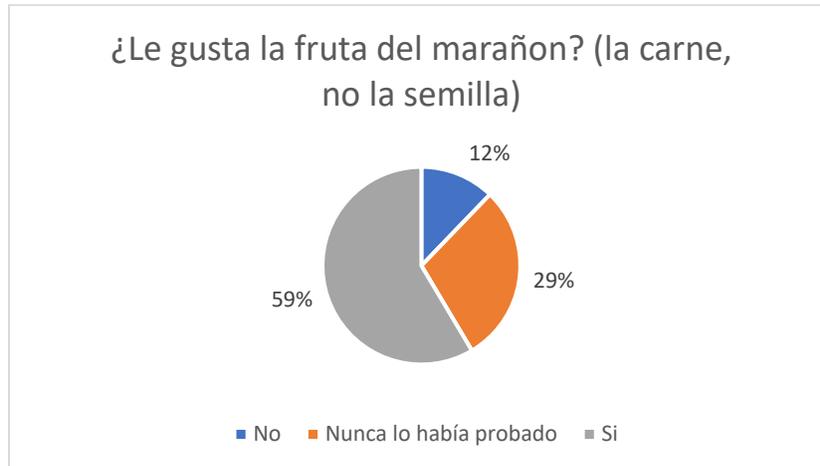


Figura 24: Resultados para la pregunta “¿Ha probado las cervezas artesanales?”



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer análisis involucrado en el Trabajo de Graduación es la determinación de una receta para la producción de cerveza artesanal con adición de marañón, expresada en Cuadro 3. Para diseñar una cerveza, primero se deben definir el porcentaje de alcohol en volumen (ABV%) del producto final, el cual está regido por la atenuación aparente producida por la levadura (AA%), y el nivel de amargor que se desea experimentar, representado en el índice internacional de amargor, o grados IBU. En el caso de este Trabajo de Graduación, la atenuación aparente se estableció como del 79%, ya que experiencias pasadas en la planta de producción Quiscalus S.A, la levadura seleccionada produce este valor. Además, el fabricante de la levadura reporta en las fichas técnicas que la atenuación se encuentre entre 78% y 81%. Por otra parte, el ABV% establecido fue del 5%, pues es una cantidad de alcohol que presenta un perfil de sabores estándar en una cerveza terminada, lo cual replican en las cervezas comerciales (Mosher y Trantham, 2017). Las condiciones de ABV% y AA% determinaron que la gravedad original del mosto (OG) y la final (FG) deberían ser de 1.048 y 1.01, respectivamente (ver cálculo 1 en anexos). Asimismo, la malta seleccionada fue Pilsen debido a que su perfil de sabores es suave, ya que su proceso de malteo produce un tueste leve y, así, también su sabor. Por consiguiente, se optó por añadir malta de Trigo debido a su alto contenido de proteínas que fomentan la retención de espuma, lo cual ayuda mantener los aromas por más tiempo (Eblinger, 2009) Esta característica fue esencial para reducir los sabores predominantes de la cerveza con el fin de resaltar el sabor del marañón. Por la misma razón se determinó que el lúpulo debía agregar únicamente amargor a la cerveza y, puesto que se le está añadiendo una fruta, se optó por utilizar el lúpulo Centennial debido a que su perfil organoléptico es frutal. Por otro lado, los grados IBUs se determinaron a partir de la búsqueda de un sabor neutro, por lo que poco amargor es adecuado: Y por esta razón los grados IBUs de diseño fueron de 14, y por esta misma razón, se optó por tener una relación de sulfatos y cloruros mayor a 1, además de cumplir con el acondicionamiento del agua de proceso para tener un pH de maceración entre 5.3 y 5.6.

Además, se determinó que los volúmenes de CO₂ serían de 3.14 debido a que el marañón es una fruta que se cosecha en la época de verano en Guatemala, y las bebidas carbonatadas se asocian con una sensación refrescante (Palmer, 2006). Por tanto, una cerveza sobre carbonatada encaja con la temporada que más se produciría esta cerveza. Por último, la levadura evaluada para la elaboración de esta cerveza fue la US-05 del fabricante Fermentis. Esto es debido a que posee una de las mayores AA% de su repertorio, lo cual reduce la masa de las maltas comparado con una levadura de menor AA%, y sus condiciones de operación se encuentran más cercanas a la temperatura ambiente. Además, como se muestra en la Figura 4, el perfil del producto final fermentado por esta levadura es equilibrada y neutral.

Como se muestra en el Cuadro 4, las características del producto final difieren de la cerveza diseñada. Para empezar, el volumen de producción del lote LH obtuvo un error superior al 10% comparado

con los lotes LF. Esto ocurrió debido a las pérdidas de volumen ocasionadas por la decantación del marañón y los sedimentos del *cold break* desde el tanque hervido hacia el tanque de fermentación, pues el área del hervidor era de 0.108 m² mientras que el área del fermentador era de 0.036 m², lo cual significa que el hervidor tenía 3 veces más área que el fermentador. Esto se traduce a que la decantación en el hervido generó más pérdidas que en la decantación del marañón en el post-fermentado, lo cual también se comprueba con el volumen final del LF-2, pues ambos lotes con adición en el post-fermentado resultaron con un error menor al 3% comparado con el volumen final de diseño.

Asimismo, el lote LH fue el que mayor error obtuvo comparado con los otros lotes producidos respecto al %ABV. Sin embargo, también existe una diferencia significativa entre el porcentaje de alcohol del LF-1 y el LF-2, como se muestra en el Cuadro 7. En primer lugar, se infiere que el LH obtuvo un porcentaje significativamente mayor que los lotes LF-1, como se muestra en el Cuadro 6, debido a que la adición del marañón en el proceso de hervido fomentó la transferencia de masa de los azúcares hacia el mosto, ya que las condiciones de temperatura y agitación fueron mayores a las del lote con adición en el post-fermentado.

En segundo lugar, se infiere que la diferencia del ABV% entre el LF-1 y LF-2 ocurrió debido a las condiciones del marañón, pues la fruta del LF-1 se encontraba en un grado de maduración mayor respecto a la fruta del LF-2 (Matsumoto *et al*, 1983), como se muestra en las figuras 34 y 35, ya que los colores del marañón eran más rojos y naranjas para el primero lote, mientras que el segundo tenía tonos más amarillos y verdes (Ohler, 1988). Por tanto, el contenido de azúcar del marañón del LF-1 era superior al del LF-2, ya que mientras más madura esté una fruta, más almidón es hidrolizado azúcares reductores (Matsumoto *et al*, 1983). Sin embargo, esta inferencia debió ser validada a través de una caracterización de la materia prima con el fin de determinar la cantidad de azúcares fermentables que se añaden al incluir la fruta como ingrediente de una cerveza. No obstante, este trabajo de graduación careció de una caracterización del fruto debido a que se enfocó en la efectividad de los métodos de adición de forma práctica para la industria de cerveza artesanal en Guatemala, por lo que la caracterización implicaría mayor complejidad para que el maestro cervecero utilice el marañón en su producción. Asimismo, la elección del marañón fue arbitraria y de árboles distintos, lo cual generó incertidumbre en el resultado del Cuadro 7, siendo esta otra razón para recomendar la caracterización de la materia prima para futuras iteraciones. Añadido a esto, para controlar la madurez de la fruta de Marañón a través de una curva de calibración entre grados brix del jugo de la fruta respecto al porcentaje de azúcar total determinado a través de un HPLC. Con la curva construida se deberá analizar el cambio de azúcar total respecto al tiempo de maduración para definir en qué punto se considera que la fruta ya está madura. Esta propuesta tiene mayor complejidad para que la industria de cervecería artesanal la reproduzca, sin embargo, la metodología se puede estandarizar para que el maestro cervecero solo utilice un refractómetro de bolsillo para hacer el análisis.

Por otro lado, se infiere que el contenido de alcohol del lote LF-1 fue menor al diseñado debido al ajuste de agua que se realizó antes de la fermentación con el fin de aproximar la gravedad original (OG) experimental a la de diseño, como se muestra en el Cuadro 9. Asimismo, el resultado empírico del %ABV resultó con un error mayor al 12% comparado con la medición experimental en el equipo de HPLC, como se muestra en el Cuadro 17 para todos los lotes exceptuando por el LF-1. Se deduce que esto se produjo debido a que otros compuestos dentro del mosto, o de la cerveza fermentada, hayan alterado la densidad del producto durante su proceso. En el caso del LH, la densidad fue alterada por la presencia de azúcares no fermentables originarios del marañón, pues como se mencionó anteriormente, las condiciones de operación al añadir el marañón provocaron que más azúcares se solubilizaron en el mosto. Por otro lado, en el caso del LF-2, la densidad se alteró debido a la presencia de almidones en la cerveza añadidos por el marañón que no se encontraba completamente maduro. Sin embargo, estas son suposiciones que deberán ser corroboradas al caracterizar los azúcares totales presentes en el mosto y la cerveza después de fermentar. Asimismo, esto también es reflejado en la atenuación aparente calculada, ya que fue uno de los parámetros que menos error se obtuvo en todos los lotes comparado con el valor de diseño. Esto ocurrió debido a que se siguió con las recomendaciones del fabricante de la levadura, ya que se añadió 12 g de levadura para 20 L de producción y se fermentó a una temperatura de 19 °C, los cuales se encuentran dentro de del rango de inoculación y temperatura de fermentación del fabricante. Sin embargo, debido a que la atenuación se midió a través de la gravedad original y específica, la alteración de estas por la adición de marañón afectó al resultado. Por tanto, es necesario determinar la conversión de los azúcares a alcoholes a través de una curva de crecimiento microbiana, la cual excedió al alcance de este proyecto de graduación.

