

**Universidad Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



**Universidad  
Zamorano®**

**Proyecto Especial de Graduación**  
**Desarrollo de una cerveza artesanal tipo American Pale Ale saborizada con**  
**extracto de frutas tropicales**

Estudiantes

Amy Alejandra Aplicano Obregón

Luis Diego Muñoz Rivera

Asesores

Luis F. Maldonado Ph.D.

Edward Moncada MAE

Honduras, noviembre 2025

**Autoridades**

**KEITH L. ANDREWS**

Rector, i.a.

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

**JULIO NAVARRO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Introducción .....	10
Materiales Y Métodos .....	12
Localización del Estudio .....	12
Parámetros de Estudio .....	12
Etapa I. Recepción de Materia Prima.....	12
Etapa II. Formulación Estándar para la Cerveza Artesanal tipo American Pale Ale .....	13
Pruebas Preliminares .....	13
Desarrollo de Formulación para la Elaboración de una Cerveza Artesanal tipo American Pale Ale.....	14
Formulación .....	14
Maceración .....	14
Cocción.....	14
Fermentación .....	15
Maduración y Embotellado.....	15
Adición de Extractos de Frutas.....	17
Establecimiento del Proceso de Elaboración de una Cerveza Artesanal American Pale Ale .....	17
Análisis Sensorial.....	19
Etapa III. Caracterización de una Cerveza Artesanal American Pale Ale.....	19
Materiales .....	19
Análisis Físicoquímicos.....	20
Resultados y Discusión.....	24

Evaluación Sensorial de Cerveza Artesanal American Pale Ale con y sin Adición de Extractos de Frutas .....	24
Análisis Sensorial.....	24
Caracterización de una Cerveza Artesanal American Pale Ale, Análisis Físico-Químicos.....	29
Solidos Solubles Totales (°Brix) .....	29
Potencial de Hidrógeno (pH).....	30
Color.....	31
Absorbancia y Color en Escalas EBC y SRM.....	32
Perfil de Azúcares.....	34
Perfil de Alcoholes.....	36
Conclusiones .....	38
Recomendaciones .....	39
<b>Referencias</b> .....	40

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación preliminar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale .....	14
Cuadro 2 Formulación estándar (Control, Pre-fermentado y Post-fermentado) para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale. ....	16
Cuadro 3 Formulación para 10 litros de cerveza artesanal tipo American Pale Ale con adición de extracto de fruta albaricoque en el proceso de Pre- y Post-fermentado.....	16
Cuadro 4 Formulación para 10 litros de cerveza artesanal tipo American Pale Ale con adición de extracto de fruta piña en el proceso de Pre- y Post-fermentado.....	16
Cuadro 5 Concentración y cantidad de extracto de frutas tropicales para los procesos de pre-fermentación y post-fermentación. ....	17
Cuadro 6 Condiciones en las cuales se llevó a cabo el análisis de cada muestra en el Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC). ....	21
Cuadro 7 Condiciones de operación en cromatografía de gases para determinar etanol en cerveza..	22
Cuadro 8 Condiciones de operación en cromatografía de gases para determinar etanol en cerveza..	26
Cuadro 9 Resultados del análisis sensorial con separación de medias Duncan.....	27
Cuadro 10 Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento. ....	30
Cuadro 11 Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de pH.	31
Cuadro 12 Media y desviación estándar (D.E) para las escalas L* a* b* para la determinación de color en cada tratamiento.....	32
Cuadro 13 Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia en cerveza utilizando las escalas EBC y SRM.....	34
Cuadro 14 Resultados de análisis químicos del perfil de azúcares en los tratamientos. ....	36
Cuadro 15 Resultados de análisis químicos del perfil de alcohol en los tratamientos. ....	37

### Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo de proceso para Recepción de materia prima.....	13
Figura 2 Diagrama de flujo de proceso, (Control, Pre-fermentado y Post-fermentado) para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale. ....	18
Figura 3 Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando el control como base y agregando el extracto de piña y albaricoque pre-fermentación. ....	18
Figura 4 Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando el control como base y agregando el extracto de piña y albaricoque post-fermentación.....	19
Figura 5 Análisis de preferencia expresada en porcentaje para los diferentes tratamientos evaluados. ....	28

## Índice de Anexos

Anexo A Ficha técnica, prueba hedónica y de preferencia utilizada en la evaluación sensorial.....	44
Anexo B Medición de gravedad específica antes y después de fermentación en mosto de cerveza. ..	45
Anexo C Pesado y molienda para la formulación base de nuestros tratamientos.....	46
Anexo D Conversión de absorbancia a valores EBC y SRM. ....	47
Anexo E Colores SRM para análisis de cerveza y mosto y Descriptores de color de cerveza utilizando la escala SRM.....	48
Anexo F Parámetros de una cerveza American Pale Ale. ....	49
AnexoG Cromatogramas de azúcares estándares para cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale Ale. ....	50
Anexo H Interacción estadística entre factores y atributos sensoriales.....	52

## Resumen

En la actualidad, las cervezas artesanales han ganado más espacio en el mercado debido a su versatilidad y autenticidad sensorial. El presente estudio evaluó el efecto de la adición de extractos de piña (*Ananas comosus*) y albaricoque (*Averrhoa carambola*), incorporados en etapas pre y post-fermentativa, sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza estilo American Pale Ale (APA). Se utilizó un diseño factorial 2x2 y análisis de varianza con una prueba Duncan para identificar diferencias significativas. Los tratamientos con fruta presentaron un pH más bajo (3.4–3.7) en comparación con el control (4.1), debido al aporte de ácidos orgánicos de las frutas. Los sólidos solubles (°Brix) aumentaron, especialmente con piña, mientras que el perfil de azúcares evidenció la presencia de maltosa, sacarosa y rafinosa, con ausencia de glucosa y fructosa, consumidas en etapas iniciales de fermentación. En cuanto al color (SRM y EBC), las cervezas con fruta fueron más claras y amarillas, aunque todas se ubicaron fuera del rango típico de APA. El contenido alcohólico fue mayor en los tratamientos con fruta (4.5–5% v/v), alcanzando el rango esperado para APA, frente al control (2.87%). Los atributos más influyentes en la aceptación sensorial fueron el sabor ( $r=0.85$ ) y el amargor ( $r=0.79$ ). La cerveza del tratamiento piña pre-fermentada obtuvo la mayor preferencia (44% de los panelistas), destacando por su aroma fresco. La adición de frutas tropicales mejora el perfil químico y sensorial de cervezas artesanales, incrementando su aceptación y ofreciendo una alternativa innovadora para diversificar el mercado cervecero local.

*Palabras clave:* albaricoque, APA, cerveza artesanal, fermentación, piña.

### Abstract

Currently, craft beers have gained greater presence in the market due to their versatility and sensory authenticity. This study evaluated the effect of adding pineapple (*Ananas comosus*) and starfruit (*Averrhoa carambola*) extracts, incorporated at pre- and post-fermentation stages, on the physicochemical and sensory characteristics of an American Pale Ale (APA)-style beer. A 2×2 factorial design and analysis of variance (ANOVA) with Duncan's test were used to identify significant differences. Fruit treatments showed lower pH values (3.4–3.7) compared to the control (4.1), due to the contribution of organic acids from the fruits. Soluble solids (°Brix) increased, particularly in the pineapple treatment, while the sugar profile revealed the presence of maltose, sucrose, and raffinose, with the absence of glucose and fructose, which were consumed during the initial fermentation stages. Regarding color (SRM and EBC), fruit beers were lighter and more yellow, although all samples fell outside the typical APA range. The alcoholic content was higher in fruit treatments (4.5–5% v/v), reaching the expected APA range, compared to the control (2.87%). The most influential attributes in sensory acceptance were flavor ( $r = 0.85$ ) and bitterness ( $r = 0.79$ ). The pre-fermentation pineapple treatment achieved the highest preference (44% of panelists), standing out for its fresh aroma. The addition of tropical fruits enhances the chemical and sensory profile of craft beers, increasing consumer acceptance and offering an innovative alternative to diversify the local beer market.

*Keywords:* APA, craft beer, fermentation, pineapple, starfruit.

## Introducción

Desde tiempos antiguos, la cerveza ha ocupado un lugar central en la cultura humana, no solo como bebida recreativa, sino también como símbolo social, económico y ritual. La cerveza se reconoce como una bebida alcohólica fermentada, elaborada a partir de la transformación de azúcares presentes en cereales como la cebada mediante la acción de levaduras. La elaboración de cerveza representa el uso de una de las prácticas más antiguas de la humanidad: la fermentación. El proceso cervecero consta de etapas esenciales como el malteado, molienda, maceración, filtrado, cocción con lúpulo, enfriamiento, fermentación, maduración y envasado (Banerjee, 2025).

Teniendo conocimiento de la importancia de la fermentación Mosher y Trantham (2021), afirman que “Se ha dicho que los cerveceros hacen el mosto, pero la levadura hace la cerveza”. Cada fase impacta directamente en las propiedades organolépticas, químicas y sensoriales del producto final, sin embargo, la importancia de esta bebida a lo largo de la historia nos demuestra que según García-Belenguer (2017), “existe una gran controversia acerca de la asociación entre el consumo de alcohol y su efecto sobre la salud”. Esta dualidad histórica entre lo cotidiano y lo regulado ha acompañado a la cerveza a lo largo de su evolución, hasta convertirse en una bebida que hoy combina ciencia, tradición y creatividad. Esto da origen a una gran diversidad de estilos, entre ellos la cerveza artesanal, la cual destaca por su carácter creativo y diferenciador.

En la actualidad, la cerveza artesanal ha ganado cada vez más espacio en el mercado, no solo por su autenticidad sensorial, sino también por su valor nutricional superior frente a la cerveza industrial. Diversos estudios, como el de Mendoza Balcázar et al. (2022), han demostrado que la ausencia de procesos industriales intensivos permite conservar una mayor concentración de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, lo que hace que este tipo de bebida ofrezca beneficios adicionales al consumidor. Según Mendoza Balcázar et al. (2022), el consumo de cervezas artesanales continúa creciendo, especialmente entre consumidores interesados en evitar los efectos negativos asociados al consumo de cervezas industrializadas. Este crecimiento se ha visto proyectado estos

últimos años conforme la popularidad de las cervezas artesanales ha aumentado, así mismo los consumidores han reforzado sus conocimientos en el tema y hay cada vez más interesados, este aumento podemos notarlo ya que según (6Wresearch, 2023), el mercado de cerveza en Honduras mostrará tasas de crecimiento que alcanzarán hasta un 12,59% en 2027, antes de estabilizarse en 2029. La versatilidad de la cerveza artesanal permite, además, incorporar ingredientes no tradicionales para crear perfiles únicos de sabor lo que nos confirma lo dicho por Lerro et al. (2020) “La cerveza artesanal se percibe con mayor calidad y diversidad de sabores; en comparación con una cerveza comercial, resulta más sabrosa, genuina y natural.”

Entre estas innovaciones destaca el uso de frutas tropicales, como la piña (*Ananas comosus*) y el albaricoque (*Averrhoa carambola*), las cuales aportan notas sensoriales complejas y diferenciales. El jugo de piña añadido en etapas tardías de la fermentación aporta un aroma superior y mayor preferencia sensorial (Yang et al., 2023). El uso de estas no solo busca desarrollar sabores, sino que también responde al interés por bebidas con mayor valor funcional. La adición de frutas a la cerveza aumenta significativamente la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles (Nardini y Garaguso, 2020). En este sentido, la adición de frutas no solo amplía el abanico de sabores disponibles, sino que también refuerza el valor cultural y comercial de las cervezas en mercados locales que confirma lo dicho por Valentoni et al. (2023), “la integración de frutas autóctonas como el albaricoque añade identidad territorial y complejidad sensorial a las cervezas artesanales”.

Considerando lo anterior, la presente investigación se enfocó en el desarrollo de una cerveza tipo American Pale Ale saborizada con extracto de piña y albaricoque en diferentes tiempos de fermentación.

Se evaluaron las características fisicoquímicas de las diferentes cervezas elaboradas con distintos parámetros.

