

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Aceptabilidad de una cerveza artesanal aromatizada utilizando
Prosopis pallida L. “Algarroba” y *Theobroma cacao* L. “Cacao”
sustituyendo al lúpulo en el dry hopping

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCOMERCIO

AUTOR

Javier Arturo Espinoza Chiroque

ASESOR

José Luis Sosa León

Morropón, Perú

2025

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 049-2025-UCSS/FCAA-DI

Siendo las 02:00 p. m. del 25 de julio de 2025 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Linda Marianella Salazar Noriega | presidente |
| 2. María Del Carmen Villegas Montoya | primer miembro |
| 3. William Nemesio Chunga Trelles | segundo miembro |
| 4. José Luis Sosa León | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

Aceptabilidad de una cerveza artesanal aromatizada utilizando *Prosopis pallida* L. "Algarroba" y *Theobroma cacao* L. "Cacao" sustituyendo al lúpulo en el dry hopping

Que presenta el bachiller en **Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio**

Javier Arturo Espinoza Chiroque

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR	X
DESAPROBAR	...

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare EXPEDITA para conferir el TÍTULO DE **INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCERCOMERCIO**.

Lima, 25 de julio de 2025.

Linda Marianella Salazar Noriega
Presidente

María Del Carmen Villegas Montoya
1° miembro

William Nemesio Chunga Trelles
2° miembro

José Luis Sosa León
Asesor(a)

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Morropón, 1 de septiembre de 2025

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la **tesis** bajo mi asesoría, con **título:** Aceptabilidad de una cerveza artesanal aromatizada utilizando *Prosopis pallida* L. "Algarroba" y *Theobroma cacao* L. "Cacao" sustituyendo al lúpulo en el dry hopping, presentado por Javier Arturo Espinoza Chiroque (Código: 2012101581 y DNI: 77242890) para optar el **título profesional** de Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado en el Repositorio Institucional Digital.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 11 % (poner el valor del porcentaje)**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma

José Luis Sosa León

DNI N°: 03891414

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8149-8063>

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias para superar cada obstáculo en este camino.

A mi querida esposa Natalia, mi compañera de vida, mi apoyo incondicional. Tus palabras de aliento, tu paciencia y tu amor fueron el motor que me impulsó a seguir adelante. Gracias por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi alegría en cada logro.

A mis seres queridos, quienes me han acompañado de una u otra forma durante este viaje. Su cariño, comprensión y apoyo han sido fundamentales para la culminación de este proyecto. A todos ustedes, les debo más de lo que las palabras pueden expresar.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, su sacrificio, esfuerzo y amor incondicional han sido la base de cada uno de mis logros. Gracias, mamá, por enseñarme a nunca rendirme y por creer en mí en todo momento.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por brindarme la formación académica y los valores que han moldeado mi carrera profesional. Agradezco profundamente a todos los profesores que formaron parte de este trayecto. Esta institución no solo me proporcionó el conocimiento técnico, sino también una visión integral y humana del mundo que me rodea.

Al Ing. José Luis Sosa León, sus consejos y enseñanzas fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Gracias por su compromiso, por siempre estar disponible para resolver mis dudas y por motivarme a alcanzar la excelencia en cada etapa de esta investigación

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE APÉNDICES	15
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	21
1.1. Antecedentes.....	21
1.2. Bases teóricas especializadas	29
1.2.1. La cerveza	29
1.2.2. Insumos para la elaboración de cerveza	31
1.2.3. Proceso de elaboración de cerveza artesanal	33
1.2.4. El algarrobo.....	35
1.2.5. El cacao.....	37
1.2.6. Criterios microbiológicos.....	38
1.2.7. Análisis sensorial.....	39
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1. Diseño de la investigación	40
2.2. Lugar y fecha	41
2.3. Descripción del experimento.....	42
2.4. Tratamientos.....	59
2.5. Unidades experimentales	60
2.6. Identificación de variables y su mensuración.....	60
2.7. Diseño estadístico del experimento.....	61
2.8. Análisis estadístico de datos.....	62
2.9. Materiales y equipos	63
CAPÍTULO III: RESULTADOS	66
3.1. Características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a	