Por último, para la cantidad de CO₂ solubilizado en el producto terminado, se obtuvo un error menor al 3.3% para todos los lotes comparado con las condiciones de equilibrio. Sin embargo, este error era esperable debido a que durante el envasado se pierde alrededor de 0.2 Vols para un lote de 20 L, lo cual cumple con los resultados mostrados en el Cuadro 4.

El segundo análisis involucrado en el Trabajo de Graduación es respecto al balance de masa y energía en la producción de cerveza artesanal con adición de la fruta del marañón, los cuales se muestran en las figuras 15 a la 17, y que se resume en el Cuadro 5. Esta última indica que el método por adición en el post-fermentado requiere 22.7% más de energía en total, siendo la pasteurización adicional el principal causante de la diferencia, ya que se requiere de 3,600 kJ más comparado con los 467.27 kJ de la adición en el hervido. En primera instancia, esta energía adicional no parece justificar la producción de la cerveza con adición en la post-fermentación al analizar los resultados del panel sensorial, ya que no se observó ninguna diferencia significativa entre los resultados de las muestras, como se observa Cuadro 18. Sin embargo, se observó que los panelistas colocaron a las muestras del LH en último lugar con mayor frecuencia comparado con los demás lotes analizados, como se muestra en la Figura 20. Además, debido a que la muestra del lote

LH obtuvo más puntuaciones bajas respecto a los lotes LF-1 y LF-2, se concluyó que el lote con adición de post-fermentado se prefiere sobre el lote con adición de marañón en el hervido. Por esta razón, se recomienda realizar pasteurizaciones alternativas como sería el aprovechamiento del proceso de hervido para pasteurizar los marañones dentro de las bolsas al vacío. Esto permitirá reducir el consumo de energía total, reducir el consumo de agua, y mantener el sabor del LF. Por otro lado, se observó que se requirió 10.7 L de agua para producir 1 litro de cerveza, lo cual es superior al consumo promedio para producir cervezas artesanales, que es de 3 L de agua para cada litro de cerveza (Mosher y Trantham, 2017). Se observó que la principal razón de este resultado fue el proceso de enfriamiento, donde se utilizó agua a temperatura ambiente que fue desechada directamente después de pasar por el serpentín. Esto es aceptable para una experimentación exploratoria, ya que se busca determinar sabores en vez de ser eficientes. Sin embargo, se recomienda reutilizar el agua para una futura pasteurización, o bien, reducir la temperatura de esta para que el proceso requiera menos agua.

El tercer análisis involucrado en el Trabajo de Graduación se relaciona con la existencia de una diferencia significativa respecto a la producción de alcohol dependiendo del método de adición. Como se mencionó anteriormente, la diferencia de alcohol entre el LH y LF-1 es de 16.8%, la cual tras ser analizada a partir de una prueba t de diferencia de medias, se determinó que si existe una diferencia significativa para un α de 0.05. Este resultado se corroboró al validar la existencia de homogeneidad de las varianzas a partir de la prueba F, la cual se resume en el Cuadro 6. Por tanto, la inferencia previa respecto a la solubilidad de más azúcares reductores en el proceso de hervido tiene una más.

El cuarto análisis involucrado en el Trabajo de Graduación es sobre la evaluación del perfil organoléptico de las cervezas con adición de marañón a través de un panel sensorial; resultados que se resumen en las figuras 18 a la 24. Al comparar los resultados de las preguntas individuales por muestra a partir de la prueba de Kruskal-Wallis, y con $\alpha = 0.05$, se determinó que no existe ninguna diferencia significativa respecto a todas las preguntas de cada muestra, queriendo decir que no existe una diferencia estadística entre el olor, aspecto, sabor y la muestra en general de los lotes producidos con adición de marañón y la muestra de control, que fue la cerveza Corona. Esta prueba se validó utilizando la prueba de Levine para varianzas homogéneas de datos ordinales, la cual no se rechazó la hipótesis nula, concluyendo que las varianzas son homogéneas para cada pregunta. Sin embargo, al contrastar esto con los resultados de las preguntas que compararon las muestras, se deja en duda si existe una diferencia en los distintos lotes, como lo muestra las figuras 19 y 20. La Figura 19 determinó la mayoría de los panelistas reconoció que los lotes LF-1 y LF-2 se realizaron de la misma forma, soportando la replicabilidad del lote del post-fermentado. Esta opción fue elegida el 37% de las ocasiones, seguido del par LF-1, LH con un 24% de las ocasiones. Este resultado era esperable debido a que ambos lotes tienen un olor fuerte a marañón, lo cual se corroboró que los panelistas sintieron el aroma y sabor del marañón el 51% de las ocasiones. Por tanto,

este resultado contradice a la prueba de Kruskal-Wallis, por lo que se sugiere que la muestra de panelistas debe incrementarse para reducir el error estadístico sobre las diferencias en las percepciones organolépticas de la cerveza con adición de marañón. Además, debido a que el 83% de los panelistas ya habían probado con antelación una cerveza artesanal, como se muestra en la Figura 24, y debido a que el 60% de los panelistas ya habían probado el marañón anteriormente, se concluye que el sabor y el olor a marañón es perceptible, y que su desempeño organoléptico es comparable con una cerveza comercial.

V. CONCLUSIONES

1. Se estableció que la receta para la producción de una cerveza artesanal con adición de la fruta del marañón para un lote de 20 L es: 95% malta Pilsen, 5% malta Trigo, 14 g de lúpulo, 1.81 kg de marañón, con adición en el post-fermentado, y 12 g de levadura US-05, con una carbonatación de 3.14 Vols. Esta receta se comprobó al realizar un duplicado y probarlo en un panel sensorial, el cual resultó que los lotes LF-1 y LF-2 eran los que más se parecían a pesar de la diferencia del 13% del ABV%.
2. Se determinó que la adición de marañón para la producción de una cerveza artesanal representa el 3% del total consumido para producir un lote de 20 L aproximadamente, para la adición en el proceso de hervido, y un 18.5% para la adición de marañón en el post-fermentado. La diferencia ocurrió debido al proceso adicional de pasteurización que se realizó en el segundo.
3. Se determinó la existencia de una diferencia significativa respecto al %ABV según el método de adición de la fruta del marañón, donde la adición en el hervido generó mayor alcohol comparado con la adición en el post-fermentado.
4. Se estableció que la cerveza con adición de marañón no tiene ninguna diferencia significativa respecto a la aprobación de una cerveza comercial, como lo es la cerveza Corona. Además, se estableció que la cerveza con adición de marañón en el post-fermentado tiene mayor aceptación que la cerveza con adición en el hervido. Sin embargo, esta conclusión se realizó a partir de una muestra de 41 panelistas, siendo todos hombres entre 18 y 23 años.

VI. RECOMENDACIONES

1. Determinar una curva de calibración para la cantidad de azúcares presentes en el mosto respecto a la gravedad original, así también una curva de calibración para el porcentaje de etanol producido respecto a la gravedad final. Esto con el fin de validar las ecuaciones para el diseño de los ingredientes de una cerveza, y comprobar el porcentaje de error de las predicciones con respecto al resultado final. Asimismo, se recomienda caracterizar los componentes del mosto pre-fermentación, y la cerveza post-fermentación para determinar la existencia de compuestos que alteren la densidad, produciendo mayor error en la determinación empírica del ABV%
2. Realizar un diseño experimental para el análisis de la solubilidad del CO₂ con el fin de determinar el tiempo mínimo requerido para que el sistema entre la cerveza y el gas llegue al equilibrio. Esto ayudará a evaluar qué parámetros afectan a la eficiencia de este proceso. Como el pH y el porcentaje de alcohol presente del producto final.
3. Utilizar el hervido para pasteurizar el marañón dentro de bolsas al vacío con el fin de evitar hacer este proceso por aparte, ya que representa alrededor de 18% del consumo total de energía. Además, con el fin de reducir el consumo de agua, se recomienda utilizar un sistema de recirculación para el enfriamiento después del hervido, y utilizar esta agua para hacer la pasteurización en caso de no reemplazar dicho proceso.
4. Caracterizar la composición de la fruta de marañón respecto a su estado de maduración con el fin de comprobar el efecto de este respecto al contenido final de alcohol, pues este valor puede ser un factor determinante para la reducción de costos de producción a una mayor escala al reducir las cantidades de malta necesarias para alcanzar el ABV% deseado.
5. Evaluar la adición de marañón en el post-fermentado utilizando el proceso de hervido como método de pasteurización.
6. Analizar distintos modelos de contacto y variar concentraciones de marañón para determinar las condiciones que minimizarían los costos de producción de cerveza con adición de marañón a una escala industrial. Esto permitirá evaluar la posibilidad de disminuir la cantidad de maltas sin afectar el contenido de alcohol. Sin embargo, esto también conllevaría a analizar el efecto en el sabor de la cerveza terminada.
7. Crear una curva de calibración entre grados Brix del jugo de la fruta respecto al porcentaje de azúcar extraído de un HPLC con el fin de definir cuán madura está la fruta.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. American Society of Brewing Chemists [ASBC] (1949). Solubility of carbon dioxide in beer. Extraído de <https://www.zahmnagel.com/wp-content/uploads/2017/04/Zahm-Nagel-CO2-in-Beer-Chart.pdf>
2. Anderson, D; Sweeney, D. y Williams, T. (2012). *Estadística para negocios y economía*. México: Cengage Learning. 736 págs.
3. Barth, M. (2013). *The chemistry of beer*. Canada: Wiley. 456 págs.
4. Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump y Fred S. Nury (1995). *Wine Analysis and Production*, Nueva York: Springer, Apendice I. 23 págs.
5. Díaz, M. (2015). Producción de cerveza empleando integralmente el grano de sogro. Extraído de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7432/Ortega%20D%C3%ADaz%20Maray.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Eßlinger, H. (2009). *Handbook of Brew*. Alemania: Wiley-VCH. 1200 págs.
7. Fermentis (Consultado en 2022). A brewer's guide to active dry yeast and fermentation. Extraído de <https://en.calameo.com/fermentis/read/006283727c66d91d6d47c?view=slide&page=1>
8. Fix, G. (1999). *Principles of brewing science*. Estados Unidos: Brewers publications . 350 págs.
9. Home Brew Association (Consultado en 2022). How to add fruit to beer. Extraído de <https://www.homebrewersassociation.org/how-to-brew/how-to-add-fruit-to-beer/>
10. Matsumoto, S., Obara, T., & Luh, B. (1983). «Changes in chemical constituents of kiwifruit during postharvest ripening». *Journal of Food Science*, 48(4), 607-611
11. Mosher, M y Trantham, K. (2017) *Brewing Science: A multidisciplinary approach*, Estados Unidos: Springer. 300 págs.
12. NIST (Consultado en 2022). Prueba de Levene para igualdad de varianzas. Extraído de <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35a.htm>
13. Ohler, J. G. (1988). «Cashew. Communication 71». *Department of Agricultural Research, Koninklijk Instituut voor de Tropen*, Amsterdam. 20 págs.
14. Our World in Data (2019). Beer consumption per person, 1961 to 2019. Extraído de <https://ourworldindata.org/grapher/beer-consumption-per-person?tab=chart&country=~GTM>
15. Palmer, J. (2006). How to brew. Extraído de <http://howtobrew.com/>
16. Polka dots & Prints (2019). Beer education: Hops! Extraído de <https://polkadotsandpints.com/2019/07/24/beer-education-hops/>
17. Sivagurunathan, P; Sivasankari, S. y Muthukkaruppan, S. (2010). «Characterisation of cashew apple fruits collected from Ariyalur district». *Journal of biosciences research* 0976-2272. 1. 101-107.