Al finalizar se realizaron análisis sensoriales de las diferentes formulaciones para lograr determinar cuál tratamiento fue el más aceptado por los consumidores.

## **Materiales Y Métodos**

### **Localización del Estudio**

El proceso de elaboración de cerveza se realizó en la planta de Hortofrutícola de Zamorano; los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ); las evaluaciones sensoriales fueron realizadas en el Laboratorio de Análisis Sensorial. Todas las instalaciones se encuentran dentro de la Universidad Zamorano ubicada en el Valle de Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras, CA.

### **Parámetros de Estudio**

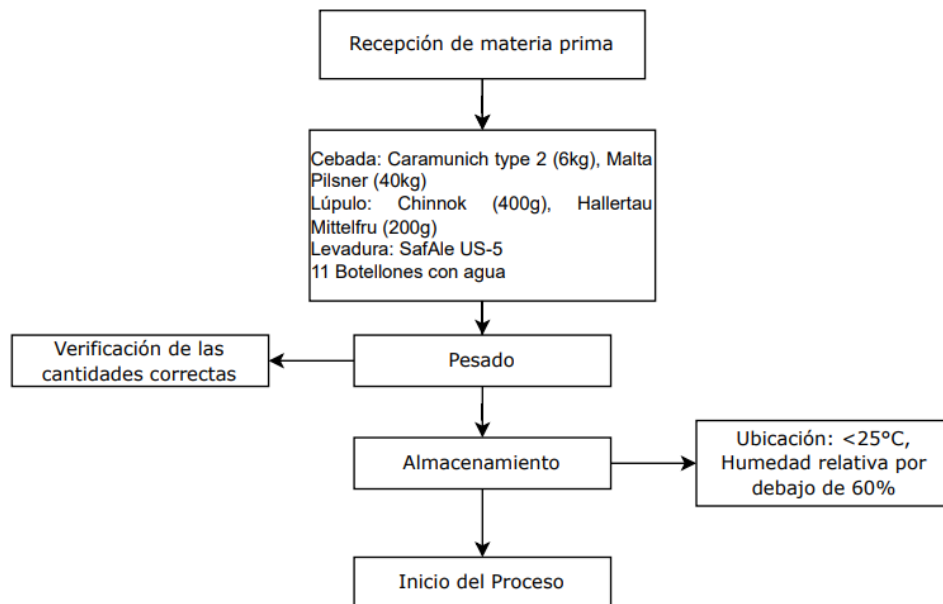
El proyecto se dividió en tres etapas: La primera etapa se basó en la recepción de la materia prima, como la malta, levaduras, extractos de frutas y el lúpulo. La segunda etapa consistió en la realización de pruebas preliminares para establecer una formulación estándar de cerveza artesanal. En esta fase se determinó la cantidad de malta a utilizar y se definió la formulación específica para cada tratamiento. Además, se establecieron las cantidades exactas de cada ingrediente (malta, lúpulo, levadura y extracto de fruta), así como las etapas de adición, los tiempos y las temperaturas correspondientes. Finalmente, la tercera etapa consistió en la caracterización de la cerveza artesanal estilo American Pale Ale, mediante análisis fisicoquímicos, pruebas sensoriales y la determinación de los costos variables.

### **Etapas I. Recepción de Materia Prima**

Se importó la materia prima (malta Pilsner, malta Caramunich, lúpulo Chinook y lúpulo Hallertau) desde Nicaragua de la empresa Alimentos San Isidro, la levadura utilizada (SafAle US-05) fue adquirida desde Estados Unidos en paquetes de 11.5 g, en la recepción de la materia prima se realizó un pesaje inicial para la verificación de las cantidades correctas. El almacenamiento de la malta y la levadura se aseguró en un lugar seco (<60% HR) y con una temperatura ideal (<25 °C) lo que permitió una adecuada preservación hasta el momento de su uso, los lúpulos se guardaron etiquetados en bolsas separadas dentro de un contenedor y almacenadas en un congelador (-18 °C), (Figura 1).

**Figura 1**

*Diagrama de flujo de proceso para recepción de materia prima.*



## **Etapa II. Formulación Estándar para la Cerveza Artesanal tipo American Pale Ale**

### ***Pruebas Preliminares***

Se prepararon tandas de 10 litros para evaluar diferentes formulaciones de cerveza artesanal American Pale Ale. En las pruebas preliminares se evaluó la siguiente formulación: malta Pilsner (76.22%), malta caramel (22.93%), y el 0.8% restante consistió en el lúpulo (Chinook y Hallertau) y levadura (SafAle US-05) como se muestra en (Cuadro 1). En el proceso de maceración y cocción se determinaron los tiempos y temperaturas para el correcto desarrollo de las enzimas, y poder así convertir los almidones de los granos malteados en azúcares fermentables para lograr un ambiente ideal para el funcionamiento de la levadura. El proceso de fermentación primaria se realizó durante dos semanas a una temperatura de 15-20 °C. Con la información obtenida, se realizaron modificaciones en la formulación y se incrementó el tiempo de fermentación.

**Cuadro 1**

*Formulación preliminar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale.*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Caramunich Type 2	0.68	22.93
Malta Pilsner	2.26	76.22
Lúpulo Chinook	0.01	0.33
Lúpulo Hallertau Mittelfru	0.01	0.33
Levadura Saf-Ale 05	0.005	0.16
Total	2.965	100.0

**Desarrollo de Formulación para la Elaboración de una Cerveza Artesanal tipo American Pale Ale.**

**Formulación**

Se estableció una formulación para la elaboración de la cerveza artesanal, definiendo cinco (5) tratamientos: control (solo malta), malta con adición de extracto de piña o albaricoque en la etapa pre-fermentativa y malta con adición de extracto de piña o albaricoque en la etapa post-fermentativa. Para la elaboración de cada uno de los tratamientos se utilizó la misma formulación base, correspondiente al tratamiento control, compuesta por un 84.03% de malta Pilsner y un 14.88% de malta Caramel (Cuadro 2).

**Maceración**

En este proceso se utilizó una relación de 4:1 (agua: granos malteados). A cada una de las unidades experimentales se les realizó una maceración a temperaturas entre 65 y 80 °C durante 60 minutos. Finalizado este proceso, se procedió al filtrado del mosto obteniendo un líquido dulce y azucarado, que luego se utilizó como medio para el proceso de fermentación y fabricación de la cerveza.

**Cocción**

Debido a que durante el proceso de maceración se perdió más agua de lo esperado, se adicionaron 2 litros para compensar la pérdida por vaporación y así iniciar el proceso de cocción. Esta etapa se realizó a una temperatura de entre 90 y 95 °C durante 60 minutos. A los 10 minutos de haber iniciado la cocción, se incorporaron 10 g (0.01 kg) de lúpulo Chinook, y al minuto 45 se agregó la misma cantidad de lúpulo Hallertau. La diferencia en el tiempo de adición de estos dos tipos de lúpulo

obedeció a las funciones específicas que cada uno cumple, las cuales impactan directamente en las características sensoriales del producto final. Finalizado esto se bajó la temperatura del producto a una temperatura de entre 15-20 °C.

### ***Fermentación***

Una vez completada la cocción y enfriamiento, se dio paso al proceso de fermentación. Para ello, se agregaron 5 g de levadura (Saf-Ale 05) por cada 10 litros de mosto dulce. Según el tratamiento correspondiente, se incorporaron 500 mL de extracto de frutas tropicales (albaricoque y piña) a una concentración de 17 °Brix, representando el 10% del volumen total (5 litros) para los tratamientos pre- y post-fermentativa. Cabe mencionar que cada lote de 10 litros se dividió en dos tandas de 5 litros, a fin de aplicar los extractos en ambas etapas y evaluar sus efectos diferenciados. La fermentación se llevó a cabo a una temperatura controlada de entre 15 y 20 °C durante cuatro semanas consecutivas.

### ***Maduración y Embotellado***

Concluida la fermentación, se procedió a filtrar para remover la mayor cantidad posible de sólidos remanentes y se realizó el embotellado. Antes de embotellar los tratamientos Post-fermentación (albaricoque y piña) se incorporaron 500 mL de extracto de frutas tropicales a cada una de las repeticiones. La maduración se realizó durante una semana; en esta etapa se le añadió 3 g de azúcar a cada botella de 355 mL con el propósito de promover la carbonatación natural y asegurar una adecuada efervescencia al momento de su apertura. En los Cuadros 2,3 y 4 se pueden observar las diferentes formulaciones que se hicieron en el estudio basándonos en su etapa de fermentación y el tiempo de adición de los distintos extractos naturales.

**Cuadro 2**

*Formulación estándar (Control, Pre-fermentado y Post-fermentado) para 10 litros de cerveza*

*artesanal American Pale Ale.*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Caramunich Type 2	0.34	14.88
Malta Pilsner	1.92	84.03
Lúpulo Chinook	0.01	0.44
Lúpulo Hallertau Mittelfru	0.01	0.44
Levadura Saf-Ale 05	0.005	0.21
Total	2.285	100

**Cuadro 3**

*Formulación para 10 litros de cerveza artesanal tipo American Pale Ale con adición de extracto de*

*albaricoque en el proceso de Pre- y Post-fermentado.*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Caramunich Type 2	0.34	12.21
Malta Pilsner	1.92	68.94
Lúpulo Chinook	0.01	0.36
Lúpulo Hallertau Mittelfru	0.01	0.36
Levadura Saf-Ale 05	0.005	0.18
Concentrado de Albaricoque	0.5	17.95
Total	2.785	100.0

*Nota.* La adición del concentrado de fruta depende de su tiempo de fermentación.

**Cuadro 4**

*Formulación para 10 litros de cerveza artesanal tipo American Pale Ale con adición de extracto de*

*piña en el proceso de Pre- y Post-fermentado.*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Caramunich Type 2	0.34	12.21
Malta Pilsner	1.92	68.94
Lúpulo Chinook	0.01	0.36
Lúpulo Hallertau Mittelfru	0.01	0.36
Levadura Saf-Ale 05	0.005	0.18
Concentrado de Piña	0.5	17.95
Total	2.785	100.0

*Nota.* La adición del concentrado de fruta depende de su tiempo de fermentación.

### **Adición de Extractos de Frutas**

La concentración de extracto de frutas tropicales se determinó anteriormente en las pruebas preliminares tomando en cuenta las características físico-químicas de cada ingrediente. Para el proceso de pre-fermentación y post-fermentación con ambos extractos se agregó el 10% de 5 litros de cerveza. Es decir, 500 mL a 17 °Brix (Cuadro 5).

#### **Cuadro 5**

*Concentración y cantidad de extracto de frutas tropicales para los procesos de pre-fermentación y post-fermentación.*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Proceso	°Brix	Formulación (%)
Extracto de piña	0.5	Pre-fermentación	17	10.0
Extracto de albaricoque	0.5	Pre-fermentación	17	10.0
Extracto de piña	0.5	Post-fermentación	17	10.0
Extracto de albaricoque	0.5	Post-fermentación	17	10.0

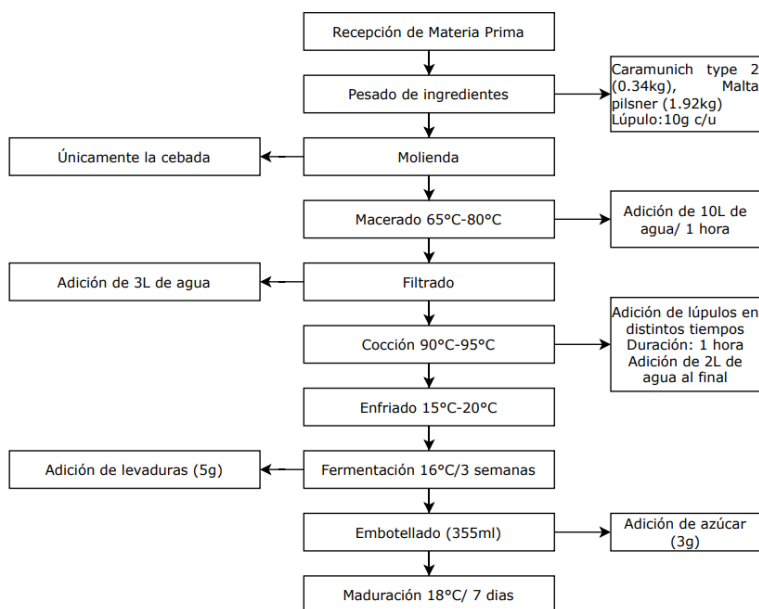
*Nota.* La adición del concentrado de fruta depende de su tiempo de fermentación.