través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales	66
3.1.1. Evaluación sensorial.	66
3.2. Características fisicoquímicas (densidad, acidez titulable, pH y grados de alcohol) de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.....	86
3.2.1. pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	87
3.2.2. Porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	88
3.2.3. Porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter...89	
3.2.4. Densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.	90
3.2.5. Intención de compra	92
3.3. Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia	95
3.4. Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional	96
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	98
4.1. Determinación de las características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales.....	98
4.1.1. Resultados de las características organolépticas de aroma, color, sabor, cuerpo, retrogusto e intención de compra	98
4.2. Determinación de las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable, densidad y grados de alcohol) de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter... ..	104
4.2.1. Resultados de las características fisicoquímicas de pH, acidez, densidad y grados de alcohol... ..	104
4.3. Determinación del recuento total de microorganismos aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia.....	106
4.3.1. Resultados de las características microbiológicas de aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras >UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia... ..	106
4.4. Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de algarroba y cacao frente a una cerveza porter convencional...107	
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	108
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	110

REFERENCIAS.....	111
TERMINOLOGÍA.....	117
APÉNDICES	120

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición nutricional de la cerveza en 100 ml</i>	31
Tabla 2. <i>Composición del extracto de algarroba en polvo en 100 g de alimento</i>	37
Tabla 3. <i>Composición de la semilla de cacao en 100 g de alimento</i>	38
Tabla 4. <i>Requisitos microbiológicos de la cerveza</i>	39
Tabla 5. <i>Descripción de los tratamientos</i>	60
Tabla 6. <i>Variables y su mensuración</i>	61
Tabla 7. <i>Materiales y equipos usados en la investigación</i>	64
Tabla 8. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	67
Tabla 9. <i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	68
Tabla 10. <i>Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	69
Tabla 11. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	71
Tabla 12. <i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	72
Tabla 13. <i>Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	73
Tabla 14. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	75
Tabla 15. <i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	76
Tabla 16. <i>Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica</i>	

	<i>organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	77
Tabla 17.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	79
Tabla 18.	<i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	80
Tabla 19.	<i>Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	81
Tabla 20.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	83
Tabla 21.	<i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	84
Tabla 22.	<i>Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	85
Tabla 23.	<i>Resultados de las mediciones de las características fisicoquímicas de pH, acidez, grados de alcohol y densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	87
Tabla 24.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	87
Tabla 25.	<i>Pruebas de Tukey del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	88
Tabla 26.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	88
Tabla 27.	<i>Pruebas de Tukey del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	89
Tabla 28.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	90
Tabla 29.	<i>Pruebas de Tukey del porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	90
Tabla 30.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	91

Tabla 31. <i>Pruebas de Tukey de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	91
Tabla 32. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	92
Tabla 33. <i>Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de la intención de compra realizado a la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	93
Tabla 34. <i>Pruebas de Tukey y Duncan de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	94
Tabla 35. <i>Resultados microbiológicos del tratamiento con mayor aceptación sensorial de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	96
Tabla 36. <i>Resultados del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional</i>	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa de Chulucanas</i>	42
Figura 2. <i>Flujograma de elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter</i>	54
Figura 3. <i>Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma</i>	70
Figura 4. <i>Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color</i>	74
Figura 5. <i>Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor</i>	78
Figura 6. <i>Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo</i>	82
Figura 7. <i>Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto</i>	86
Figura 8. <i>Diferencia de las medias de la intención de compra de la cerveza artesanal estilo porter</i>	95
Figura 9. <i>Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional</i>	97