18. Smith, J; Van Ness, H. y Abbott, M. (2007). *Introducción a la termodinámica en ingeniería química*. México: McGraw-Hill. 528 págs.
19. Chuan, C. L; & Penyelidikan, J. (2006). «Sample size estimation using Krejcie and Morgan and Cohen statistical power analysis: A comparison». *Jurnal Penyelidikan IPBL*, 7(1), 78-86.
20. Watson, B. (Junio de 2018). Shifting Demographics Among Craft Drinkers. Extraído de <https://www.brewersassociation.org/insights/shifting-demographics-among-craft-drinkers/>
21. Taylor Jr, S; & DiPietro, R. B. (2019). «Segmenting craft beer drinkers: An analysis of motivations, willingness to pay, and repeat patronage intentions». *International Journal of Hospitality & Tourism Administration*, 20(4), 423-448.
22. de Brito, E. S; de Oliveira Silva, E; y Rodrigues, S. (2018). «Caju—Anacardium occidentale. In Exotic Fruits». *Academic Press*. 20(4), 85-89
23. Instituto Nacional de Bosques [INAB] (consultado en 2023). Especies forestales. Extraído de <https://consultaespecies.inab.gob.gt/>

VIII. ANEXOS

A. Datos originales

Cuadro 8: Lecturas obtenidas por medio del análisis de azúcares y alcoholes en HPLC.

Muestra	Sacarosa	Glucosa (% p/v)	Fructosa (% p/v)	Etanol (% v/v)	Metanol (% v/v)
LH (1)	-----	0.399	0.272	6.075	0.115
LH (2)	-----	0.399	0.273	6.100	0.116
LH (3)	-----	0.382	0.261	5.698	0.105
LF-1 (1)	-----	0.300	0.036	5.001	0.140
LF-1 (2)	-----	0.344	0.041	5.031	0.144
LF-1 (3)	-----	0.313	0.032	4.831	0.140
LF-2 (1)	-----	0.363	0.202	4.171	0.115
LF-2 (2)	-----	0.374	0.210	4.337	0.117
LF-2 (3)	-----	0.336	0.223	4.423	0.119

LH: Lote con adición en el hervido; LF-1: Lote 1 con adición en post-fermentado; LF-2: Lote 2 con adición en post-fermentado

Cuadro 9: Mediciones experimentales en la producción de cerveza artesanal

Lote	LH	LF-1	LF-2
Masa Pilsen (kg) \pm 0.01 kg	4.93	4.93	4.74
Masa trigo (kg) \pm 0.01 kg	0.26	0.26	0.26
Masa malta post-molienda (kg) \pm 0.01 kg	5.18	5.18	5.00
Masa lúpulo (g) \pm 0.5 g	14	14	14
Masa ácido láctico (g) \pm 0.5 g	8	9	10
Masa CaSO ₄ (g) \pm 0.5 g	4	4	4
Masa CaCl ₂ (g) \pm 0.5 g	3	3	3
Masa levadura (g) \pm 0.5 g	12	12	12
Masa marañón (kg) \pm 0.01 kg	1.81	1.81	1.81
Mosto extraído (kg) \pm 0.01 kg	7.29	7.31	6.89

Lote	LH	LF-1	LF-2
Agua de ajuste (kg) \pm 0.01 kg	2.85	1.00	0.19
OG antes de ajuste \pm 0.01	1.06	1.05	1.06
OG después de ajuste \pm 0.01	1.05	1.047	1.05
FG \pm 0.01	1.01	1.01	1.01
pH maceración \pm 0.05	5.3	5.4	5.6
pH post-fermentación \pm 0.05	4.5	4.5	4.5
Temperatura máxima maceración ($^{\circ}$ C) \pm 0.025 $^{\circ}$ C	74	74	74
Temperatura de hervido ($^{\circ}$ C) \pm 0.025 $^{\circ}$ C	92.5	92.5	92.5
Temperatura inicial agua de enfriamiento ($^{\circ}$ C) \pm 0.025 $^{\circ}$ C	21	21	20
tiempo de enfriamiento (s) \pm 0.1 s	936	937	1004
Volumen final de producción (L) \pm 0.01 L	17.72	19.54	19.5

Condiciones de operación: Temperatura ambiental, 23 $^{\circ}$ C; presión atmosférica, 0.77 atm

Cuadro 10: Condiciones del agua ingresada al sistema antes de ser acondicionada.

Condiciones iniciales del agua	
Elemento	Valor
Ca ²⁺	3.0 ppm
Mg ²⁺	7.6 ppm
Na ⁺	0 ppm
Cl ⁻	8.2 ppm
SO ₄ ²⁻	7.0 ppm
HCO ₃ ⁻	122 ppm
pH	6.7

Condiciones iniciales: Temperatura ambiental, 23 $^{\circ}$ C; presión atmosférica, 0.77 atm

Cuadro 11: Mediciones para la determinación de contenido de CO₂ en lotes producidos

Muestra	Masa inicial + lata (g) ± 0.05 g	Masa beaker lleno (g) ± 0.05 g	Masa final (g) ± 0.07 g	Masa lata (g) ± 0.05 g
LH	364.3	576.9	346.1	16.3
LF-1	365.5	514.1	349	14.5
LF-2	365.9	515	348.2	15.6

Cuadro 12: Resultados de panel sensorial para el análisis organoléptico de los lotes de cerveza producidos

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Le falta un poco de sabor a levadura	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	La muestra con sabor muy agradable	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El aroma es bastante bueno	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	3	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	Control

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	amarga	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	creo que demasiado suave	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Muy buena	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	4	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	Control

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	3	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	No me gusto el sabor	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Un sabor que queda en el paladar, sabor muy agradable	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	3	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	No sabía a cerveza, parecía etanol rebajado	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	3	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	muy fuerte	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LH

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El olor de la 2 no me gustó mucho	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Aroma y sabor muy fuerte	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LH

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	3	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Un sabor muy peculiar	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	No sabe mucho a lo que huele	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	el aroma a marañón es fuerte pero sigue siendo suave	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	4	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Un sabor muy fuerte	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Amarga	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	el sabor está algo amargo, pero sabe bien	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Buena	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor muy parecido a la corona	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	Control

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	En lo personal muy suave	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Me parece un sabor bastante directo, pero que no dirá mucho en el paladar, eso hace que no	Control

	me guste tanto y que sea un sabor algo olvidable	
Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor es muy suave	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	5	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	3	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	LF-1

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	4	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Un tanto dulce, pero sabor no agradable	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Me gusta la apariencia y el olor, pero el sabor no tanto, siento que le hace falta algo de fuerza	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	4	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LF-1

Pregunta	Valor	Muestra
Comentarios sobre la muestra (opcional)	No me gusta el sabor	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Muy buena	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Olor dulce, sabor agradable	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Tiene un olor con poca presencia, pero con un buen sabor, es más fuerte que las anteriores y su presencia en el paladar se siente bien	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor no me gusta	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Mucho gas	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Aroma y sabor agradable.	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Tiene un buen olor, pero el sabor es algo dulce, lo que siento que pierde presencia	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Like	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	2	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	5	LH