### **Establecimiento del Proceso de Elaboración de una Cerveza Artesanal American Pale Ale**

En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los diferentes parámetros para la elaboración de una cerveza artesanal tipo American Pale Ale, partiendo desde el control como base, con adición de los distintos extractos de frutas tropicales en los tiempos de fermentación establecidos. Se definieron concentraciones a utilizar, tomando en cuenta los parámetros necesarios y los resultados de nuestras pruebas preliminares; tiempos para cada proceso y temperaturas para una elaboración exitosa en base de cada una de las formulaciones plantadas.

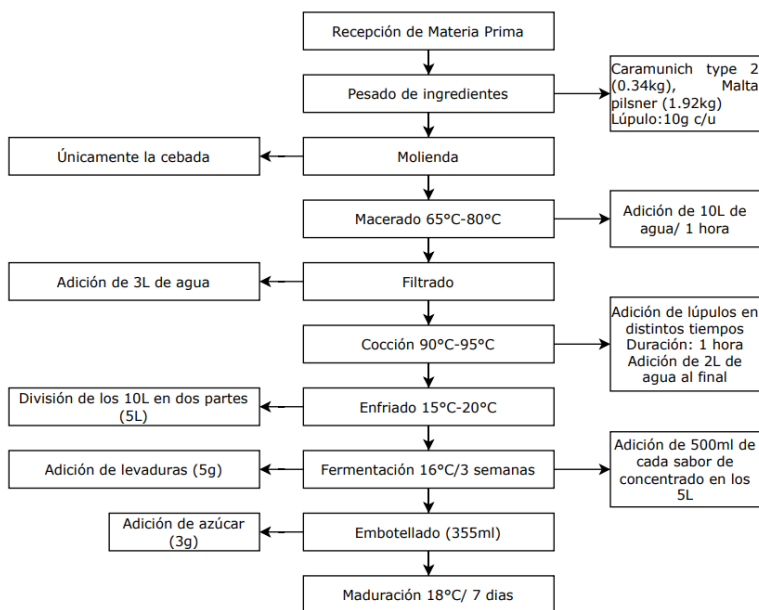
**Figura 2**

Diagrama de flujo de proceso, (Control, Pre-fermentado y Post-fermentado) para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale.



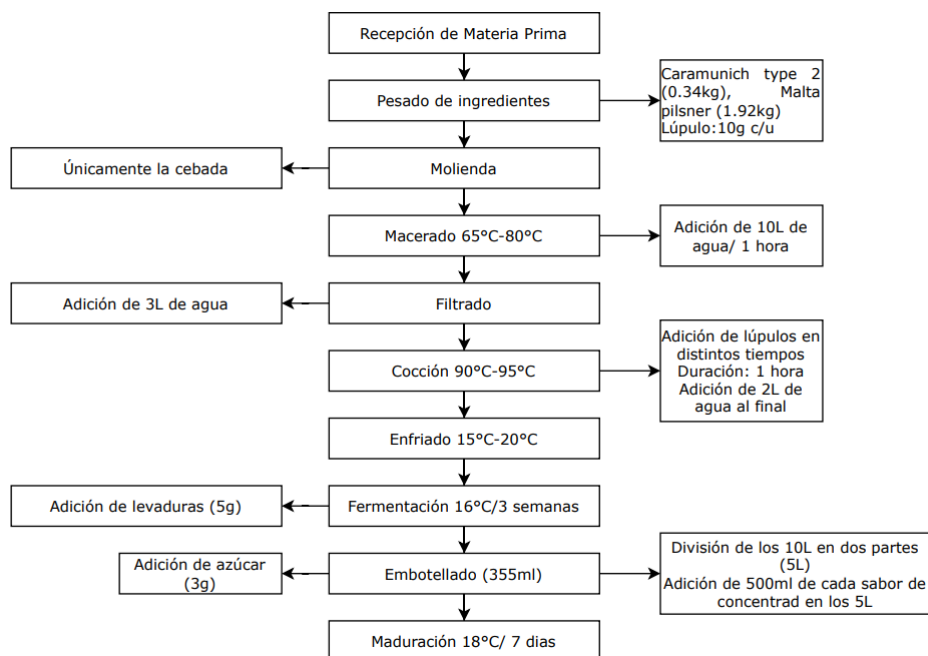
**Figura 3**

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando el control como base y agregando el extracto de piña y albaricoque pre-fermentación.



**Figura 4**

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando el control como base y agregando el extracto de piña y albaricoque post-fermentación.



### Análisis Sensorial

Se utilizó una prueba hedónica para determinar el tratamiento con mayor aceptación y preferencia, con panelistas no entrenados. En la prueba hedónica se utilizó una escala de nueve puntos, donde uno (1) correspondió a “Me disgusta muchísimo” y nueve (9) a “Me gusta muchísimo”. Se realizó un análisis sensorial con un total de 26 panelistas quienes evaluaron los siguientes atributos: color, aroma, espuma, efervescencia, amargor, sabor y aceptación general.

Asimismo, a cada panelista se le solicitó que ordenara los tratamientos evaluados de acuerdo con su preferencia, en donde 1 era la “más preferida” y 5 la “menos preferida”.

### Etapa III. Caracterización de una Cerveza Artesanal American Pale Ale

#### Materiales

Malta Pilsner, Malta Caramunich Type 2, Lúpulo Chinook, Lúpulo Hallertau Mittelfru, Levadura Saf Ale US-05, concentrado de piña, concentrado de albaricoque, agua, azúcar, botella de vidrio ámbar de 355 mL y chapas corona de 26 mm.

## **Análisis Fisicoquímicos**

### **Sólidos Solubles Totales (°Brix).**

Se midió la cantidad de sólidos solubles para cada tratamiento con un refractómetro de bolsillo PAL-BXIACID F5, marca ATAGO, con escala de 0 a 90 ± 0.1% utilizando el método AOAC 983.17 (Nielsen, 2010). Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en alimentos, expresados en porcentaje de sacarosa (NMX, 2011). Se tomó una muestra de 0.5 mL y se agregó directamente al refractómetro a temperatura de 18 °C, con tres repeticiones por tratamiento.

### **Potencial de Hidrógeno (pH).**

Se utilizó el potenciómetro marca OHAUS, modelo STARTER 2100, según método AOAC 981.12 (Pillco Cochan et al., 2021). El potencial de hidrógeno (pH) es la acidez o alcalinidad de una solución las cuales están determinadas por la concentración de H<sup>+</sup> (Velázquez M, 2009). Se elaboraron dos soluciones buffer estándar para calibrar el potenciómetro (pH 4 y 7) y posterior a eso, fue lavado con agua desionizada para cada medición. Se evaluó cada tratamiento utilizando 150 mL de muestra en Beakers de 250 mL.

### **Color.**

Se midió el color por medio del equipo Colorflex Hunter L\* a\* b\*, utilizando el método AN 1018.00, donde L\* indicó la luminosidad para colores oscuros (0-50) y para colores claros (51-100). La escala a\* se utilizó para valores positivos (rojo) o negativos (verde) y la escala b\* indicó valores positivos (amarillo) y negativos (azul) (Hunterlab, 2016).

### **Absorbancia.**

Se determinó mediante un espectrofotómetro UV-Vis marca Agilent Technologies modelo Cary 8454, utilizando el método AOAC 962.13 (AOAC, 2015), con una longitud de onda de 430 nm a 18 °C. Estos valores permiten determinar los colores utilizados por la European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM o °L). EBC es aproximadamente 1.97 veces el color SRM (EBC = 1.97

× SRM o bien  $SRM = EBC / 1.97$  (Smith, 2008). Para el filtrado de cada muestra se utilizó un filtro de microfibras marca VICAM, con diámetro de 11 cm, para el análisis de cada muestra.

### Perfil de Azúcares.

Para la cuantificación de azúcares, se siguió la metodología establecida por Agilent para el uso de la columna Zorbax Carbohydrate, la cual consistió en una fase móvil compuesta por 60% Acetonitrilo y 40% agua de grado HPLC con un flujo de 0.80 mL/min y una temperatura constante de 35 °C. Se construyeron curvas para fructosa, dextrosa (glucosa) y sacarosa, utilizando concentraciones de 0, 0.8, 1.6 y 3.2 mg/mL para fructosa y de 0, 1, 2, 3 y 4 mg/mL para dextrosa y sacarosa. Según lo descrito anteriormente, previo análisis las muestras fueron filtradas con acrodiscos de Nylon de 25 mm x 0.2 µm y colocadas en viales de 1.5 mL. Para todos los análisis de datos se efectuó con el software Agilent Chemstation Software 2003 para sistemas de cromatografía.

Para la preparación de cada muestra se mezcló una alícuota de 0.5 mL con 12 mL de solvente (60:40, acetonitrilo: agua). Se mezcló durante 10 minutos y se filtró utilizando acrodiscos de 25 mm x 0.2 µm y se trasvasó 1 mL por muestra, en un vial ámbar. En el Cuadro 6 se muestran las condiciones cromatográficas.

### Cuadro 6

*Condiciones en las cuales se llevó a cabo el análisis de cada muestra en el Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC).*

Módulos	Parámetros
Columna	Zorbax Carbohydrate Analysis, 4,6 mm ID x 150mm (5µm)
Temperatura de la columna	35 °C
Fase móvil	60:40, Acetonitrilo: Agua
Detector	HP1100 RID
Velocidad de flujo	0.80 mL/min
Tiempo de corrida	20 minutos
Volumen de inyección	5 µL

### Perfil de Alcoholes.

La cuantificación de etanol se llevó a cabo por medio de un cromatógrafo de gases modelo Agilent 6890 Series GC System, con software GC ChemStation 2010, utilizando el método 984.14 de la

AOAC (AOAC, 2014). La cromatografía de gases (GC) es una técnica de laboratorio que separa las mezclas en componentes individuales. Es usado para identificar componentes y medir sus concentraciones. Las condiciones de operación con las cuáles se cuantificó etanol en cerveza en cromatografía de gases se pueden observar en el Cuadro 7.

Para las muestras se utilizaron 12.5 mL de n-Propanol y 237.5 mL de agua desionizada en una probeta de 250 mL, para obtener n-Propanol al 5%. Se trabajó, en una relación cerveza y n-Propanol (1:1) para la elaboración de las muestras donde se mezclaron 5 mL de n-Propanol al 5% y 5 mL de cerveza.

### Cuadro 7

*Condiciones de operación en cromatografía de gases para determinar etanol en cerveza.*

Módulos	Parámetros
Fase móvil	Hidrógeno.
Columna	SP - 30 m × 0.320 mm × 0.25 µm Temperatura inicial 55 °C por 3 min; Temperatura final 120 °C por 2 min
Horno	Velocidad de calentamiento 20 °C/min Temperatura 250 °C, Flujo de aire 450 mL/min, Flujo de hidrógeno 40.0 mL/min, Flujo de nitrógeno 45 mL/min
Detector (FID)	
Inyector (split)	Temperatura 175 °C, Split ratio 80.0, Velocidad lineal 39 cm/seg
Duración del método	8.25 min
Volumen de inyección	1.0 µL (microlitros)
Patrones	Metanol y Etanol

### Diseño Experimental.

Se utilizó un Diseño Completo al Azar con un arreglo factorial 2×2 con dos factores: tipo de fermentación (pre y post) y sabor (sabor 1 y sabor 2), dando lugar a 4 tratamientos combinados y un tratamiento control (con formulación base), cada uno con 3 repeticiones. Siendo un total de 15 unidades experimentales.