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Recepción de materia prima e insumos	120
Apéndice 2. Molienda de maltas	120
Apéndice 3. Maceración y recirculado	121
Apéndice 4. Lavado de grano, cocción y adición del lúpulo	121
Apéndice 5. Adición de levadura y fermentación	122
Apéndice 6. Acondicionamiento de insumos	122
Apéndice 7. Pesado de los tratamientos	123
Apéndice 8. Adición de los tratamientos a los fermentadores	123
Apéndice 9. Adición de dextrosa y envasado	124
Apéndice 10. Maduración y almacenamiento	124
Apéndice 11. Determinación de pH.....	125
Apéndice 12. Determinación de porcentaje de acidez.....	125
Apéndice 13. Determinación de grados de alcohol	126
Apéndice 14. Determinación de densidad	126
Apéndice 15. Entrenamiento de panelistas	127
Apéndice 16. Evaluación sensorial de la cerveza artesanal estilo porter.....	127
Apéndice 17. Resultados de los análisis sensoriales de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	128
Apéndice 18. Resultados de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	129
Apéndice 19. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	130
Apéndice 20. Resultados de los análisis microbiológicos de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter	131
Apéndice 21. Ficha de evaluación sensorial e intención de compra	132
Apéndice 22. Ficha de evaluación sensorial e intención de compra (continuación)	133

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar y analizar una cerveza artesanal aromatizada estilo porter, mediante la sustitución parcial del lúpulo por algarroba (*Prosopis pallida*) y cacao (*Theobroma cacao*) en el proceso de dry hopping. Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) para las propiedades fisicoquímicas (pH, grados de alcohol, acidez titulable y densidad) y un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para el sabor, aroma, color, cuerpo y retrogusto. Se utilizaron a 40 panelistas semi entrenados, que evaluaron 6 tratamientos T0 (100 % lúpulo), T1 (80 % lúpulo y 20 % algarroba), T2 (80 % lúpulo y 20 % cacao), T3 (50 % lúpulo y 50 % algarroba), T4 (50 % lúpulo y 50 % cacao) y T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) a través de una escala hedónica de 9 puntos. El tratamiento T5 obtuvo las puntuaciones más altas de preferencia. Los análisis estadísticos (ANOVA, Tukey y Duncan) con una significancia del 5 %, confirmaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. En los análisis fisicoquímicos, T5 mantuvo los parámetros adecuados como un pH de 4,03; acidez de 0,50 %, alcohol de 4,09 % y densidad de 1,020 g/ml. Los estudios microbiológicos realizados al mejor tratamiento, cumplieron con los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 213.014:2016, que garantizaron su inocuidad y aptitud para el consumo.

Palabras clave: *algarroba (Prosopis pallida), análisis fisicoquímico, análisis sensorial, cacao (Theobroma cacao), cerveza artesanal.*

ABSTRACT

The objective of this study was to develop and analyze a craft porter style beer, flavored through the partial substitution of hops with carob (*Prosopis pallida*) and cocoa (*Theobroma cacao*) during the dry hopping process. A completely randomized design was used to evaluate physicochemical properties (pH, alcohol content, titratable acidity, and density), and a randomized complete block design was applied for sensory attributes such as flavor, aroma, color, body, and aftertaste. A total of 40 semi-trained panelists evaluated six treatments: T0 (100 % hops), T1 (80 % hops and 20 % carob), T2 (80 % hops and 20 % cocoa), T3 (50 % hops and 50 % carob), T4 (50 % hops and 50 % cocoa), and T5 (50 % carob and 50 % cocoa), using a 9 point hedonic scale. Treatment T5 received the highest preference scores. Statistical analyses (ANOVA, Tukey, and Duncan tests) with a 5 % significance level confirmed significant differences ($p < 0,05$) among treatments. In the physicochemical analysis, T5 maintained appropriate parameters: pH 4,03; acidity 0,50 %; alcohol content 4,09 %; and density 1,020 g/ml. Microbiological testing of the best treatment met the limits established by the Peruvian Technical Standard NTP 213.014:2016, ensuring its safety and suitability for consumption.