Pregunta	Valor	Muestra
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor en bien plano.	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Me gusta porque es un sabor suave, esto permite apreciar mucho mejor las notas de la cerveza	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LH

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LH
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LH
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LH
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LH
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	2	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Se palpa el marañón desde el primer sorbo	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	1	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	1	LF-1

Comentarios sobre la muestra (opcional)	Esta no me gustó porque el sabor fue muy agrio. No fue el alcohol, sino específicamente el sabor de Marañón fue demasiado intenso.	LF-1
Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
Comentarios sobre la muestra (opcional)	La apariencia tiene muy poco color para mí gusto	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-1
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-1
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	3	LF-1
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-1
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	2	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	5	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	No tiene buen sabor	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	4	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor de marañón fue menos intenso esta vez, pero aún así, aunque el olor se percibía dulce y apetecible, el sabor fue demasiado intenso (el de marañón). En lo demás, la muestra estuvo muy bien.	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-2

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	LF-2
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Tiene un postgusto ácido que no gustó	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	LF-2
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	10	LF-2
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	LF-2
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	4	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	10	Control

Pregunta	Valor	Muestra
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	8	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	El sabor mejoró bastante. El aroma fue muy apetecible, sin embargo, está muestra la posiciono en segundo lugar. Sabor intenso, peor no tan arrebatado.	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	5	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	6	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	6	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	8	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control
Comentarios sobre la muestra (opcional)	Me pareció la más equilibrada	Control
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	10	Control
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	9	Control
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	9	Control

Cuadro 13: Opiniones de los panelistas al comparar las muestras entre ellas

Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Control	LH, LF-1	Control	LF-2	LH	LF-1	El aroma y el sabor	No	22	Sí
Control	LF-1, LF-2	LH	Control	LF-1	LF-2	El aroma	No	18	Sí
LF-2	LH, LF-1	Control	LF-1	LF-2	LH	El aroma y el sabor	Sí	23	Sí
Control	LH, LF-1	Control	LH	LF-1	LF-2	El aroma y el sabor	Sí	28	Sí
Control	LF-1, LF-2	LF-2	Control	LF-1	LH	El sabor	Nunca lo había probado	22	Sí
LH	Control, LF-2	LH	Control	LF-1	LF-2	El aroma	Sí	23	No
Control	LH, LF-1	Control	LF-1	LF-2	LH	No sentí nada	Sí	18	Sí
LH	LF-1, LF-2	Control	LF-1	LF-2	LH	No sentí nada	Nunca lo había probado	19	No
LF-2	Control, LF-1	LF-2	LH	LF-1	Control	El sabor	Sí	19	No
LF-1	LF-1, LF-2	LF-2	LF-1	LH	Control	El aroma y el sabor	Sí	25	Sí
LF-2	LH, LF-1	Control	LF-1	LH	LF-2	El aroma y el sabor	Sí	20	Sí
LF-1	Control, LH	LF-1	LH	Control	LF-2	No sentí nada	Nunca lo había probado	19	Sí
LH	LF-1, LF-2	LF-2	Control	LH	LF-1	El aroma y el sabor	Sí	42	Sí

Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
LH	LF-1, LF-2	LH	Control	LF-2	LF-1	El aroma	Nunca lo había probado	21	Sí
LH	LF-1, LF-2	LF-2	Control	LF-1	LH	El aroma y el sabor	No	18	Sí
LF-1	Control, LF-2	Control	LF-2	LF-1	LH	El aroma y el sabor	No	22	Sí
LF-1	LF-2, LH	LH	LF-1	LF-2	Control	El aroma y el sabor	Sí	22	Sí
LF-1	LF-2, LH	LF-1	Control	LF-2	LH	El aroma y el sabor	Sí	21	Sí
Control	LF-2, LH	Control	LH	LF-2	LF-1	El aroma y el sabor	Sí	24	Sí
Control	LF-1, LF-2	Control	LH	LF-2	LF-1	El sabor	Nunca lo había probado	18	Sí
LH	Control, LF-1, LF-2	LH	Control	LF-2	LF-1	No sentí nada	Sí	21	No
Control	LF-1, LF-2	Control	LF-2	LF-1	LH	El sabor	Sí	23	Sí
LF-2	Control, LF-1	LF-2	Control	LF-1	LH	El aroma y el sabor	Sí	21	Sí
Control	LF-1, LH	LF-2	LF-1	LH	Control	El sabor	Nunca lo había probado	20	Sí
Control	LF-1, LF-2	Control	LF-2	LF-1	LH	El sabor	Nunca lo había probado	23	Sí
LH	LF-1, LF-2	LH	LF-2	LF-1	Control	No sentí nada	Sí	53	Sí

Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Control	LF-1, LH	LF-1	LH	Control	LF-2	El aroma y el sabor	Sí	21	Sí
Control	LF-1, LF-2	LF-1	LF-2	LH	Control	El aroma	Nunca lo había probado	22	Sí
Control	LH, LF-1	Control	LF-2	LF-1	LH	No sentí nada	Sí	21	Sí
LH	LF-1, Control	LF-1	Control	LF-2	LH	El aroma y el sabor	Nunca lo había probado	22	Sí
LH	LF-1, Control	Control	LF-1	LF-2	LH	El aroma y el sabor	Sí	22	Sí
LH	LH, Control	LF-1	LF-2	Control	LH	El aroma y el sabor	Sí	21	Sí
LF-1	LF-1, LF-2	LH	Control	LF-2	LF-1	El aroma y el sabor	Nunca lo había probado	25	Sí
LF-2	LH, LF-1	LF-2	Control	LF-1	LH	El sabor	Sí	42	Sí
Control	LH, LF-2	LF-1	LH	LF-2	Control	El aroma y el sabor	Sí	19	Sí
LF-2	LH, Control	LF-2	LH	LF-1	Control	El aroma	Sí	23	Sí
LF-1	LF-2, Control	LH	LF-1	LF-2	Control	No sentí nada	Sí	20	Sí
Control	LF-1, LF-2	LF-2	Control	LH	LF-1	El aroma y el sabor	No	27	Sí
LF-1	LH, Control	LF-1	LF-2	Control	LH	El aroma y el sabor	Nunca lo había probado	23	No

- Pregunta 1: ¿Cuál muestra es la más diferente?
- Pregunta 2: ¿Cuáles son las muestras que más se parecen?

- Pregunta 3: Ordene de 1 a 4 las muestras según qué tanto le gustaron, siendo el primer lugar la que más le gustó y 4, la que menos. [Primer lugar (la más rica)]
- Pregunta 4: Ordene de 1 a 4 las muestras según qué tanto le gustaron, siendo el primer lugar la que más le gustó y 4, la que menos. [Segundo lugar]
- Pregunta 5: Ordene de 1 a 4 las muestras según qué tanto le gustaron, siendo el primer lugar la que más le gustó y 4, la que menos. [Tercer lugar]
- Pregunta 6: Ordene de 1 a 4 las muestras según qué tanto le gustaron, siendo el primer lugar la que más le gustó y 4, la que menos. [Cuarto lugar (la menos rica)]
- Pregunta 7: ¿Sintió el sabor o aroma del marañón?
- Pregunta 8: ¿Le gusta la fruta del marañón? (la carne, no la semilla)
- Pregunta 9: ¿Qué edad tienes? Coloca solo el número
- Pregunta 10: ¿Ha probado las cervezas artesanales?

B. Cálculos de muestra

Cálculo 1: Determinación gravedad original del mosto

*Para una cerveza con 5% v/v alcohol y una atenuación aparente de 0.79, la gravedad original se calcula por medio del siguiente sistema de ecuaciones

$$ABV = (OG - FG) * 1.31$$

$$AA = \frac{OG - FG}{OG - 1}$$

Donde:

ABV = Fracción volumen de alcohol en cerveza

AA = Atenuación aparente producto de la fermentación

OG = Gravedad original del mosto antes de la fermentación

FG = Gravedad final después de la fermentación

$$0.05 = (OG - FG) * 1.31$$

$$FG = OG - 3.81679 * 10^{-2}$$

$$0.79 = \frac{OG - (OG - 3.81679 * 10^{-2})}{OG - 1}$$

$$OG = 1.048$$

$$FG = 1.048 - 3.81679 * 10^{-2} = 1.01014$$

Cálculo 2: Determinación de Gpts totales

Para un volumen de producción de 20 L, y asumiendo pérdidas de agua del 25%, el cálculo siguiente se basó en 25 L de producción.

$$Gpts\ totales = (OG - 1) * 1000 * V_{prod}$$

Donde:

Gpts totales = puntos de gravedad disponibles

OG = Gravedad original del mosto

V_{prod} = Volumen total de producción

$$Gpts\ totales = (1.048 - 1) \frac{Gpts}{L} * 20\ L * 1000 = 960\ Gpts$$

Cálculo 3: Gpts necesarios por ingrediente

$$Gpts_{ingredientes} = Gpts\ totales * porción$$

Donde:

Gpts_{ingredientes} = puntos de gravedad requeridos por el ingrediente⁴

Porción = masa de ingrediente / masa total de ingredientes

$$Gpts_{ingredientes} = 960 * 0.95 = 912$$

Cálculo 4: Masa requerida por ingrediente de malta

*Basado en malta Pilsen con 95% m/m del total de ingredientes, con 303.5 Gpts/kg, capacidad promedio de extracción del 73%, y con una conversión de 79% de azúcares a alcoholes

$$masa\ (kg) = \frac{Gpts_{ingredientes}}{capacidad\ de\ extracción * conversión * Gpts/kg}$$