### Análisis Estadístico.

Para los análisis fisicoquímicos se aplicó un ANDEVA para evaluar el efecto de cada factor y la interacción entre los 5 tratamientos mediante una separación de medias LSmeans y Duncan, las cuales

se utilizaron debido a su robustez estadística y su adecuado control del error tipo I, lo cual permite identificar diferencias significativas entre tratamientos con mayor confiabilidad.

Para el análisis sensorial se utilizó Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial, un análisis de varianza (ANDEVA), una separación de medias LSmeans, Duncan y un análisis de correlación. La evaluación del análisis de preferencia se realizó por medio de una prueba de ordenamiento Basker y Kramer utilizando un valor crítico de 30.5 considerando el número de panelistas y el número de tratamientos.

## Resultados y Discusión

### Evaluación Sensorial de Cerveza Artesanal American Pale Ale con y sin Adición de Extractos de Frutas

#### *Análisis Sensorial*

La evaluación sensorial es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos (Manfugás, 2020). El análisis sensorial mostró diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre tratamientos en la mayoría de los atributos evaluados, excepto en espuma y color, donde no se observaron variaciones estadísticas. En general, los tratamientos con adición del extracto de fruta en el pre-fermentado, tanto de piña como de albaricoque, presentaron mayores valores de aroma y sabor en comparación con el control y los post-fermentados, lo que indica una mejor aceptación sensorial. Para el caso del sabor, los tratamientos con fruta adicionada en el pre-fermentado fueron evaluados como “me gusta poco”, mientras que los tratamientos control y post-fermentados presentaron fueron calificados como “me disgusta poco” y “ni me gusta ni me disgusta”. En cuanto al amargor, los tratamientos de piña y albaricoque pre-fermentados registraron los promedios más altos (5.30, 5.84), sugiriendo que el proceso de adición de fruta en esta etapa influyó en el perfil sensorial del producto. Lo cual sugiere que los panelistas prefirieron una cerveza con sabor frutal, ya que esto posiblemente reduce la sensación de amargor, a pesar de contener la misma cantidad de lúpulo en su formulación. El amargor constituye un atributo sensorial determinante en la aceptación de la cerveza. Diversos estudios señalan que cuando la amargura y la astringencia se perciben con alta intensidad, pueden generar rechazo en los consumidores (Gonçalves et al., 2023).

La espuma y el color de una cerveza son las primeras observaciones que un consumidor recibe sobre la calidad (Amdur, 2023). En relación con la espuma y el color, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, el atributo efervescencia sí presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos control, Piña Pre-fermentado y Albaricoque Post-fermentado, los que obtuvieron una mayor valoración, en el rango de “No me gusta

ni me disgusta” a “Me gusta poco”. Estos resultados sugieren que el momento de fermentación (pre o post) influye en la liberación percibida de CO<sub>2</sub> o burbujas, posiblemente debido a diferencias en la actividad microbiana o el pH que favorecen la formación o retención de gas antes del embotellado. Aunque los estudios específicos sobre efervescencia en bebidas fermentadas son limitados, investigaciones sobre estabilidad de burbujas muestran que la presencia de moléculas activas en la superficie (como ciertos edulcorantes o compuestos libres) puede aumentar la persistencia de las burbujas, intensificando la percepción de efervescencia (Miguet et al., 2020). Los resultados encontrados en el presente estudio muestran que el uso de extractos de frutas como la Piña o Albaricoque no afectan la carbonatación de una cerveza.

Para el parámetro de aroma se puede observar en el Cuadro 8 que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre el aroma del tratamiento control y Piña pre-fermentado, siendo este último el cual obtuvo una mejor calificación, en el rango de “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”. Estos resultados son similares a los reportados por Fontana (2020), quien indicó que el aroma de la cerveza con adición de fruta tuvo un mayor auge en la aceptación de sus panelistas.

**Cuadro 8**

*Resultados del análisis sensorial en los atributos Espuma, efervescencia, color, aroma, sabor y amargor.*

Tratamiento	Atributos $\pm$ D.E					
	Espuma <sup>Ns</sup>	Efervescencia	Color <sup>Ns</sup>	Aroma	Sabor	Amargor
Control	5.07 $\pm$ 2.11	5.23 $\pm$ 1.86 <sup>ab</sup>	6.30 $\pm$ 1.93	5.96 $\pm$ 2.18 <sup>b</sup>	4.30 $\pm$ 2.51 <sup>b</sup>	4.38 $\pm$ 2.54 <sup>b</sup>
Piña Pre-fermentado	5.07 $\pm$ 1.74	5.30 $\pm$ 1.95 <sup>a</sup>	6.34 $\pm$ 1.64	6.88 $\pm$ 1.17 <sup>a</sup>	6.11 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>	5.84 $\pm$ 2.23 <sup>a</sup>
Piña Post-fermentado	4.46 $\pm$ 1.83	4.42 $\pm$ 1.77 <sup>c</sup>	6.07 $\pm$ 1.64	6.34 $\pm$ 1.67 <sup>ab</sup>	4.69 $\pm$ 2.41 <sup>b</sup>	4.30 $\pm$ 2.57 <sup>b</sup>
Albaricoque Pre-fermentado	4.38 $\pm$ 1.87	4.65 $\pm$ 2.03 <sup>bc</sup>	6.65 $\pm$ 1.62	6.65 $\pm$ 1.71 <sup>ab</sup>	6.00 $\pm$ 1.72 <sup>a</sup>	5.30 $\pm$ 2.55 <sup>ab</sup>
Albaricoque Post-fermentado	4.92 $\pm$ 1.91	5.50 $\pm$ 1.88 <sup>a</sup>	6.61 $\pm$ 1.44	6.38 $\pm$ 1.57 <sup>ab</sup>	5.00 $\pm$ 2.48 <sup>b</sup>	5.11 $\pm$ 2.55 <sup>ab</sup>
CV (%)	32.49	21.36	18.09	20.56	32.87	36.73
Pr > F	<.1608	<.0003	<.7170	<.0381	<.0001	<.0114

*Nota.* Media con letras minúsculas diferentes (a-c) en la misma columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

Escala hedónica de 9 puntos, donde 1: Me disgusta muchísimo y 9: me gusta muchísimo. CV (%): Coeficiente de variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad. Ns: no significativo.

El análisis de correlación de Pearson (Cuadro 9) mostró que todos los atributos sensoriales evaluados presentaron una relación positiva y significativa con la aceptación general del producto ( $p < 0.0001$ ). Entre los atributos evaluados, el Sabor presentó una relación de ( $r = 0.85242$ ) y el Amargor ( $r = 0.79563$ ) ambas obteniendo una correlación de variables positiva muy fuerte. Indicando que son los factores de mayor influencia en la aceptación general de los tratamientos evaluados. Le siguió el aroma ( $r = 0.65546$ ), el cual obtuvo una correlación de variables positiva fuerte y por último los atributos espuma ( $r = 0.59485$ ), efervescencia ( $r = 0.59435$ ), y color ( $r = 0.42620$ ) los cuales tuvieron una correlación de variables positiva moderada. Estos resultados sugieren que la percepción del sabor y el nivel de amargor son determinantes clave en la preferencia del consumidor, aunque otros atributos también contribuyen de manera significativa a la aceptación general.

**Cuadro 9**

*Resultados del análisis de Coeficiente de Correlación de Pearson de aceptación general con los*

*Atributos evaluados.*

Atributo	Aceptación General
Espuma	0.59485
Efervescencia	0.59435
Color	0.42620
Aroma	0.65546
Sabor	0.85242
Amargor	0.79563
N	130
Pr>F	<0.0001

*Nota.* N: cantidad de observaciones con las que se hizo el análisis. Pr > F: Probabilidad.

**Análisis de Preferencia.**

El Cuadro 10 muestra que el tratamiento Piña Pre-fermentado obtuvo el resultado más bajo en la suma de categorías, indicando que fue el tratamiento con mayor cantidad de valoraciones 1 en la escala del orden preferencia, convirtiéndose en el más preferido. El valor crítico para este estudio fue de 30.5 obtenido de la tabla de “Resultados de prueba de ordenamiento Basker y Kramer” tomando en cuenta el número de panelistas y el número de tratamientos. Se identificó que el tratamiento Piña Pre-Fermentado fue reconocido diferente ante el tratamiento Control y el tratamiento Piña Post- Fermentado puesto que la sumatoria es mayor al valor crítico (>30.5).

**Cuadro 10**

*Resultados de prueba de ordenamiento Basker y Kramer.*

Tratamientos	CTL	PREAL	POSTAL	PREPI	POSTPI
Suma de Categorías	91	66	80	59	94
CTL	91	0	25	11	32
PREAL	66	-25	0	-14	7
POSTAL	80	-11	14	0	21
PREPI	59	-32	-7	-21	0
POSTPI	94	3	28	14	35

*Nota.* Valor crítico 30.5 para 26 panelistas según prueba Basker y Kramer.

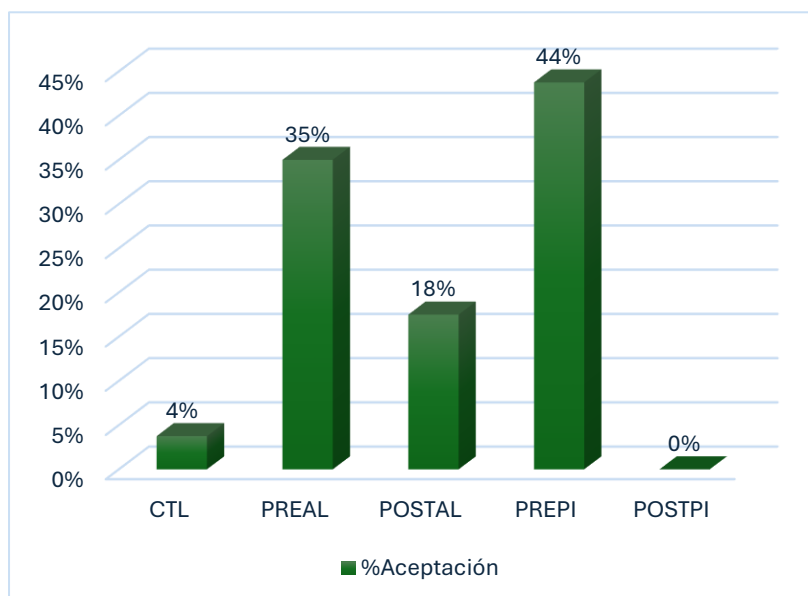
### Análisis de Aceptación.

Al final de cada evaluación sensorial los panelistas ordenaron los tratamientos de mayor a menor preferencia. El tratamiento con mayor aceptación fue Piña Pre-fermentado con el 44% de aceptación, seguido de Albaricoque Pre-fermentado con el 35% de aceptación (Figura 5).

Dentro de las frutas tropicales, la piña se destaca por su capacidad de aportar compuestos aromáticos intensos que enriquecen la experiencia sensorial de la cerveza, dicho esto nuestros resultados son similares a lo reportado por Yang et al. (2023) "El jugo de piña añadido en etapas tardías de la fermentación aporta un aroma superior y mayor aceptación sensorial". El albaricoque, además de su aporte en compuestos bioactivos, contribuye a diversificar el perfil organoléptico de la cerveza y a reforzar la identidad local de su producción. El uso de albaricoques locales en la elaboración de cerveza artesanal enriquece el perfil aromático y valoriza la biodiversidad regional (Valentoni et al., 2023).

**Figura 5**

*Análisis de preferencia expresada en porcentaje para los diferentes tratamientos evaluados.*



*Nota.* Valores representados en porcentajes de preferencia. CTL: Control; PREAL: Albaricoque pre-fermentado; POSTAL: Albaricoque post-fermentado; PREPI: Piña pre-fermentado; POSTPI: Piña post-fermentado.