Keywords: *artisanal beer, cacao (Theobroma cacao), carob (Prosopis pallida), physicochemical analysis, sensory analysis.*

INTRODUCCIÓN

El departamento de Piura, ubicado en la región norte de Perú, es ampliamente reconocido por su biodiversidad y riqueza en recursos naturales, los cuales han impulsado el desarrollo de productos agroindustriales de alto valor económico y cultural. Entre estos recursos destacan la algarroba y el cacao, cultivos que han adquirido una creciente importancia tanto en el mercado nacional como internacional debido a sus características organolépticas y beneficios nutricionales (Rojas, 2023). La algarroba, originaria del bosque seco de Piura, es valorada por su versatilidad como insumo en la industria alimentaria, participando en la elaboración de harinas y la algarrobina (Rodríguez, 2021). Por su parte, el cacao blanco de Piura es reconocido por su perfil sensorial distintivo, con notas afrutadas y florales, lo que lo posiciona como uno de los cacaos finos y aromáticos más demandados en la industria chocolatera (Gamboa, 2024).

En el contexto de la industria cervecera artesanal, la exploración de ingredientes autóctonos como la algarroba y el cacao responde a una creciente demanda por la innovación en sabores y la revalorización de insumos locales (Strong y England, 2021). En particular, la cerveza artesanal estilo porter se caracteriza por su cuerpo robusto y notas a malta tostada, lo que la convierte en una matriz idónea para incorporar estos ingredientes, potenciando su perfil organoléptico con matices dulces y afrutados (Morton, 2019). Estudios previos han explorado la sustitución parcial del lúpulo con insumos alternativos en la elaboración de cervezas artesanales, con resultados prometedores en términos de aceptabilidad sensorial y diferenciación en el mercado (Távora, 2018).

La presente investigación busca contribuir a la innovación en la industria cervecera artesanal mediante la incorporación de algarroba y cacao como sustitutos parciales del lúpulo en el proceso de dry hopping, promoviendo el uso de ingredientes locales en formulaciones innovadoras. Este enfoque no solo permite diversificar la oferta de cervezas artesanales con identidad regional, sino que también fomenta el desarrollo sostenible de los recursos locales de Piura, fortaleciendo la economía de los productores de algarroba y cacao (Unión de Cerveceros Artesanales del Perú [UCAP], 2017). Además, la investigación aportará

conocimiento sobre los efectos fisicoquímicos y sensoriales de estos ingredientes en la estabilidad y calidad del producto final, lo que podrá servir de referencia para futuras formulaciones en la industria cervecera. Asimismo, el estudio pretende evaluar el impacto de estos ingredientes en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal estilo porter, analizando parámetros como pH, porcentaje de acidez, densidad y porcentaje de grados alcohólicos, así como su influencia en las características organolépticas como aroma, sabor, cuerpo y retrogusto. La incorporación de algarroba y cacao no solo podría generar una cerveza con características organolépticas innovadoras, sino que también permitiría reducir la dependencia del lúpulo importado, optimizando costos y promoviendo el uso de insumos autóctonos con valor agregado.

Además de su potencial para innovar el perfil sensorial de la cerveza, la algarroba y el cacao aportan beneficios nutricionales de relevancia que podrían enriquecer el valor funcional de la bebida. La algarroba se caracteriza por su alto contenido de carbohidratos complejos, proteínas, minerales como calcio, fósforo y hierro, así como compuestos antioxidantes (INIA, 2020). Por su parte, el cacao destaca por su elevada concentración de polifenoles, ácidos grasos saludables y minerales esenciales, que podrían ejercer efectos antioxidantes (Cayetano *et al.*, 2021). La incorporación de estos ingredientes no solo diversifica las propiedades organolépticas de la cerveza artesanal estilo porter, sino que también introduce micronutrientes y compuestos bioactivos que podrían ser valorados por consumidores interesados en productos con un perfil nutricional mejorado, generando así un valor agregado a la propuesta cervecera.

La presente tesis está organizada en cinco capítulos. El Capítulo I desarrolla el marco teórico, incluyendo los antecedentes, bases teóricas y estudios previos relacionados con la investigación. El Capítulo II describe la metodología empleada, detallando el diseño experimental, los tratamientos, las variables analizadas y los procedimientos de evaluación sensorial y fisicoquímica. En el Capítulo III se presentan los resultados obtenidos, seguidos del Capítulo IV, donde se discuten los hallazgos en comparación con la literatura existente. Finalmente, el Capítulo V expone las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la aceptabilidad de las características organolépticas del producto final de la elaboración de una cerveza artesanal aromatizada de estilo porter utilizando “algarroba” *Prosopis pallida* y “cacao” *Theobroma cacao* en diferentes formulaciones sustituyendo al lúpulo durante el proceso de dry hopping.