Donde:

Masa (kg) = masa en kilogramos totales de malta requerida

Gpts_{ingredientes} = puntos de gravedad requeridos por el ingrediente

Capacidad de extracción = porcentaje de extracción de azúcares

Conversión = conversión de azúcares a alcoholes por la fermentación

Gpts/kg = puntos de gravedad por kilogramo del ingrediente

$$masa\ (kg) = \frac{912\ Gpts}{0.73 * 0.79 * 303.5\ Gpts/kg} = 5.214\ kg\ de\ malta\ Pilsner$$

Cálculo 5: Masa de lúpulo requerido

Para una cerveza de 16 IBUs, utilizando la variedad de lúpulo *Centennial* con 9.5% m/m de Alpha ácidos a 1h de hervido. La utilización se determinó en base a la gravedad original del mosto (OG) y el modelo de amargor de Tinseth del Cuadro 28.

$$masa (g) = \frac{IBU * V_{prod}}{\%AA * Utl}$$

Donde:

Masa (g) = masa en gramos de lúpulo requerida

V_{prod} = Volumen total de producción

IBU = Escala estándar de amargor

%AA = Porcentaje másico de Alpha ácidos presentes en el lúpulo

Utl = Utilización de los Alpha ácidos

$$masa (g) = \frac{16 * 20L}{9.5\% * 0.231} = 12.76 g \text{ de lúpulo}$$

Cálculo 6: Masa de CO₂ requerida para la carbonatación

*A partir de los cuadros de solubilidad de CO₂ en cerveza de la Figura 5 (Solubilidad del CO₂ en cerveza a partir de la temperatura y la presión manométrica o presión del headspace) y las condiciones de operación (5 °C y 20 psig), se obtuvo que la solubilidad del CO₂ es de 3.14 Vol. Además, el recipiente para la carbonatación se llenó hasta 19.5 L de su capacidad máxima de 20 L. El volumen restante se supone que es CO₂, el cual se denomina *headspace*

$$m_t = m_b + m_h$$
$$Vol. = 22.45 * \frac{P}{RT} = \frac{Volumen CO_2}{Volumen cerveza}$$

Donde:

m_t = masa total de CO₂ requerida

m_b = masa de CO₂ disuelta en la cerveza

m_h = masa de CO₂ en el *headspace*

22.45 = Volumen molar de gas ideal expresado en mol/L

P = Presión manométrica, o presión del *headspace*

R = Constante de gases ideales

T = Temperatura de operación

$m_b = Vol. * Volumen de producción * densidad CO_2 \text{ a condiciones estándar}$

$$3.14 \text{ Vol.} * 1.969 \frac{\text{g CO}_2}{\text{L}} = 6.1827 \frac{\text{g CO}_2}{\text{L de cerveza}}$$

$$m_b = 6.1827 \frac{\text{g CO}_2}{\text{L de cerveza}} * 20 \text{ L cerveza} = 123.653 \text{ g CO}_2$$

$m_h = \text{Vol.} * \text{Volumen en headspace} * \text{densidad CO}_2 \text{ a condiciones estándar}$

$$\text{Vol.} = 22.45 * 20 \text{ psi} * \frac{1 \text{ atm}}{14.7 \text{ psi}} * \frac{\text{mol} * \text{K}}{0.0821 \text{ L} * \text{atm}} * \frac{1}{(5 + 273.15) \text{ K}} = 0.1098$$

$$m_b = 0.1098 * 1.969 \frac{\text{g CO}_2}{\text{L}} * 0.5 \text{ L headspace} = 0.108 \text{ g CO}_2$$

$$m_t = 123.653 \text{ g} + 0.1081 \text{ g} = 123.7628 \text{ g CO}_2$$

Cálculo 7: Consumo energético del molino de rodillos

El motor que se empleó para el proceso tenía una potencia de $\frac{1}{4}$ de caballo de fuerza

$$\frac{1}{4} \text{ hp} * \frac{745.699872 \text{ W}}{1 \text{ hp}} = 186.424968 \text{ W} \approx 186.42 \text{ W}$$

El proceso de molienda tuvo una duración de 3 min, por producción de lote 20 L.

$$E = 186.42 \text{ W} * \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ W}} * 3 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 33.556 \text{ kJ}$$

Cálculo 8: Balance de masa de molienda de granos de malta

Las pérdidas generadas por la formación de polvos finos en el proceso de molienda se indican en el Cuadro 9.

$$C = A - B$$

Donde:

$A = \text{Masa de malta a la entrada del proceso de molienda}$

$B = \text{Masa de salida de granos molidos}$

$C = \text{pérdida de masa por molienda (polvos finos)}$

$$C = (5.19 \text{ kg de granos de malta}) - (5.18 \text{ kg de polvos finos}) = 0.01 \text{ kg de polvos finos}$$

Cálculo 9: Balance de masa para el acondicionamiento del agua

$$\text{Entradas} + \text{Generación} = \text{Salidas} + \text{Acumulación}$$

Se ignoran la generación y la acumulación, pues son insignificantes para el balance de masa

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$\text{Entrada}_{\text{agua}} + \text{Entrada}_{\text{químicos}} = \text{Salida}_{\text{agua}}$$

Donde:

$\text{Entrada}_{\text{agua}}$ = Es la masa de agua que entra al proceso sin ser ajustada químicamente

$\text{Entrada}_{\text{químicos}}$ = Masa de químicos empleados para el ajuste de dureza y pH del agua de proceso

$\text{Salida}_{\text{agua}}$ = Masa de agua saliente del proceso, ajustada químicamente

Químicos = Ácido láctico, Sulfato de calcio, cloruro de calcio

$$131.49 \text{ kg de agua} + 0.087 \text{ kg químicos} = 131.58 \text{ kg de agua ajustada}$$

Cálculo 10: Balance de masa para el proceso de maceración

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$D = (A + B) - C$$

Donde:

A = Masa de agua tratada que ingresa al sistema de maceración

B = Masa de malta molida que ingresa al macerador

C = Masa de bagazo húmedo que sale del proceso

$$D = (24.95 \text{ kg agua} + 5.19 \text{ kg malta}) - 7.25 \text{ kg bagazo húmedo} = 22.89 \text{ kg mosto}$$

Cálculo 11: Balance de energía para el proceso de maceración

*Para este proceso se utilizó el equipo Braumeister de Speidels modelo 2016 con capacidad de 20 L, el cual tiene una resistencia de 2.0 kW para el proceso de maceración y hervido. Por tanto, se supone que esta resistencia trabaja con una potencia constante durante el tiempo total del proceso, el cual fue de 1 hora.

$$Q_{\text{real}} = 2.0 \text{ kW} * \frac{1 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1 \text{ kW}} * 1 \text{ h} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 7200 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{requerido}} = m_a C p_a \Delta T(\text{agua}) + m_b C p_b \Delta T(\text{malta}) + m_c C p_c \Delta T(\text{metal})$$

Donde:

m_a = Masa de agua que entra al proceso de maceración

$C p_a$ = Calor específico del agua a la temperatura promedio del proceso

$\Delta T(\text{agua})$ = Cambio de temperatura del agua, respecto al inicio y fin del proceso.

m_b = Masa de malta que entra al sistema

Cp_b = Calor específico de la malta.

$\Delta T(\text{malta})$ = Cambio de temperatura de la malta, respecto al inicio y fin del proceso.

m_c = Masa del metal que constituye el equipo de maceración

Cp_c = Calor específico del metal, del que se encuentra hecho el macerador

$\Delta T(\text{metal})$ = Cambio de temperatura del recipiente, respecto al inicio y fin del proceso.

$$\begin{aligned} m_c &= (\text{Densidad \acute{a}rea acero inox}) * \left(\left[\pi DL + \frac{\pi D^2}{4} \right]_{\text{cuerpo}} + \left[\pi DL + \frac{\pi D^2}{4} \right]_{\text{canasta}} \right) \\ &= 7.860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\ &* \left(\pi(0.37\text{m})(0.41\text{m}) + \frac{\pi(0.37\text{m})^2}{4} + \pi(0.28\text{m})(0.32\text{m}) + \frac{\pi(0.28\text{m})^2}{4} \right) \\ &= 7.31\text{kg de acero inoxidable 316 del equipo} \end{aligned}$$

Calor específico del agua a temperatura promedio de proceso

$$Cp_a = \frac{R}{M} (A + BT_m + CT_m^2)$$

Donde:

Cp_a = Calor específico del agua a temperatura promedio del proceso

A, B, C = Constantes del agua basadas en las correlaciones presentas por J.W. Miller