## Caracterización de una Cerveza Artesanal American Pale Ale, Análisis Físico-Químicos

### *Sólidos Solubles Totales (°Brix)*

La mayoría de los cerveceros del mundo emplean la escala Plato (°P) para expresar la concentración de extracto del mosto compuesto principalmente por azúcares de la malta y otros sólidos solubles, indicando la misma escala de °Brix. En el Cuadro 11 se puede observar que los grados Brix presentaron diferencia estadística entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), siendo el tratamiento Control y el Piña Post-fermentado los que presentaron mayor contenido en un rango de 10.13 a 10.58 °Brix. Según Geraldo (2020), recomiendan que la gravedad del mosto inicial debe estar entre 12 a 15 °P cuando se elabora una cerveza tipo ale obteniendo datos similares al de nuestro proyecto y mencionando que al elaborar una cerveza American Ale estándar debe obtener una reducción del 60% a una temperatura de 20 °C con una levadura American Ale. El contenido de °Brix en el presente estudio puede atribuirse a que la piña posee una elevada proporción de azúcares simples, como sacarosa, glucosa y fructosa, los cuales incrementan el contenido de sólidos solubles totales (Vuletin Selak et al., 2014). En contraste, los tratamientos con adición de Albaricoque (pre y post-fermentado) presentaron valores más bajos de grados Brix (9.20 – 9.70 °Brix), lo que sugiere que el tipo de fruta utilizada y su composición inicial de carbohidratos influyen directamente en la concentración de azúcares durante el proceso de maceración y fermentación. Ronald S. Jackson (2020) menciona que, si el mosto original tiene un contenido alto de sólidos o azúcar, la adición del jugo con porcentaje de azúcar inferior puede incluso bajar la gravedad y subir los °Brix si no se ajusta el volumen. Justificando nuestros resultados ante la alta cantidad de sólidos solubles totales presentes en nuestros tratamientos.

**Cuadro 11**

*Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento.*

Tratamiento	Grados Brix	
	Tiempo de maceración	Grados Brix (%) $\pm$ D. E
Control	90 min	10.13 $\pm$ 0.20 <sup>ab</sup>
Piña Pre-fermentado	90 min	9.70 $\pm$ 0.10 <sup>bc</sup>
Piña Post-fermentado	90 min	10.58 $\pm$ 1.21 <sup>a</sup>
Albaricoque Pre-fermentado	90 min	9.70 $\pm$ 0.15 <sup>bc</sup>
Albaricoque Post-fermentado	90 min	9.20 $\pm$ 0.26 <sup>c</sup>
CV (%)		4.58
Pr > F		0.0365

*Nota.* °Brix (%) = g/100g de agua. CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje. (a-c) letras diferentes representan

diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad.

**Potencial de Hidrógeno (pH)**

Todos los tratamientos presentaron valores diferentes de pH, siendo estos estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). El tratamiento Control presentó el pH más alto ( $4.18 \pm 0.10$ ) en comparación con los demás, lo que indica menor acidez en ausencia de extracto de fruta (Cuadro 12). Por el contrario, los valores más bajo se observaron en los tratamientos Albaricoque Post-fermentado y Piña Pre-fermentado en un rango de 3.46 a 3.56.

Según Ciont et al. (2022) "el pH de la cerveza se encuentra en un rango de 3.8 a 4.7" La adición de extractos de fruta, como piña y albaricoque, a una cerveza APA puede provocar una disminución del pH debido a la presencia de ácidos orgánicos naturales y azúcares fermentables en las frutas. Estos ácidos, principalmente ácido cítrico y ácido málico, incrementan la acidez de la mezcla, mientras que los azúcares adicionales proporcionan sustrato para la fermentación secundaria, generando más ácido y etanol. Como resultado, la cerveza presenta un pH más bajo y un ligero ajuste en la densidad soluble, lo que refleja la interacción entre los componentes ácidos de la fruta y la actividad fermentativa de la levadura, modificando tanto el perfil sensorial como la estabilidad química de la bebida.

Las diferencias entre los tratamientos de piña y albaricoque pueden explicarse por su contenido de ácidos orgánicos, en piña madura el ácido cítrico (0.5 a 1.6 g/100 g) es el ácido predominante, mientras que en albaricoque los principales ácidos son el málico (0.07 a 0.42 mg/100

g) y el cítrico (0.01 a 0.05 mg/100 g) (Batista-Silva et al., 2018). De esta manera, la mayor acidez observada en los tratamientos con albaricoque estaría asociada a la acumulación de estos compuestos.

El efecto de la fermentación también contribuye al descenso de pH, dado que durante el metabolismo de los azúcares por las levaduras se generan ácidos secundarios que intensifican la acidez total del medio. Esto explica por qué los tratamientos post-fermentados (piña y albaricoque) mostraron valores menores de pH en comparación con sus equivalentes pre-fermentados. Según Pieczonka et al. (2021a), “a mayor porcentaje de fruta, mayor descenso del pH, debido a la presencia de ácidos orgánicos, como el málico y el tartárico”, lo cual concuerda con los resultados de este estudio.

### Cuadro 12

*Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de pH.*

Tratamiento	pH	
	Tiempo de maduración	pH $\pm$ D. E
Control	9 días	4.18 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>
Piña Pre-fermentado	9 días	3.56 $\pm$ 0.04 <sup>cd</sup>
Piña Post-fermentado	9 días	3.67 $\pm$ 0.05 <sup>bc</sup>
Albaricoque Pre-fermentado	9 días	3.76 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>
Albaricoque Post-fermentado	9 días	3.46 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>
CV (%)		2.21
Pr > F		0.0001

*Nota.* pH = Escala de 1 a 14; 1 es ácido, 7 es neutro y 14 es alcalino. (a-d) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad.

### Color

En cuanto al color, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) esto reportado en el Cuadro 13, para las medias de luminosidad ( $L^*$ ) y la escala azul-amarillo ( $b^*$ ), mientras que el parámetro  $a^*$  (verde-rojo) no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). El control presentó el menor valor de  $L^*$  ( $31.09 \pm 6.05$ ), indicando un color más oscuro, mientras que los tratamientos con piña (pre y post-fermentado) y Albaricoque pre-fermentado mostraron la mayor luminosidad en un rango de 39.15 a 40.94, evidenciando un efecto de la adición de extractos de frutas en el aclaramiento del color. De igual manera, los valores de  $b^*$  presentaron una tendencia similar con valores más altos para los tratamientos con extractos de frutas (49.72 - 53.80), lo que indica una mayor tendencia hacia tonalidades amarillas en comparación con el control ( $38.35 \pm$

10.84). Una American Pale Ale (APA) generalmente se encuentra en el rango de colores Ámbar. Este color puede variar de un ámbar profundo a un cobre ligero, dependiendo del grado de tostado de las maltas utilizadas en su elaboración.

Según Yusufoglu et al. (2025), "la adición de frutas a la cerveza puede modificar su color debido a la presencia de compuestos fenólicos y pigmentos naturales, como las antocianinas". La estabilidad en los valores de  $a^*$  entre tratamientos sugiere que ni el proceso ni la adición de extractos de frutas afectaron de forma significativa las tonalidades rojizas ( $a^+$ ), manteniendo una tonalidad equilibrada. En general, la incorporación de frutas y el proceso fermentativo contribuyeron a mejorar el brillo y la intensidad amarilla del producto, lo cual puede aumentar su aceptabilidad sensorial.

### Cuadro 13

*Media y desviación estándar (D.E) para las escalas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  para la determinación de color en cada tratamiento.*

Tratamiento	Color $L^*$ $a^*$ $b^*$		
	$L^* \pm D. E$	$a^* \pm D.E^{Ns}$	$b^* \pm D. E$
Control	$31.09 \pm 6.05^c$	$19.65 \pm 1.59$	$38.35 \pm 10.84^b$
Piña Pre-fermentado	$39.15 \pm 4.78^{ab}$	$20.28 \pm 2.19$	$53.80 \pm 3.89^a$
Piña Post-fermentado	$40.94 \pm 5.55^a$	$17.66 \pm 1.83$	$49.72 \pm 6.67^a$
Albaricoque Pre-fermentado	$39.76 \pm 4.96^{ab}$	$19.24 \pm 1.39$	$52.19 \pm 5.85^a$
Albaricoque Post-fermentado	$37.25 \pm 3.70^b$	$16.83 \pm 2.00$	$40.56 \pm 8.58^b$
CV (%)	5.15	10.31	6.60
Pr > F	0.0003	0.3695	0.0003

*Nota.*  $L^*$ = escala de 0-100 siendo cero (0) negro y cien (100) blanco.  $a^*$ = mide el espectro visible del verde a rojo, siendo  $a^*$  (-) verde y  $a^*$  (+) rojo.  $b^*$ = valor de azul a amarillo, siendo  $b^*$  (-) azul y  $b^*$  (+) amarillo, tanto  $a^*$  como  $b^*$  utilizan una escala de -60 a 60. CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad. Ns: no significativo. (a-c) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos en la misma columna ( $P < 0.05$ ).

### **Absorbancia y Color en Escalas EBC y SRM**

Los resultados de absorbancia obtenidos muestran diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos con extractos de piña y albaricoque. En los resultados reportados en el Cuadro 14 podemos observar que el tratamiento control presentó la mayor absorbancia ( $1.78 \pm 0.08$ ), mientras que todos los tratamientos con extractos de frutas mostraron valores reducidos, oscilando entre 1.65 y 1.72. Koren et al. (2020), explican que los métodos estándar

SRM y EBC usan la absorbancia medida a 430 nm, para poder ser encontradas con fórmulas ya establecidas.

Con base en las escalas EBC y SRM, se determinó que el tratamiento control, al no contener extracto de fruta, presentó los valores más altos tanto en la escala EBC ( $44.5 \pm 2.22$ ) como en SRM ( $22.6 \pm 1.12$ ), clasificándose como cerveza tipo Black Lager (SRM = 22.6). Los tratamientos con fruta mostraron una ligera reducción en la intensidad del color, ubicándose dentro de la categoría de Brown Ale con valores SRM entre 21.03 y 21.88. En la escala EBC, todos los tratamientos con fruta presentaron valores similares entre sí ( $41.11 \pm 0.52$  a  $42.41 \pm 0.52$ ), siendo significativamente menores al control.

La reducción observada en ambas escalas en los tratamientos con fruta puede atribuirse a varios factores. Las melanoidinas, como productos finales de la reacción de Maillard, determinan el color de la cerveza y son productos macromoleculares, nitrogenados y de color marrón que se forman durante el proceso de malteado y elaboración (Pieczonka et al., 2021b). Los tres contribuyentes principales al color de la cerveza son las reacciones de Maillard (pardeamiento), los productos de caramelización y los productos de oxidación (Zhao et al., 2013). La adición de extractos frutales puede generar efectos de dilución en estos compuestos responsables del color. La interacción de los compuestos fenólicos presentes en la piña y el albaricoque con las proteínas y otros componentes de la cerveza pueden formar complejos que precipiten y reduzcan la intensidad del color (Angelino et al., 2017).

Es importante destacar que ningún tratamiento, incluyendo el control, alcanzó las características colorimétricas establecidas para una cerveza American Pale Ale (APA) tradicional, que generalmente presenta valores entre 5-10 (dorado pálido a ámbar claro) en la escala SRM según las directrices del BJCP (Beer Judge Certification Program). Los valores elevados obtenidos (SRM > 20) sugieren una desviación significativa del estilo objetivo, posiblemente debido a una mayor contribución de maltas tostadas o caramelizadas en la formulación, temperaturas excesivas durante el

proceso de cocción, o tiempos de hervor prolongados que favorecieron la formación intensiva de compuestos colorantes.

#### Cuadro 14

*Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia y color en las escalas EBC y SRM en cerveza.*

Tratamiento	Absorbancia		
	Absorbancia $\pm$ D. E	EBC $\pm$ D. E	SRM $\pm$ D. E
Control	1.78 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	44.5 $\pm$ 2.22 <sup>a</sup>	22.60 $\pm$ 1.12 <sup>a</sup>
Piña Pre-fermentado	1.65 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	41.41 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>	21.11 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>
Piña Post-fermentado	1.66 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	41.58 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>	21.88 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>
Albaricoque Pre-fermentado	1.72 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	43.08 $\pm$ 2.09 <sup>ab</sup>	21.03 $\pm$ 1.06 <sup>ab</sup>
Albaricoque Post-fermentado	1.69 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>	42.41 $\pm$ 0.52 <sup>ab</sup>	21.54 $\pm$ 0.26 <sup>ab</sup>
CV (%)	3.53	3.53	3.54
Pr > F	0.0287	0.0453	0.0275

*Nota.* Absorbancia expresada en Unidades de Absorbancia. EBC: European Brewing Convention. SRM: Standard Reference Method. CV (%):

Coefficiente de Variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad. (a-b) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos en la misma columna (P < 0.05).