Objetivos Específicos

- Desarrollar las diferentes formulaciones a base de algarroba, cacao y lúpulo en la elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter en el proceso de dry hopping.
- Determinar las características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales.
- Determinar las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable, densidad y grados de alcohol) y microbiológicas (recuento total de microorganismos aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml) de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacionales

Rojas (2023) en el estudio “Estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus lupulus*) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale”, realizado en Cuenca, Ecuador, tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución del lúpulo por hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo pale ale y su impacto sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. El estudio fue de tipo experimental y seleccionó tres hierbas aromáticas: cedrón, hierba luisa y manzanilla, basándose en su composición química, propiedades sensoriales y actividad antimicrobiana. La población estuvo constituida por consumidores habituales de cerveza artesanal, quienes participaron en la evaluación sensorial de los tratamientos. La metodología consistió en elaborar cuatro formulaciones de cerveza: tres con diferentes concentraciones de hierbas aromáticas de 6 g, 4 g y 2 g respectivamente, asimismo, usó una con lúpulo tradicional como control. Los datos fueron procesados mediante un análisis estadístico ANOVA, utilizando el programa SPSS. Los resultados mostraron que la sustitución del lúpulo por hierbas aromáticas no afectó significativamente las propiedades organolépticas de la cerveza. La muestra con mejor aceptación fue la elaborada con 4 g de cada hierba, lo que sugiere un equilibrio ideal en las características organolépticas. El estudio concluyó que la sustitución del lúpulo por hierbas aromáticas es viable, manteniendo la calidad sensorial y microbiológica de la cerveza artesanal tipo pale ale.

Tucumbi (2022) en el estudio “Diseño de un proceso de elaboración de cerveza tipo Lambic sabor a capulí (*Prunus serótina* Var. *Capulí* (Cav.) *McVaugh*)”, realizado en Ambato, Ecuador, tuvo como objetivo principal elaborar una cerveza artesanal tipo lambic aprovechando los adjuntos de esta fruta, así como identificar la fórmula que presentara mayor aceptación por parte de los consumidores. El estudio fue de tipo experimental y utilizó un diseño bifactorial en el que evaluó dos factores, factor A: peso de capulí y factor B: tipos de malta. La población estuvo constituida por 15 panelistas semi entrenados, quienes

participaron en las evaluaciones sensoriales de cada tratamiento. La metodología consistió en formular 6 tratamientos en total, combinando diferentes concentraciones de capulí y tipos de malta, y posteriormente someterlos a un análisis sensorial. El tratamiento de los datos los realizó mediante un análisis estadístico ANOVA y pruebas de medias de Tukey ($p < 0,05$) para determinar las diferencias significativas entre las muestras. Los resultados indicaron que el tratamiento con la tipificación a1b3 fue el que presentó mayor aceptación en términos de sabor, aroma y características generales. El análisis reveló que la combinación de un peso moderado de capulí y un tipo de malta específico favoreció las propiedades sensoriales de la cerveza. El estudio concluyó que la incorporación del capulí en la elaboración de cerveza artesanal tipo lambic es viable, logrando una aceptación favorable entre los consumidores para una formulación específica.