T_m = Temperatura promedio del proceso

R = Constante de gases ideales

M = Peso molecular del agua

*La temperatura de la maceración fue de 23°C a 74°C. Por tanto, la temperatura promedio es de 48.5 °C, equivalente a 321.65 K

$$\begin{aligned} Cp_a &= 8.3144 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}} \\ &* \frac{\text{kmol}}{18.015 \text{ kg}} (8.712 + 0.00125\text{K}^{-1} * 321.65\text{K} - 1.8 * 10^{-7}\text{K}^{-2} * (321.65 \text{ K})^2) \\ &= 4.198 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} * \frac{1 \text{ K}}{1^\circ\text{C}} = 4.198 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{aligned}$$

$$Q_{requerido} = (22.35 \text{ kg agua}) * \left(4.198 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}\right) * (74 - 23)^\circ\text{C} + (5.18 \text{ kg malta})$$

$$* \left(1.174 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}\right) * (74 - 23)^\circ\text{C} + (7.31 \text{ kg metal}) * \left(0.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}\right) * (74 - 23)^\circ\text{C}$$

$$= 5836.1 \text{ kJ}$$

$$Q_{real} = Q_{perdidas} + Q_{requerido}$$

$$Q_{perdidas} = 7200 \text{ kJ} - 5836.1 \text{ kJ} = 1363.9 \text{ kJ}$$

Cálculo 12: Balance de energía para el proceso de hervido para el lote con adición de marañón

$$Q_{real} = Q_{perdidas} + Q_{requerido}$$

*Se utilizó una resistencia de 2 kW encendida durante 1 hora para el proceso de hervido

$$Q_{real} = 2 \text{ kW} * \frac{1 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1 \text{ kW}} * 1 \text{ h} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 7,200 \text{ kJ}$$

$$Q_{requerido} = m_a C p_a \Delta T(\text{mosto}) + m_c C p_c \Delta T(\text{metal}) + m_m C p_m \Delta T(\text{marañón}) + m_{vap} \lambda_{vap}$$

*Este cálculo se realizó igual para los lotes LF. Sin embargo, en este no se considera el calor del marañón

Donde:

m_a = Masa de mosto que entra al sistema

$C p_a$ = Calor específico del mosto

$\Delta T(\text{mosto})$ = Cambio de temperatura del mosto, respecto al inicio y fin del proceso.

m_c = Masa del metal que constituye el equipo de maceración

$C p_c$ = Calor específico del metal, del que se encuentra hecho el macerador

$\Delta T(\text{metal})$ = Cambio de temperatura del recipiente, respecto al inicio y fin del proceso

m_m = Masa de marañón añadido

$C p_m$ = Calor específico del marañón

$\Delta T(\text{marañón})$ = Cambio de temperatura del marañón

m_{vap} = Masa de agua evaporada

λ_{vap} = Calor de vaporización del agua

Masa de agua evaporada

* Se asumió que se evaporó agua en un 10% por hora respecto al volumen total de la solución, como se menciona en la literatura

$$20 L * \frac{10\%}{h} = \frac{2 L}{h} * \frac{0.99762 kg}{L} = 1.9952 kg$$

Masa del equipo en donde se realizó el proceso

*El proceso de hervido y de maceración se realizaron en el mismo equipo. Por tanto, m_c es el mismo valor del cálculo 11

$$\begin{aligned} m_c &= (\text{Densidad área acero inox}) * \left(\left[\pi D L + \frac{\pi D^2}{4} \right]_{\text{cuerpo}} \right) \\ &= 7.860 \frac{kg}{m^2} * \left(\pi(0.37m)(0.41m) + \frac{\pi(0.37m)^2}{4} \right) \\ &= 4.59 kg \text{ de acero inoxidable 316 del equipo} \end{aligned}$$

Determinación de los grados brix a partir de la gravedad original del mosto

* Utilizando las relaciones entre gravedad específica y °Brix de la Figura y los datos de corrección de temperatura de la Figura 49

$$\begin{aligned} \text{°Brix}_{23^\circ C} &= \text{°Brix}_{20^\circ C} + 0.212 \\ \text{°Brix}_{23^\circ C} &= 12.37 + 0.212 = 12.579 \end{aligned}$$

Determinación del calor específico para una solución de agua con sólidos disueltos

$$C_p = 1 - 0.006(\text{°Brix})$$

$$C_p = 1 - 0.006 * 12.579 \text{°Brix} = 0.9245 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

$$C_p = 0.9245 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C} * \frac{4.184 kJ}{1 kcal} = 3.8682 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$$

$$\begin{aligned} Q_{requerido} &= (21.375 kg \text{ mosto}) \left(3.8682 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \right) (93 - 74)^\circ C \\ &+ (4.591 kg) \left(0.456 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \right) (93 - 74)^\circ C + (1.9954 kg) \times \left(\frac{2276.05 kJ}{1 kg} \right) \\ &= 6581.57 kJ \end{aligned}$$

*Calor latente de evaporación se determinó para una presión atmosférica de 0.77 atm

Calor liberado al ambiente

$$Q_{perdidas} = Q_{real} - Q_{requerido}$$

$$Q_{perdidas} = 7200 \text{ kJ} - 6581.57 \text{ kJ} = 618.434 \text{ kJ}$$

Cálculo 13: Balance de energía para el intercambiador de calor en el proceso post-hervido

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{cedido} = m_m C_{p_m} \Delta T (\text{mosto})$$

Donde:

m_m = Masa de mosto que entra al sistema

C_{p_m} = Calor específico del mosto

$\Delta T(\text{mosto})$ = Cambio de temperatura del mosto durante la transferencia de calor

*Se utilizó en mismo valor de C_{p_m} calculado en el cálculo 12

$$Q_{cedido} = 20.9 \text{ kg mosto} * 3.8682 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} (92.5 - 25)^\circ\text{C} = 5457.57 \text{ kJ}$$

$$Q_{ganado} = m_b C_{p_b} \Delta T (\text{agua de enfriamiento})$$

Donde:

m_b = Masa de agua de enfriamiento que entro al sistema

C_{p_b} = Calor específico del agua

$\Delta T(\text{agua de enfriamiento})$ = Cambio de temperatura del mosto, respecto al inicio y fin del proceso.

*El calor específico del agua se calculó como el Cp del cálculo 11, con una temperatura promedio de 58.75°C, equivalente a 331.9 K

Determinación de masa total de agua de enfriamiento

*El flujo volumétrico se determinó utilizando el promedio de los datos del Cuadro 16.

$$\text{Flujo volumétrico} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Flujo volumétrico} = \frac{0.435 \text{ L}}{2.59 \text{ s}} = 0.17 \text{ L/s}$$

$$\text{Flujo volumétrico promedio} = \left(\frac{0.17 + 0.17 + 0.18}{3} \right) \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.172 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$m_{af} = V_p * \rho * t_t$$

Donde:

m_{af} = Masa total de agua de enfriamiento

V_p = Flujo volumétrico promedio

ρ = densidad del agua

t_t = tiempo total de operación

* El tiempo total de operación para el enfriamiento del lote LH fue de 936 s, como se muestra en el Cuadro 9.

$$m_{af} = 0.172 \frac{L}{s} * 0.99762 \frac{kg}{L} * 936 s = 161.0645 kg$$

$$Q_{ganado} = 161.0645 kg H_2O * 4.203 \frac{kJ}{kg * ^\circ C} (T_f - 21^\circ C) = 5457.57 kJ$$

Cálculo 14: Temperatura final del agua de enfriamiento

*A partir de los datos del cálculo 13.

$$T_f = \frac{Q_{ganado}}{m_b * Cp_b} + T_i$$
$$T_f = \frac{5457.57 kJ}{161.0645 kg H_2O * 4.203 \frac{kJ}{kg * ^\circ C}} + 21^\circ C = 29.06^\circ C$$

Cálculo 15: Energía extraída necesaria para realizar el *Cold Crash*

* Para el sistema que requirió una reducción de temperatura desde los 19°C de la fermentación, hasta 2°C para la maduración. Se aproximó el calor calorífico de la cerveza al valor del agua.

$$Q_{requerido} = m_c Cp \Delta T$$

Donde:

$Q_{requerido}$ = Energía necesaria para reducir la temperatura de la cerveza para las condiciones del *Cold Crash*

m_c = Masa total de la cerveza

ΔT = Diferencial de temperatura entre las condiciones de fermentación y las condiciones del *Cold Crash*

$$Q_{requerido} = 20.2 kg * 4.184 \frac{kJ}{kg * ^\circ C} * (19 - 2)^\circ C = 1436.786 kJ$$

Cálculo 16: Masa de CO₂ producida durante la fermentación



*Basado en la relación de contenido de azúcar respecto a la gravedad específica de la Figura 48

Azúcares consumidos durante la fermentación

$$azúcares\ consumidos = \%m\ azucar_m * m_{mosto} - \%m\ azucar_c * m_{cerveza}$$

Donde:

$\%m\ azucar_m$ = % de azúcar en masa a partir de la OG

m_{mosto} = masa del mosto antes de fermentar

$\%m\ azucar_c$ = % de azúcar en masa a partir de la FG

$m_{cerveza}$ = masa de la cerveza después de fermentar

$$azúcares\ consumidos = 20.92\ kg * 0.1238 - 17.545\ kg * 0.0257 = 2.1392\ kg$$

Masa de CO₂ generada

$$m_{CO_2} = \frac{2.1392\ kg\ azúcar}{180.156\ kg\ azúcar/kmol} * \frac{2\ mol\ CO_2}{1\ mol\ azúcar} * 44.02\ \frac{kg\ CO_2}{kmol} = 1.0452\ kg\ CO_2$$

Cálculo 17: Determinación de Vol. CO₂ en producto final

*Utilizando los datos de los cuadros 11 y 15.

$$Vol.\ CO_2 = \frac{m_{CO_2}/\rho_{CO_2}}{V_c}$$

Donde:

$Vol.\ CO_2$ = Volúmenes de CO₂ en la cerveza

ρ_{CO_2} = densidad del CO₂ a condiciones estándar

m_{CO_2} = Masa del CO₂

FG = Gravedad final de la cerveza

V_c = Volumen de cerveza

$$V_c = \frac{masa\ final - masa\ de\ lata}{FG}$$

$$V_c = \frac{346.1\ g - 16.3\ g}{1.01} = 0.344\ L\ cerveza$$

$$Vol.\ CO_2 = \frac{2.1\ g\ CO_2 / 1.969\ \frac{g}{L}}{0.344\ L\ cerveza} = 3.1096$$

Cálculo 18: Determinación del tamaño de muestra para la elaboración del panel sensorial

Basado en la formula del tamaño de muestras para las muestras ANOVA (Cohen, 1988).