#### **Perfil de Azúcares**

En los tratamientos evaluados se encontró la presencia de 3 azúcares, los cuales fueron: Sacarosa, Maltosa lo que es normal, ya que ambas son azúcares fermentables que la levadura consume para producir alcohol y CO<sub>2</sub> durante la fermentación. La maltosa se origina de la malta de cebada, mientras que la sacarosa puede provenir de la malta o ser añadida durante el proceso de elaboración para aumentar la fermentabilidad o la carbonatación de la cerveza. Gisela kay Guerberoff et al. (2020), respalda lo dicho con anterioridad al mencionar que, “La sacarosa se hidroliza rápidamente en glucosa y fructosa por las enzimas invertasas de la levadura. Esta actividad enzimática explica el agotamiento completo de la sacarosa dentro de los primeros 0.5 días. La glucosa se metabolizó preferentemente, sirviendo como la fuente primaria de carbono para la levadura durante la fermentación temprana, produciendo etanol y dióxido de carbono. Y finalmente el último azúcar encontrado fue la Rafinosa la cual proviene probablemente de la cebada que hay presencia de dicho trisacárido, la levadura de la cerveza tipo Ale es incapaz de fermentar la rafinosa directamente, por lo que sí está presente puede

ser por una mala extracción o por la presencia de trazas en los ingredientes. Descartamos la presencia de trazas ya que Manfúgas (2020), menciona que “Entre los oligosacáridos presentes en cervezas está la rafinosa, junto con maltotetraosa, maltotriosa, etc. Lo que indica que la rafinosa puede estar presente en cerveza, lo que sugiere que la levadura no siempre la consume por completo.”

Para el análisis del perfil de azúcares, en los tratamientos evaluados no se detectó la presencia de dextrosa y fructosa lo que puede ser ocasionado porque son azúcares simples que la levadura consume rápidamente durante la fermentación o de igual manera si la levadura no ha consumido otros azúcares más complejos, puede que la cerveza no contenga estos azúcares simples. Lo que está en línea con estudios recientes que demuestran lo mencionado con anterioridad, por ejemplo, Pathare et al. (2013), reporta que monosacáridos como glucosa y fructosa fueron completamente consumidos bajo las temperaturas de 10–15 °C y óptimas condiciones.

En la cerveza, los principales azúcares presentes son glucosa (10–15%), fructosa (10–15%), sacarosa (5–10%), maltosa (50–60%) y maltotriosa (15–20%). La glucosa y la fructosa, en pequeñas cantidades, son consumidas rápidamente por la levadura al inicio de la fermentación, mientras que la sacarosa, ya sea de la malta o de adiciones externas, se hidroliza en glucosa y fructosa. La maltosa constituye el azúcar más abundante del mosto y representa el principal sustrato fermentable, mientras tanto la maltotriosa aporta una fracción importante y su consumo depende de la capacidad de la cepa de levadura utilizada (Simões et al., 2023). Teniendo una leve similitud con los resultados obtenidos en esta investigación. Si hablamos de cervezas con adición de frutas esto difiere en el perfil de azúcares de la cerveza al añadir los azúcares propios de la fruta (principalmente fructosa y glucosa) a los azúcares ya presentes en la cerveza, provenientes de la malta o azúcares añadidos durante la elaboración. Esta adición aumenta los azúcares fermentables dichos resultados reportados en el Cuadro 15, lo que incrementa el potencial de alcohol, y altera los perfiles sensoriales.

El bajo porcentaje de sacarosa y maltosa se debe a que la levadura utilizada, *Saccharomyces cerevisiae*, fue capaz de utilizar casi en su totalidad ambos azúcares simples, a diferencia de la rafinosa

que es un trisacárido complejo para la cual se requieren de las enzimas capaces de desdoblar las  $\beta$ -glucosidasas y maltasas de las cuales carece *S. cerevisiae* para poder metabolizar dicho azúcar. Este azúcar complejo es capaz de desdoblarse por la levadura *Saccharomyces pastorianus* la cual es utilizada para el tipo de cerveza lager. Siendo sustentado por J.H. Castorena-García et al. (2020), el cual menciona que la cerveza estilo lager es un tipo importante de cerveza a nivel mundial que se elabora con la levadura *Saccharomyces pastorianus*, capaces de fermentar mostos con alto contenido de maltotriosa por ser un híbrido entre *S. cerevisiae* y *Saccharomyces eubayanus*.

### Cuadro 15

*Resultados de análisis químicos del perfil de azúcares en los tratamientos evaluados.*

Tratamiento	Azúcares, %Media $\pm$ D. E			
	Sacarosa, % Media $\pm$ D. E <sup>NS</sup>	Maltosa, % Media $\pm$ D. E <sup>NS</sup>	Rafinosa, % Media $\pm$ D. E <sup>NS</sup>	Azúcares totales, % Media $\pm$ D. E <sup>NS</sup>
Control	1.11 $\pm$ 0.10	0.65 $\pm$ 0.04	2.63 $\pm$ 0.20	4.40 $\pm$ 0.90
Piña Pre-fermentado	0.96 $\pm$ 0.26	0.63 $\pm$ 0.15	2.98 $\pm$ 0.90	4.58 $\pm$ 1.20
Piña Post-fermentado	0.94 $\pm$ 0.04	0.58 $\pm$ 0.03	1.94 $\pm$ 0.24	3.47 $\pm$ 0.62
Albaricoque Pre-fermentado	0.98 $\pm$ 0.17	0.62 $\pm$ 0.11	3.02 $\pm$ 0.57	4.63 $\pm$ 1.15
Albaricoque Post-fermentado	0.97 $\pm$ 0.15	0.60 $\pm$ 0.04	2.27 $\pm$ 0.35	3.84 $\pm$ 0.78
CV (%)	18.77	16.69	22.48	20.42
Pr > F	0.9370	0.9560	0.3500	0.6338

Notas. CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad; Ns: no significativo (P>0.05).

### Perfil de Alcoholes

El análisis por cromatografía de gases mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la concentración de etanol (% v/v) en las diferentes cervezas evaluadas. Es importante mencionar que no se detectaron otros alcoholes simples y superiores. El tratamiento Control presentó la concentración más baja con un valor promedio de  $2.87 \pm 0.82\%$ ; este resultado fue significativamente diferente a lo observado en los tratamientos con fruta ( $p < 0.05$ ), cuyos valores oscilaron entre 4.48 y 5.04%. Esto indica que la adición de piña o albaricoque, tanto en estado pre- como post-fermentado, promovió una mayor acumulación de etanol en el producto final. Resultados similares han sido reportados en fermentaciones de cerveza artesanal, donde la adición de frutas incrementa la concentración de azúcares fermentables y, en consecuencia, la producción de etanol (Renzone et al., 2021).

Es importante contextualizar estos resultados dentro de los parámetros normales para cervezas APA (American Pale Ale). Las cervezas APA típicamente presentan un contenido alcohólico modesto que oscila entre 4% y 6% v/v (Sierra, 2024), mientras que otros estudios establecen un rango de 4.5-6.5% v/v para las APA (Li et al., 2021). Al comparar estos valores de referencia con los obtenidos en el presente estudio, se observa que el tratamiento control (2.87%) presenta una concentración de etanol considerablemente menor a lo típicamente reportado para este estilo de cerveza, mientras que los tratamientos con fruta (4.48-5.04%) se encuentran dentro del rango inferior a normal esperado para cervezas APA.

El bajo contenido alcohólico observado en el tratamiento control puede atribuirse a varios factores que afectan la eficiencia fermentativa. Durante la fermentación, las células de levadura convierten los azúcares derivados de cereales en etanol y CO<sub>2</sub>, y la compleja interacción entre todos los compuestos aromáticos resultantes influye en el sabor y aroma de la cerveza (Siddiqui et al., 2023).

Los resultados reportados en el Cuadro 106 sugieren que la adición de fruta no solo favorece la producción de etanol, sino también la generación de compuestos aromáticos volátiles que contribuyen a la complejidad sensorial de la bebida (Pires et al., 2014). Asimismo, el análisis demostró que no importa el momento de adición de los extractos de frutas, el contenido de alcohol se desarrollará y equilibrará hasta que la mayoría de las fuentes de azúcar fermentables sean consumidas por las levaduras durante el proceso de fermentación.

#### **Cuadro 106**

*Resultados de análisis del perfil de alcohol en los tratamientos evaluados.*

Tratamiento	%Etanol (v/v) ± D. E
Control	2.87± 0.82 <sup>a</sup>
Piña Pre-fermentado	4.94± 0.21 <sup>b</sup>
Piña Post-fermentado	4.95± 0.86 <sup>b</sup>
Albaricoque Pre-fermentado	4.48± 0.16 <sup>b</sup>
Albaricoque Post-fermentado	5.04± 0.26 <sup>b</sup>
CV (%)	11.68
Pr > F	0.0084

*Notas.* CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje. D.E: Desviación Estándar. Pr > F: Probabilidad; (a-b) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

### **Conclusiones**

Se elaboró una cerveza artesanal con la adición de extractos de Piña y Albaricoque en diferentes momentos del proceso fermentativo, logrando niveles de alcohol, carbonatación y efervescencia similares a una cerveza elaborada a base de granos malteados.

Los tratamientos con adición de extractos de frutas presentaron un mayor contenido de etanol comparado con el tratamiento 100% cebada malteada. Sin embargo, su pH fue más bajo, lo cual podría estar asociado con la acidez intrínseca de las frutas. En color, los tratamientos con fruta mostraron mayor luminosidad y tonalidades amarillas, a diferencia del tratamiento control.

Los panelistas mostraron una mayor preferencia por las cervezas con adición de extractos de frutas antes de iniciar el proceso fermentativo, siendo el sabor y el amargor los atributos que más influyeron en la aceptación general.

### **Recomendaciones**

Se recomienda optimizar la concentración de lúpulo en la formulación de la cerveza, con el objetivo de disminuir la intensidad del amargor y mejorar el balance general de los atributos sensoriales.

En investigaciones futuras se deberían incluir la cuantificación de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, con el fin de comprender de manera más precisa el impacto de la adición de frutas tropicales sobre el perfil fisicoquímico y sensorial de la cerveza.

Utilizar clarificantes en la cerveza para eliminar la turbidez causada por levaduras y proteínas.

Sería pertinente replicar la metodología empleada en otros estilos de cerveza artesanal, como la Lager, para evaluar la interacción de los extractos de frutas tropicales en matrices de diferente perfil fermentativo y organoléptico.