Dabija *et al.* (2022) en el estudio “Uso del trigo sarraceno malteado y sin maltear en la producción de cerveza”, realizado en Suceava, Rumania, tuvieron como objetivo explorar el potencial del trigo sarraceno como ingrediente alternativo en la producción de cerveza artesanal, evaluando su impacto en las características sensoriales y fisicoquímicas del producto final. El estudio fue de tipo experimental, y la población estuvo constituida por un grupo de expertos en cervezas artesanales que realizaron las evaluaciones sensoriales. La metodología consistió en la adición del trigo sarraceno en diversas proporciones al proceso de elaboración de la cerveza, evaluando su efecto sobre el sabor, aroma, cuerpo y la estabilidad de la espuma. El tratamiento de los datos fue realizado mediante un análisis estadístico, utilizando el programa SPSS para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados mostraron que la incorporación de quinua confería a la cerveza un perfil sensorial distintivo, con notas a nuez y cereales, además de mejorar la estabilidad de la espuma y el cuerpo sin interferir en el proceso de fermentación. También evidenciaron una mejora en el valor nutricional del producto final. El estudio concluyó que el trigo sarraceno es un ingrediente prometedor en la producción de cervezas artesanales, ofreciendo una alternativa innovadora y saludable frente a los cereales tradicionales, lo que podría atraer a consumidores en busca de nuevas experiencias sensoriales y opciones más nutritivas.

Da Silva *et al.* (2021) en el estudio “Análisis fisicoquímico y sensorial de cerveza artesanal elaborada con guanábana (*Annona muricata* L.)”. El objetivo fue analizar el efecto de la adición de guanábana en las propiedades sensoriales como color, sabor, aroma, retención de espuma y claridad, así como en las características fisicoquímicas, incluyendo pH, porcentaje de alcohol, densidad y amargor. El estudio fue de tipo no experimental. Utilizaron encuestas sensoriales aplicadas a consumidores no entrenados como técnica de recopilación de datos. La población estuvo constituida por un grupo de degustadores seleccionados aleatoriamente. La metodología consistió en la elaboración de diferentes lotes de cerveza artesanal con variaciones en el porcentaje de guanábana. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de aceptabilidad utilizando el índice de Dutcosky. Los resultados evidenciaron que la cerveza con un 15 % de guanábana obtuvo el mayor nivel de aceptación, con un índice de 84,89 %, superando el umbral del 70 % establecido como referencia. El estudio concluyó que la incorporación de guanábana en la cerveza artesanal es viable, ya que no afecta significativamente las características fisicoquímicas y presenta una alta aceptación entre los consumidores.

Caicedo (2018) en el estudio “Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal” en Pamplona, Colombia. El objetivo principal fue analizar el impacto de esta sustitución en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza. El estudio fue de tipo experimental. Las técnicas utilizadas para la recopilación de información incluyeron análisis fisicoquímicos y pruebas sensoriales. La población estuvo constituida por un grupo de degustadores seleccionados aleatoriamente. La metodología consistió en la elaboración de cuatro tratamientos: las muestras fueron Mc (Muestra control) con 100 % de lúpulo, T1 (25 % café – 75 % lúpulo), T2 (50 % café - 50 % lúpulo) y T3 (75 % café – 25 % lúpulo). El análisis de los datos los realizó mediante pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales, utilizando un software especializado. Los resultados evidenciaron que el incremento en la proporción de café influyó significativamente en parámetros como el contenido de azúcares, el pH, el color, el amargor y la capacidad espumante. A mayor porcentaje de café, determinó un aumento en la oscuridad del color y en el nivel de amargor, mientras que el pH tendió a volverse más básico y la producción de CO₂ y etanol disminuyó. La muestra con mayor aceptación sensorial fue la que contenía un 25 % de café. El estudio concluyó que la sustitución parcial del lúpulo por café tostado y molido es viable, ya que genera modificaciones en las

propiedades de la cerveza sin comprometer su aceptabilidad. La muestra con mayor aceptación sensorial fue el tratamiento T1.