* La varianza entre grupos se calculó utilizando software Python con la librería pandas con los datos del Cuadro 12.

** Los valores críticos se obtuvieron utilizando el software Python con la librería scipy.stats

$$n = \frac{(k - 1) \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} + Z_{\beta} \right)^2 \sigma^2}{\delta^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra requerida por grupo

k = número de grupos (k = 3 por los 3 lotes de cerveza producidos)

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = valor crítico del nivel de significancia α (para $\alpha = 0.05$, $Z = 1.96$)

Z_{β} = valor crítico del nivel de significancia β (para $\beta = 0.8$, $Z = 0.841$)

σ^2 = varianza entre grupos (S^2_{error})

δ = efecto mínimo detectable (como la escala de los test era de 1 a 10, el efecto mínimo es $\delta = 1$)

$$n = \frac{(3 - 1)(1.96 - 0.841) * 2.61}{1} = 41$$

C. Datos calculados

Cuadro 14: Atenuación aparente y porcentaje de alcohol estimado de los lotes producidos

Muestra	Atenuación Aparente	ABV% estimado	ABV% experimental	Diferencia
LH	0.787	4.847	6.075	25.34%
LF-1	0.796	5.109	4.171	18.36%
LF-2	0.792	5.18	5.001	3.55%

Ver cálculo 1 para determinación de ABV% y cálculo de atenuación aparente

Cuadro 15: Determinación de Vols. CO₂ en cervezas producidas

Muestra	Volumen cerveza (L) ±0.05 L	Masa CO₂ (g) ±0.05 g	Vol. CO₂*
LH	0.351	2.1	3.110 ± 0.449
LF-1	0.354	2.11	3.100 ± 0.444
LF-2	0.354	2.15	3.090 ± 0.453

*Volumen CO₂ en volumen de cerveza. Ver cálculo 17 en anexos

Cuadro 16: Mediciones de flujo volumétrico para el intercambiador de calor

Volumen medido (L) ± 0.025 L	tiempo medido (s) ± 0.01 s	Flujo L/s
0.435	2.59	0.17 ± 0.01
0.445	2.62	0.17 ± 0.01
0.455	2.55	0.18 ± 0.01

Ver Cálculo 13 en anexos para determinación de flujo

Cuadro 17: Comparación de ABV% contra ABV% empírico

	LH	LF-1	LF-2
ABV% empírico*	5.24	4.85	5.24
ABV% experimental**	6.00	4.95	4.31
% Error	12.67	2.08	21.58

LH: Lote con adición de marañón en el proceso de hervido; LF-1: Lote 1 con adición de marañón post-fermentación; LF-2: Lote 2 con adición de marañón post-fermentación.

*Ver Cálculo 1 y 20 en anexos

** Ver Cuadro 6 en anexos

Cuadro 18: Valores p de las pruebas de Levine y Kruskal-Willis para las preguntas sobre cada muestra

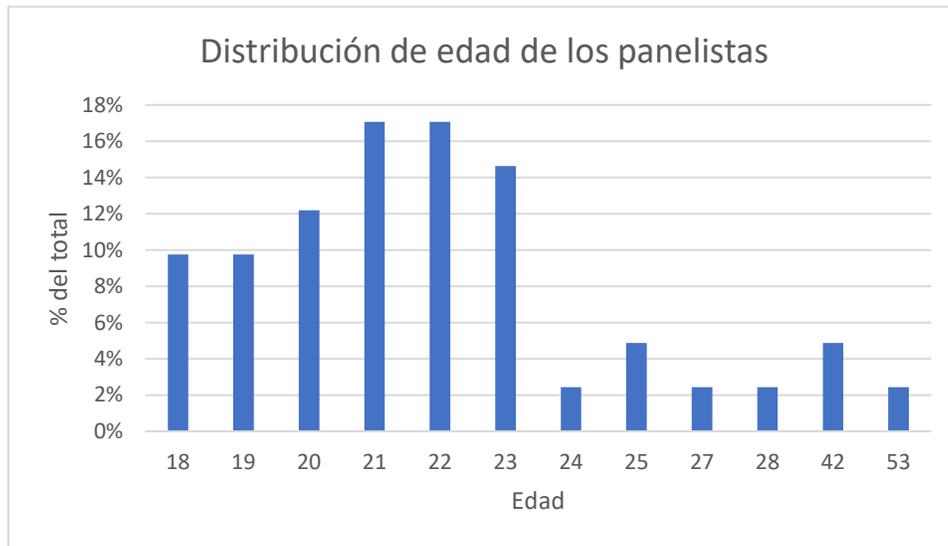
	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta el aroma de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	¿Cuánto le gusta la muestra en general?
Levene Test	0.709	0.292	0.987	0.982
Kruskal-Willis Test	0.358	0.225	0.603	0.354

Para un alpha de 0.05, ninguna hipótesis nula se rechaza

Las pruebas de hipótesis se computaron utilizando el lenguaje de programación Python

3.9.7, con la librería scipy. stats 1.9.1

Figura 25: Distribución de edades de los panelistas para del panel sensorial



Todos los panelistas fueron hombres, para un total de 41

D. Análisis de error

Cálculo 18: Incertidumbre para multiplicación y división, se presenta un ejemplo en el cálculo de medición

$$S_y = y \times \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2}$$

Donde:

S_y = Incertidumbre del resultado de la operación

y = Resultado de la operación (división o multiplicación)

s_a = Incertidumbre del valor de "a"

a = Valor de “a”

s_b =Incertidumbre del valor de “b”

b = Valor de “b”

$$Incertidumbre = 0.17 \frac{L}{s} \sqrt{\left(\frac{0.025 L}{0.435 L}\right)^2 + \left(\frac{0.01 s}{2.59 s}\right)^2} = \pm 0.0979 \frac{L}{s}$$

Se calcularon de igual forma el resto de las incertidumbres requeridas para las operaciones de multiplicación y división.

Cálculo 19: Incertidumbre para sumas y restas

$$S_y = \sqrt{(S_a)^2 + (S_b)^2}$$

Donde:

S_y = Incertidumbre del resultado de la operación

s_a =Incertidumbre del valor de “a”

s_b =Incertidumbre del valor de “b”

$$Incertidumbre = \sqrt{(0.01 \text{ kg})^2 + (0.01 \text{ kg})^2} = 0.014 \text{ kg}$$

Se calcularon de igual forma el resto de las incertidumbres requeridas para las operaciones de suma y resta.

Cálculo 20: Porcentaje de error absoluto

$$E\% = \left| \frac{\text{valor experimental}}{\text{valor teórico}} - 1 \right| * 100\%$$

$$E\% = \left| \frac{5.24}{6} - 1 \right| * 100\% = 12.67\%$$

Este cálculo se realizó para todos los valores con % Error

E. Especificaciones técnicas del equipo empleado durante la experimentación

Figura 25: Datos técnicos de la balanza OHAUS empleada durante el proceso de producción.



Cuadro 19: Datos técnicos de la balanza OHAUS empleada durante el proceso.

Variable	Descripción
Marca	OHAUS
Modelo	Valor 3000 Compact Scale, V31XH2
Capacidad mínima	0.1g
Capacidad máxima	2000g
Voltaje	110 V
Incertidumbre	$\pm 0.05g$

Figura 26: Datos técnicos del macerador y hervidor Braumeister.



Cuadro 20: Datos técnicos del macerador y hervidor Braumeister.

Variable	Descripción
Marca	Speidel
Modelo	Speidels Braumeister 2016
Capacidad máxima volumen	25 L
Capacidad máxima de malta	6 kg
Voltaje	230 V
Altura	41 cm
Diámetro	37 cm

Figura 27: Equipo de enlatado del proceso de producción de cerveza.



Cuadro 21: Datos técnicos del equipo de enlatado.

Variable	Descripción
Marca	Cannular
Modelo	KL10757
Voltaje	110 V

Figura 28: Sistema de filtración de agua con UV



Cuadro 22: Datos técnicos del sistema de filtración de agua.

Variable	Descripción
Tipo de filtro	Cartuchos de carbón activado
Marca	VIQUA
Modelo	UV1-DW5-AES
Presión mínima de operación	15 psi
Presión máxima de operación	100 psi
Voltaje	100-130 V

Figura 29: Molino de rodillos empleado en la molienda de la malta.



Cuadro 23: Datos técnicos del molino de rodillos.

Variable	Descripción
Marca	Genérico
Material	Acero inoxidable grado alimenticio
Potencia	0.25 HP
Frecuencia	60 Hz
Diámetro de los rodillos	5 cm
Largo de los rodillos	15 cm

Figura 30: Barril de cerveza, en donde se almacena y carbonata el producto



Cuadro 24: Datos técnicos del barril de cerveza

Variable	Descripción
Marca	Genérico
Material	Acero inoxidable 304
Capacidad	20 L

Figura 31: Tanque de fermentación



Cuadro 25: Datos técnicos del fermentador

Variable	Descripción
Marca	Genérico
Material	Acero inoxidable 304
Capacidad	20 L
Forma	Cilindro vertical
Altura	63 cm
Diámetro	21.5 cm

Figura 32: Refrigerador empleado para la maduración de la cerveza y control de temperatura del fermentador



Cuadro 26: Datos técnicos del refrigerador empleado para la maduración y fermentación de la cerveza

Variable	Descripción
Marca	Frigidaire
Modelo	FFC07A3MNW
Voltaje	115 voltios
Corriente nominal	1.4 A
Frecuencia	60 HZ
Volumen total	198 L
Tipo de refrigerante	R600a
Carga del refrigerante	47 gramos
Presión del gas	Min: 60 psi Max: 150 psi

Figura 33: Equipo para el análisis de HPLC realizado en el laboratorio de química de la Universidad del Valle de Guatemala.