## Referencias

- 6Wresearch. (2023). *Honduras Beer Market (2025-2031) | Trends & Industry*. [https://www.6wresearch.com/industry-report/honduras-beer-market?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.6wresearch.com/industry-report/honduras-beer-market?utm_source=chatgpt.com)
- Amdur, M. A. (2023). Alcohol-related problems in a general hospital emergency room. *IMJ. Illinois Medical Journal*, 148(5), 509–510.
- Angelino, D., Cossu, M., Marti, A., Zanoletti, M., Chiavaroli, L., Brighenti, F., Del Rio, D. y Martini, D. (2017). Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: A review. *Food & Function*, 8(7), 2368–2393. <https://doi.org/10.1039/c7fo00574a>
- AOAC. (2014). *Ethanol in beer. Gas chromatographic method*. <http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main%5Fpage=product%5Finfo&products%5Fid=340>
- AOAC. (2015). *AOAC 962.13-1962, Caffeine in nonalcoholic beverages*. [http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=1&products\\_id=378](http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=378)
- Banerjee, S. (2025). *How Beer Is Made: A Step-by-Step Guide to the Brewing Process*. <https://foodandbeverageserviceknowledge.com/how-beer-is-made-a-step-by-step-guide-to-the-brewing-process/>
- Batista-Silva, W., Nascimento, V. L., Medeiros, D. B., Nunes-Nesi, A., Ribeiro, D. M., Zsögön, A. y Araújo, W. L. (2018). Modifications in Organic Acid Profiles During Fruit Development and Ripening: Correlation or Causation? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1689. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01689>
- Ciont, C., Epuran, A., Kerezsi, A. D., Coldea, T. E., Mudura, E., Pasqualone, A., Zhao, H., Suharoschi, R., Vriesekoop, F. y Pop, O. L. (2022). Beer Safety: New Challenges and Future Trends within Craft and Large-Scale Production. *Foods*, 11(17), 2693. <https://doi.org/10.3390/foods11172693>
- Fontana, U. (2020). *Cerveza artesanal estilo sour con agregado de frutos patagónicos: efecto sobre la calidad organoléptica y fisicoquímica: Cerveza artesanal estilo sour con agregado de frutos patagónicos: efecto sobre la calidad organoléptica y fisicoquímica* [Unpublished thesis], Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106098>
- García-Belenguer, A. F. (2017). *Consumo de cerveza y vino: efecto protector frente a riesgos sobre la salud* [Tesis]. Universidad zaragoza, España. <https://zaguan.unizar.es/record/62358/files/TAZ-TFG-2017-1303.pdf>
- Geraldo, J. (2020). *Ley de Beer-Lambert - Práctica de Laboratorio*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10396.00647>
- Gisela kay Guerberoff, Mariana Agostina Marchesino, Paloma Lucia Lopez y Ruben Horacio Olmedo (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *Nexo agropecuario*, 8(1), 52–59. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/28926>
- Gonçalves, L., Jesus, M., Brandão, E., Magalhães, P., Mateus, N., Freitas, V. de y Soares, S. (2023). Interactions between Beer Compounds and Human Salivary Proteins: Insights toward

- Astringency and Bitterness Perception. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(6). <https://doi.org/10.3390/molecules28062522>
- Hunterlab. (2016). *Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L\*a\*b\** - AN-1005b. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b>
- J.H. Castorena-García, V. Juárez-Pérez, M. Cano-Hernández, V. Santiago-Santiago y O. A. López-Mejía (2020). Caracterización Físicoquímica de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar. *Conciencia Tecnológica* (60), Instituto Tecnológico de Aguascalientes. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94465715001>
- Koren, D., Hegyesné Vecseri, B., Kun-Farkas, G., Urbin, Á., Nyitrai, Á. y Sipos, L. (2020). How to objectively determine the color of beer? *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 1183–1189. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>
- Lerro, M., Marotta, G. y Nazzaro, C. (2020). Measuring consumers' preferences for craft beer attributes through Best-Worst Scaling. *Agricultural and Food Economics*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40100-019-0138-4>
- Li, L., Xu, Y., Dai, X. y Dai, L. (2021). Principles and advancements in improving anaerobic digestion of organic waste via direct interspecies electron transfer. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111367. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111367>
- Manfúgas, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. [https://books.google.hn/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=heDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=que+es+una+evaluacion+sensorial+de+alimentos&ots=yjSrRbth1l&sig=mXK-aQ3ZRY6rIWTL\\_QcPsfTTPRY&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hn/books?hl=es&lr=lang_es&id=heDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=que+es+una+evaluacion+sensorial+de+alimentos&ots=yjSrRbth1l&sig=mXK-aQ3ZRY6rIWTL_QcPsfTTPRY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Mendoza Balcázar, J. M., Pihuave Calderón, L. F. y Velásquez Camposano, M. R. (2022). Análisis comparativo del valor nutricional de la cerveza artesanal y la cerveza industrial. *CIENCIA UNEMI*, 15(38), 61–72. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol15iss38.22pp61-72p>
- Miguet, J., Fang, Y., Rouyer, F. y Rio, E. (2020). How does the presence of stevia glycosides impact surface bubbles stability? *Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects*, 603, 125093. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125093>
- Mosher, M. y Trantham, K. (2021). *Brewing Science: A Multidisciplinary Approach*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-73419-0>
- Nardini, M. y Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, 305, 125437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
- Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
- Industria azucarera y alcoholera - determinación de grados brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados - método del refractómetro (2011). <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-436-scfi-2011.pdf>
- Pathare, P. B., Opara, U. L. y Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pieczonka, S. A., Hemmler, D., Moritz, F., Lucio, M., Zarnkow, M., Jacob, F., Rychlik, M. y Schmitt-Kopplin, P. (2021a). Hidden in its color: A molecular-level analysis of the beer's Maillard

- reaction network. *Food Chemistry*, 361(15), 130112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130112>
- Pieczonka, S. A., Hemmler, D., Moritz, F., Lucio, M., Zarnkow, M., Jacob, F., Rychlik, M. y Schmitt-Kopplin, P. (2021b). Hidden in its color: A molecular-level analysis of the beer's Maillard reaction network. *Food Chemistry*, 361, 130112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130112>
- Pillco Cochán, C. J., Guzmán Loayza, D. y Cuéllar Bautista, J. E. (2021). Composición físico química y análisis proximal del fruto de sofaique "Geoffroea decorticans (Hook. et Arn.)" Procedente de la región ICA-PERÚ. *Revista De La Sociedad Química Del Perú*, 87(1), 14–25. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.319>
- Pires, E. J., Teixeira, J. A [José A.], Brányik, T. y Vicente, A. A. (2014). Yeast: The soul of beer's aroma--a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(5), 1937–1949. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5470-0>
- Renzone, G., Novi, G., Scaloni, A. y Arena, S. (2021). Monitoring aging of hen egg by integrated quantitative peptidomic procedures. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 140, 110010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110010>
- Ronald S. Jackson. (2020). *Wine Science Principles and Applications* (5th). Academy Press.
- Siddiqui, S. A., Erol, Z., Rugji, J., Taşçı, F., Kahraman, H. A., Toppi, V., Musa, L., Di Giacinto, G., Bahmid, N. A., Mehdizadeh, M. y Castro-Muñoz, R. (2023). An overview of fermentation in the food industry - looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00702-y>
- Simões, J., Coelho, E., Magalhães, P., Brandão, T., Rodrigues, P., Teixeira, J. A [José António] y Domingues, L. (2023). Exploiting Non-Conventional Yeasts for Low-Alcohol Beer Production. *Microorganisms*, 11(2), 316. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020316>
- Smith, B. (2008). *Understanding SRM, Lovibond and EBC*. <https://beersmith.com/blog/2008/04/29/beer-color-understanding-srm-lovibond-and-ebc/>
- Valentoni, A., Melis, R., Sanna, M., Porcu, M. C., Rodolfi, M., Braca, A., Bianco, A., Zara, G., Budroni, M., Anedda, R., Piras, D. y Pretti, L. (2023). Fruit Beer with the Bisucciu Sardinian Apricot Cultivar (*Prunus armeniaca* L.): A Technological and Analytical Approach. *Fermentation*, 9(3), 305. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030305>
- Velázquez M, O. V. (2009). *Ácidos, bases, pH y soluciones reguladoras*. <http://www.bioquimica.dogsleep.net/Teoria/archivos/Unidad24.pdf>
- Vuletin Selak, G., Cuevas, J., Goreta Ban, S. y Perica, S. (2014). Pollen tube performance in assessment of compatibility in olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 165, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.041>
- Yang, Q., Gong, X., Chen, M., Tu, J., Zheng, X. y Yuan, Y. (2023). Comparative analysis of the aroma profile of pineapple beers brewed with juice added at different times. *Journal of the Institute of Brewing*, 129(3), 151–163. <https://doi.org/10.58430/jib.v129i3.29>
- Yusufoğlu, B., Açar, Y., Kezer, G., Zargarchi, S., Mertoglu, K. y Esatbeyoglu, T. (2025). Exploring the potential of anthocyanin-infused fermented beverages for sustainable health solutions: A

pathway to functional food development. *Future Foods*, 12, 100708. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100708>

Zhao, H., Li, H., Sun, G., Yang, B. y Zhao, M. (2013). Assessment of endogenous antioxidative compounds and antioxidant activities of lager beers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4), 910–917. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5824>

## Anexos

### Anexo A

*Ficha técnica, prueba hedónica y de preferencia utilizada en la evaluación sensorial.*

Nombre:

Edad:

Edad a la que inició a consumir cerveza:

Cerveza preferida:		
Frecuencia de consumo	Diario	
	Semanal	
	Mensual	

Nacionalidad:

¿Usted Fuma?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Tipo de cerveza preferida	Clara <input type="checkbox"/>	
	Oscura <input type="checkbox"/>	
¿Por qué?:		

#### “Desarrollo de una cerveza tipo American Pale Ale saborizado con extracto de frutas tropicales”

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Prueba hedónica de aceptación y preferencia

**Lea detenidamente las instrucciones antes de comenzar. No pruebe la muestra hasta que termine de leer**

**Instrucciones:** Delante suyo se encuentran cinco muestras de cerveza codificadas. Evalúe cada muestra, de izquierda a derecha anotando el número de la muestra en el cuadro dos. Limpié su paladar después de cada muestra tomando agua e ingiriendo de la galleta proporcionada. Evalúe los atributos de formación de espuma, color y aroma, antes de probar cada muestra.

**Tomar nota:** Indique el grado que le gusta o disgusta, los atributos de cada muestra de acuerdo con los puntajes del cuadro 1.

**Cuadro 1.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

**Cuadro 2.**

Calificación para cada atributo							
# de muestra	Espuma	Efervescencia	Color	Aroma	Sabor	Amargor	Aceptación General

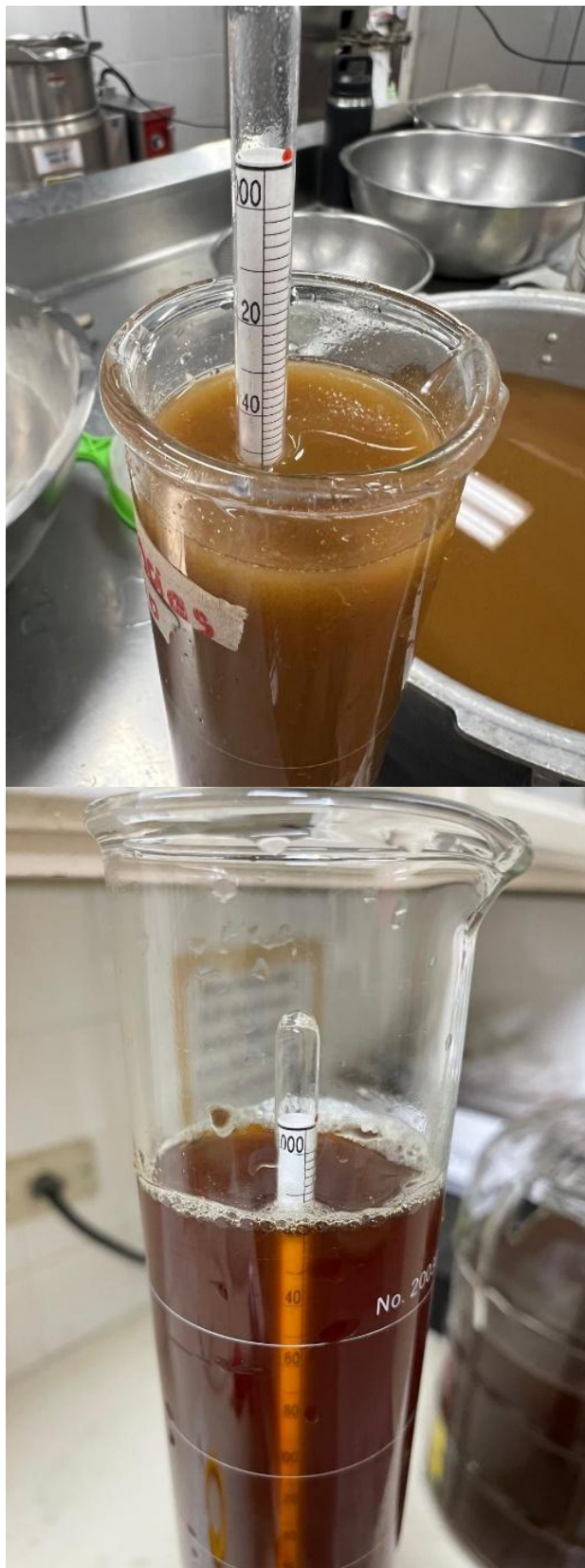
**Comentarios:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Ordene las muestras según su preferencia en el siguiente cuadro, siendo 1 la más preferida y 5 la menos preferida. No puede asignar el mismo valor de preferencia a más de una muestra.