Aldaz (2018) en su estudio titulado “Elaboración de cerveza artesanal a partir de cebada malteada (*Hordeum distichon*) con adjuntos amiláceos quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y Adjuntos sacarinos jarabe de remolacha (*Veta bulgaris*)”, realizado en la ciudad de Riobamba, Ecuador, tuvo como objetivo evaluar las características organolépticas y el nivel de aceptación de una cerveza artesanal utilizando como ingredientes adicionales la quinua y la remolacha. El estudio fue de tipo experimental y diseñó diferentes formulaciones con distintas proporciones de quinua y remolacha. La población estuvo constituida por un grupo de consumidores que participaron en las evaluaciones organolépticas. La metodología consistió en la preparación de diversas muestras de cerveza con variaciones en la concentración de quinua y remolacha, seguidas de la evaluación de las características sensoriales mediante pruebas de aceptación. Los datos obtenidos fueron tratados mediante un análisis estadístico descriptivo, utilizando el software SPSS para determinar la muestra con mayor preferencia. Los resultados evidenciaron que la formulación con 3,10 % de quinua y 3,72 % de remolacha fue la de mayor aceptación entre los participantes. El estudio concluyó que la cerveza artesanal con estas características fue la más apreciada por los consumidores, presentando un perfil sensorial favorable que combina la malta de cebada, el agua, el jarabe de remolacha, la quinua, la levadura y el lúpulo.

Monsalve y Vélez (2017), en su investigación titulada “Diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal con sabor a café”, realizada en la ciudad de Medellín, Colombia, tuvieron como objetivo principal determinar la receta de cerveza artesanal con sabor a café que resultara más aceptable a nivel organoléptico, sustituyendo parcialmente el lúpulo por café. El estudio fue de tipo experimental, con un diseño factorial fraccionado y análisis multivariantes. Para la recolección de datos, analizaron 10 formulaciones diferentes de cerveza artesanal con sabor a café, evaluadas mediante criterios fisicoquímicos y sensoriales. La población estuvo constituida por 30 panelistas no expertos, quienes realizaron una evaluación sensorial en función de parámetros como preferencia, sabor y aroma. Los datos obtenidos fueron tratados mediante un análisis estadístico multivariado, utilizando el software SPSS. Los resultados indicaron que la receta número 2 fue la más aceptada,

destacándose por sus características de preferencia, sabor y aroma. El estudio concluyó que la mejor formulación fue aquella que contenía las concentraciones más bajas de extracto de café, lo que permitió obtener un perfil organoléptico favorable para los consumidores, además, las concentraciones más bajas permitieron una mejor integración de los componentes de la cerveza, lo que reflejó una experiencia sensorial más equilibrada en términos de sabor y aroma.

Nacionales

Ochoa (2024), en su investigación titulada “Elaboración de la cerveza artesanal tipo Pale Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) variedad INIA 411 San Cristóbal y aguaymanto (*Physalis peruviana*) de la Región y evaluación de las características fisicoquímicas y organolépticas”, realizada en la ciudad de Ayacucho, Perú, tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas y organolépticas de la cerveza artesanal, así como analizar el impacto de la inclusión del aguaymanto en la producción de una cerveza. El estudio fue de tipo experimental. La población estuvo constituida por 15 panelistas semi entrenados con muestras obtenidas a partir de tres formulaciones: 5 % zumo de aguaymanto más 95 % de mosto, 10 % zumo de aguaymanto más 90 % de mosto y 15 % zumo de aguaymanto más 85 % de mosto. La metodología consistió en realizar análisis fisicoquímicos para determinar parámetros como el pH, la acidez, la densidad y los grados de alcohol, así como análisis sensoriales para evaluar el aroma, sabor, color y apariencia general de las muestras. Los datos obtenidos fueron tratados mediante un diseño completamente al azar, y utilizó un análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados indicaron que el tratamiento con 5 % de zumo de aguaymanto y 95 % de mosto presentó los mejores resultados en cuanto a las características fisicoquímicas, además, este tratamiento obtuvo la mejor aceptabilidad en las evaluaciones organolépticas, destacándose por sus puntuaciones de 5,73 en sabor, 5,73 en aspecto general, 5,20 en color y 4,53 en aroma. El estudio concluyó que la cebada y el aguaymanto tienen un gran potencial como ingredientes en la producción de cerveza artesanal.