Cuadro 27: Datos técnicos del equipo para el análisis de HPLC realizado en el laboratorio de química de la Universidad del Valle de Guatemala

Variable	Descripción
Marca	Agilent
Modelo	1100 series
Voltaje	De 100 a 240 V
Corriente nominal	AC
Frecuencia	50 o 60 Hz

F. Registro gráfico de experimentación

Figura 34: Marañón utilizado para el primer lote de adición en post-fermentado (LF-1), y adición en el hervido (LH)



Figura 35: Marañón utilizado para el segundo lote de adición en post-fermentado (LF-2)



Figura 36: Marañón cortado listo para ser añadido al proceso



Figura 37: Medición de maltas para añadir al proceso



Figura 38: Proceso de molienda de la malta



Figura 39: Maceración de la malta



Figura 40: Proceso de hervido



Figura 41: Adición de marañón en proceso de hervido



Figura 42: Pasterización del marañón para la adición post-fermentado



Figura 43: Activación de levadura para iniciar la fermentación

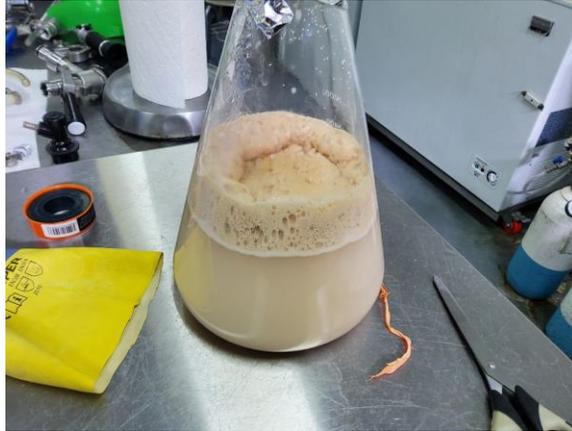


Figura 44: Adición de marañón en la post-fermentación



Figura 45: Transferencia de fermentador a Keg para iniciar la carbonatación



Figura 46: Cerveza terminada primer lote con adición en post-fermentado (LF-1)



Figura 47: Muestras recolectadas para el análisis de azúcares y alcoholes por medio de HPLC realizado en el laboratorio de química de la Universidad del Valle de Guatemala.



Cuadro 28: Datos del model de Tinseth para determinación de utilización de los alpha ácidos del lúpulo

Gravity vs. Time	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.055	0.050	0.046	0.042	0.038	0.035	0.032	0.029	0.027	0.025
10	0.100	0.091	0.084	0.076	0.070	0.064	0.058	0.053	0.049	0.045
15	0.137	0.125	0.114	0.105	0.096	0.087	0.080	0.073	0.067	0.061
20	0.167	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098	0.089	0.081	0.074
25	0.192	0.175	0.160	0.147	0.134	0.122	0.112	0.102	0.094	0.085
30	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094
35	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.133	0.122	0.111	0.102
40	0.242	0.221	0.202	0.185	0.169	0.155	0.141	0.129	0.118	0.108
45	0.253	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.123	0.113
50	0.263	0.240	0.219	0.200	0.183	0.168	0.153	0.140	0.128	0.117
55	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132	0.120
60	0.276	0.252	0.231	0.211	0.193	0.176	0.161	0.147	0.135	0.123
70	0.285	0.261	0.238	0.218	0.199	0.182	0.166	0.152	0.139	0.127
80	0.291	0.266	0.243	0.222	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130
90	0.295	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132
100	0.298	0.272	0.249	0.228	0.208	0.190	0.174	0.159	0.145	0.133
110	0.300	0.274	0.251	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.134
120	0.301	0.275	0.252	0.230	0.210	0.192	0.176	0.161	0.147	0.134

(Palmer, 2006)

Figura 48: Datos para relación entre gravedad específica y contenido de azúcares

Sucrose by weight	Specific gravity at 20°/20°C	Total pounds per gallon	Pounds solids per gallon	Pounds water per gallon
25.0	1.10562	9.20053	2.30013	6.90040
26.0	1.11025	9.23909	2.40216	6.83693
27.0	1.11492	9.27790	2.50503	6.77287
28.0	1.11962	9.31705	2.60877	6.70827
29.0	1.12435	9.35644	2.71337	6.64307
30.0	1.12913	9.39617	2.81885	6.57732
31.0	1.13392	9.43607	2.92518	6.51089
32.0	1.13876	9.47630	3.03241	6.44388
33.0	1.14363	9.51686	3.14056	6.37630
34.0	1.14854	9.55767	3.24961	6.30807
35.0	1.15348	9.59882	3.35959	6.23923
36.0	1.15845	9.64022	3.47048	6.16974
37.0	1.16348	9.68204	3.58235	6.09968
38.0	1.16852	9.72402	3.69513	6.02889
39.0	1.17362	9.76642	3.80890	5.95752
40.0	1.17875	9.80907	3.92363	5.88544
41.0	1.18390	9.85197	4.03931	5.81266
42.0	1.18910	9.89520	4.15599	5.73922
43.0	1.19433	9.93877	4.27367	5.66510
44.0	1.19961	9.98267	4.39238	5.59030
45.0	1.20491	10.02683	4.51207	5.51476
46.0	1.21026	10.07131	4.63280	5.43851
47.0	1.21564	10.11613	4.75458	5.36155
48.0	1.22106	10.16121	4.87738	5.28383
49.0	1.22653	10.20669	5.00128	5.20541
50.0	1.23202	10.25243	5.12622	5.12622
51.0	1.23756	10.29850	5.25224	5.04627
52.0	1.24313	10.34483	5.37931	4.96552
53.0	1.24874	10.39157	5.50753	4.88404
54.0	1.25439	10.43856	5.63682	4.80174
55.0	1.26008	10.48588	5.76723	4.71865
56.0	1.26575	10.53312	5.89855	4.63457
57.0	1.27147	10.58070	6.03100	4.54970
58.0	1.27729	10.62910	6.16488	4.46422
59.0	1.28321	10.67835	6.30023	4.37812
60.0	1.28908	10.72726	6.43635	4.29090
61.0	1.29500	10.77650	6.57367	4.20284
62.0	1.30096	10.82608	6.71217	4.11391
63.0	1.30695	10.87591	6.85182	4.02409
64.0	1.31298	10.92615	6.99274	3.93341

(Bruce *et al*, 1995)

Figura 49: Cuadro de factores de corrección para refractómetro a distintas temperaturas

522 *Appendix I. Tables of Constants, Conversion Factors*

Table I-4. Correction factors for refractive index measurements taken at temperatures other than 20°C (68°F).

International Temperature Correction Table (1936) for the Normal Model of Refractometer Above and Below 20° C.															
Temp. °C	Per cent Sucesse														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	Subtract from the per cent Sucesse														
10	0.50	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79
11	0.46	0.49	0.53	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71
12	0.42	0.45	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63	0.63
13	0.37	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55
14	0.33	0.35	0.37	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.48
15	0.27	0.29	0.31	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40
16	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.32
17	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24
18	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
19	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Add to the per cent Sucesse														
21	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
22	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
23	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
24	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32
25	0.33	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
26	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
27	0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
28	0.56	0.57	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
29	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
30	0.72	0.74	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

SOURCE: Bausch and Lomb Optical Company.

(Bruce *et al*, 1995)

IX. GLOSARIO

%ABV: Porcentaje volumen/volumen del contenido de alcohol en la cerveza.

Atenuación aparente: Conversión de los azúcares a alcoholes producido por la levadura en la fermentación.

Cerveza verde: Producto luego de la fermentación.

Cold Break: Detenimiento abrupto de la fermentación/maduración a través de la desnaturalización y la sedimentación de las levaduras.

FG (Gravedad final): Gravedad específica que se mide tras realizar el proceso de fermentación.

Grados IBU (Unidad Internacional de amargor): Es una escala de la industria cervecera para medir el amargor de la cerveza final .

Head retention: Propiedad de las maltas con alto contenido de proteínas para retener la espuma generada por la desgasificación de la cerveza.

Headspace: Espacio “libre” del tanque de almacenamiento de la cerveza, donde la mayoría de dicho espacio está ocupado por dióxido de carbono.

LF-1: Primer lote de cerveza artesanal con adición de marañón en el proceso de post-fermentado.

LF-2: Segundo lote de cerveza artesanal con adición de marañón en el proceso de post-fermentado.

LH: Lote de cerveza artesanal con adición de marañón en el proceso de hervido.

Mash-out: Proceso final de la maceración para desnaturalizar a las proteínas con el fin de mantener constante el perfil de azúcares para la posterior fermentación.

OG (Gravedad original): Gravedad específica que se mide antes de realizar el proceso de fermentación.

Vol.: Volumen total disuelto de dióxido de carbono en el volumen total de la cerveza, medido a condiciones estándar.

Dry hop: Método de adición de lúpulo, donde se agrega este en el fermentador en vez de en el hervido con el propósito de mantener los aromas de los aceites esenciales del lúpulo.