# de muestra	Orden de preferencia

**Anexo B**

*Medición de gravedad específica antes y después de fermentación en mosto de cerveza.*



Anexo C

*Pesado y molienda para la formulación base de nuestros tratamientos*



**Anexo D**

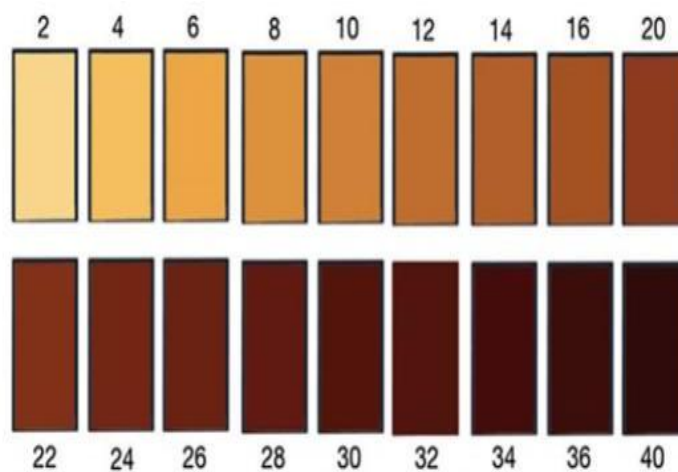
*Conversión de absorbancia a valores EBC y SRM.*

	<b>Conversión de absorbancia</b>	
	<b>EBC</b>	<b>SRM</b>
<b>Absorbancia (430 nm)</b>	$EBC = A_{430nm} \times 25$	$SRM = A_{430nm} \times 12.7$
<b>País</b>	Unión Europea	Estados Unidos

Fuente: Mosher & Trantham 2017.

## Anexo E

*Colores SRM para análisis de cerveza y mosto y Descriptores de color de cerveza utilizando la escala SRM.*



Fuente: Mosher & Trantham 2017.

Descriptor de color	Valor SRM
Paja	2 - 3
Amarillo	3 - 4
Oro	5 - 6
Ámbar	6 - 9
Ámbar profundo / cobre claro	10 - 14
Cobre	14-17
Cobre profundo / marrón claro	17 - 18
marrón	19 - 22
Marron oscuro	22-30
Marrón muy oscuro	30 - 35
Negro	30 +
Negro opaco	40 +

Fuente: BJCP 2008

**Anexo F***Parámetros de una cerveza American Pale Ale.*

<b>American Pale Ale</b>				
<b>OG</b>	<b>FG</b>	<b>IBU's</b>	<b>SRM</b>	<b>ABV</b>
1.045 – 1.060	1.010 – 1.015	30 – 45+	5 - 14	4.5 – 6%

Fuente: BJCP 2015

OG = Gravedad Original o inicial.

OF = Gravedad Final.

IBU's = Escala Internacional de Amargor.

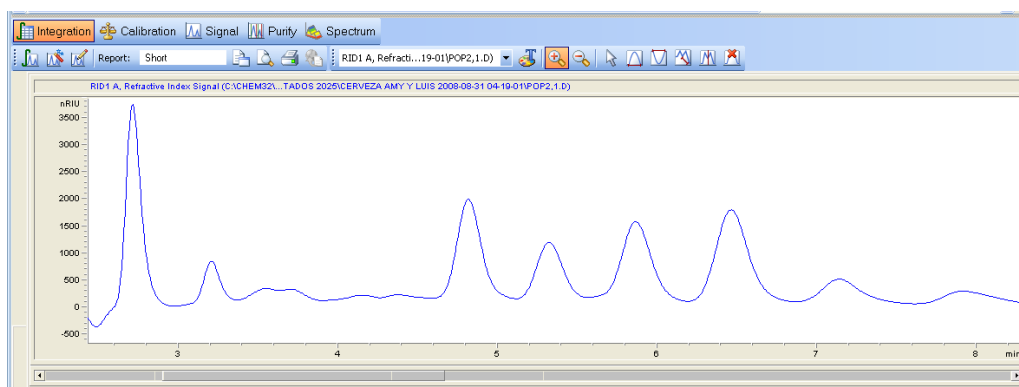
SRM = Standard Method Reference.

ABV = Porcentaje de Alcohol por Volumen.

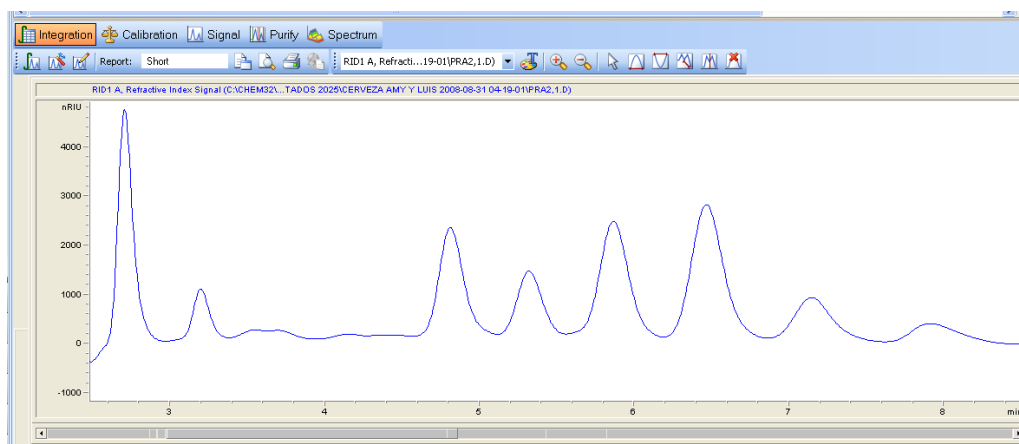
## Anexo G

### *Cromatogramas de azúcares estándares para cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale Ale.*

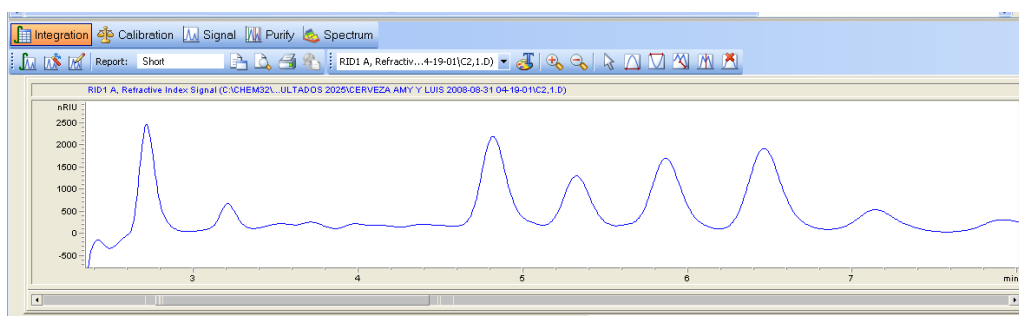
Cuantificación de perfil de azúcares para el tratamiento Piña post-fermentado.



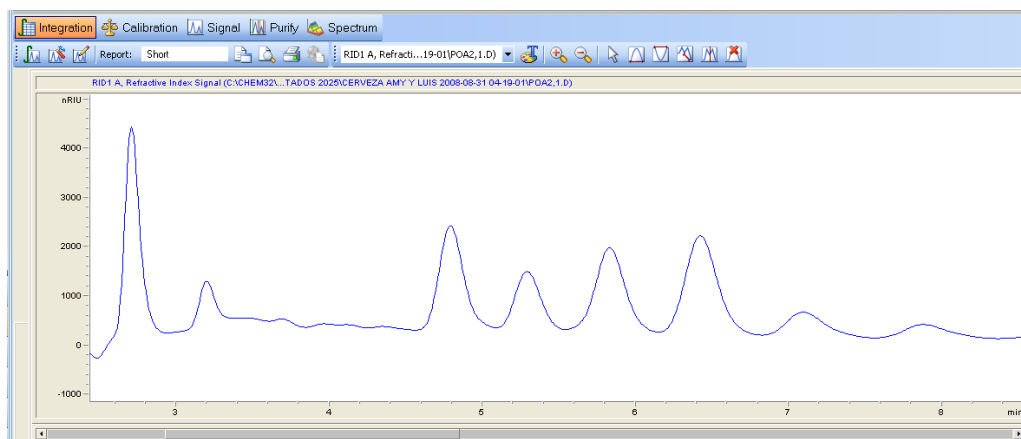
Cuantificación de perfil de azúcares para el tratamiento Albaricoque pre-fermentado.



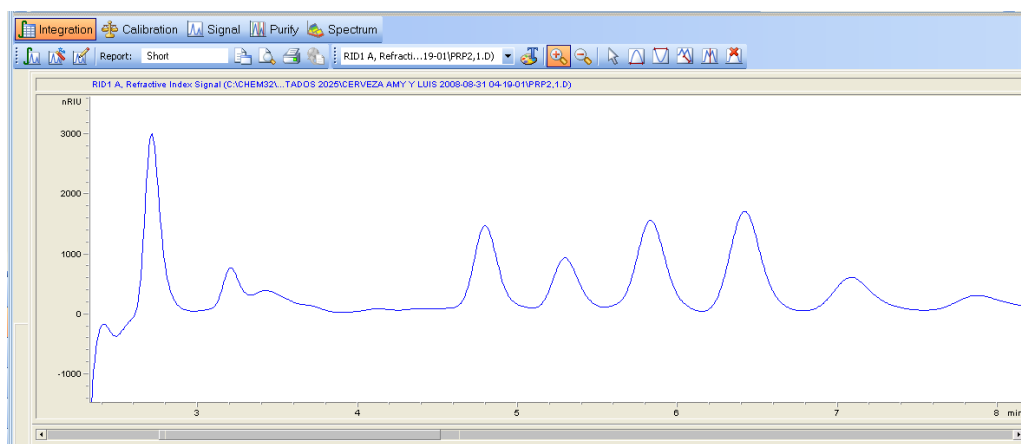
Cuantificación de perfil de azúcares para el tratamiento Control



### Cuantificación de perfil de azúcares para el tratamiento Albaricoque post-fermentado.



### Cuantificación de perfil de azúcares para el tratamiento Piña pre-fermentado.



## Anexo H

*Interacción estadística entre factores y atributos sensoriales*

## Espuma

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	2.8153846	1.4076923	0.58	0.5605
sabor	2	9.0000000	4.5000000	1.86	0.1608
Panelista	25	210.3692308	8.4147692	3.48	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.

## Efervescencia

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	1.4115385	0.7057692	0.61	0.5438
sabor	2	20.6346154	10.3173077	8.96	0.0003
Panelista	25	337.7307692	13.5092308	11.73	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.

## Color

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	0.8923077	0.4461538	0.33	0.7178
sabor	2	5.0000000	2.5000000	1.86	0.1604
Panelista	25	213.2000000	8.5280000	6.36	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.

## Aroma

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	11.8730769	5.9365385	3.38	0.0381
sabor	2	0.7115385	0.3557692	0.20	0.8171
Panelista	25	183.7230769	7.3489231	4.18	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.

## Sabor

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	65.3961538	32.6980769	11.09	<.0001
sabor	2	1.4038462	0.7019231	0.24	0.7886
Panelista	25	328.9307692	13.1572308	4.46	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.

## Amargor

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Fermentacion	2	31.4730769	15.7365385	4.68	0.0114
sabor	2	12.2500000	6.1250000	1.82	0.1671
Panelista	25	442.9923077	17.7196923	5.27	<.0001
Fermentacion*sabor	0	0.0000000	.	.	.