Lizarbe (2023) en su investigación titulada “Sustitución parcial de lúpulo (*Humulus lupulus*) con tanino a partir de tara (*Caesalpinea spinosa*) proveniente de Pacaycasa - Ayacucho en la elaboración de cerveza artesanal.”, Ayacucho, Perú; tuvo como objetivo evaluar el

impacto de la sustitución parcial del lúpulo por tanino extraído de tara sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de la cerveza. El estudio fue experimental, utilizando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial. Las técnicas empleadas para la recolección de datos incluyeron la extracción de tanino a diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C y 60 °C y concentraciones de alcohol 45 %, 55 % y 65 %, con el fin de optimizar el rendimiento y la calidad del extracto. Además, elaboró cervezas con diferentes proporciones de lúpulo 90 %, 80 %, 70 % y sustitución por tanino de tara en proporciones del 10 %, 20 % y 30 %. La población estuvo constituida por 24 panelistas semi entrenados. Para el análisis estadístico, utilizó un diseño factorial y aplicó pruebas de análisis de varianza, empleando el software SPSS. Los resultados indicaron que la extracción de tanino a 50 °C con alcohol al 55 % alcanzó el mayor rendimiento 69 %, y que el tratamiento con 70 % de lúpulo y 30 % de tanino de tara fue el más aceptado por los panelistas semi entrenados, destacándose por una menor turbidez, una característica valorada en las cervezas artesanales. El estudio concluyó que la sustitución parcial del lúpulo por tanino de tara es una opción viable para la producción de cervezas artesanales con características sensoriales atractivas, especialmente en cuanto a la claridad de la cerveza.

Loza (2023) en el estudio “Influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo (*Olea europaea*) y pulpa de chirimoya (*Annona cherimola*) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo ale”, Tacna, Perú; tuvo como objetivo evaluar la influencia del reemplazo del lúpulo por hojas de olivo y la incorporación de la pulpa de chirimoya en las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale. El estudio fue experimental, constituida por varias formulaciones de cerveza elaboradas con diferentes proporciones de estos ingredientes. La metodología consistió en la preparación de tratamientos de cerveza con diferentes niveles de sustitución del lúpulo por hojas de olivo y la adición de pulpa de chirimoya, analizando las variaciones en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las muestras. Los datos fueron tratados mediante un análisis de varianza que generaron modelos de regresión para explicar el comportamiento de las variables. Los resultados mostraron que la sustitución del lúpulo por hojas de olivo y la incorporación de la pulpa de chirimoya tuvo una influencia significativa ($p < 0,05$) sobre las características fisicoquímicas. En cuanto a la evaluación sensorial, observó un impacto significativo ($p < 0,05$) en la aceptabilidad de la cerveza respecto al color, aroma, sabor y espuma, aunque el amargor no presentó un efecto significativo ($p > 0,05$). Los panelistas

calificaron la cerveza elaborada con estas sustituciones como "ligeramente agradable". El estudio concluyó que el reemplazo del lúpulo por hojas de olivo y la incorporación de pulpa de chirimoya afectan tanto las características fisicoquímicas como sensoriales de la cerveza.

Hurtado (2020), en su estudio “Elaboración de cerveza artesanal funcional utilizando la quinua como agregado” realizado en la provincia constitucional del Callao, Perú, tuvo como objetivo desarrollar una cerveza artesanal funcional incorporando quinua como agregado, con el propósito de identificar la formulación que optimizara la calidad fisicoquímica y sensorial de la bebida. La investigación fue de tipo experimental y siguió un diseño completamente aleatorizado. Para la recopilación de información, utilizó mediciones de densidad, pH, grados de alcohol, color, amargor y contenido de proteínas totales, además de pruebas sensoriales aplicadas a un panel de catadores. La metodología incluyó las etapas de maceración, adición de quinua como adjunto, cocción, fermentación, maduración, gasificación y embotellado. El tratamiento de los datos los realizó mediante análisis estadístico descriptivo y pruebas de comparación de medias con el software SPSS. Los resultados indicaron que la mejor formulación contenía 20 l de agua, 2 kg de malta Pale ale, 2 kg de malta Caraamber, 7,24 g de lúpulo Citra, 11,5 g de levadura *Safale American*, 9,65 g de lúpulo Chinook y 6,5 l de quinua incorporada. Esta receta presentó un grado alcohólico de 4,7 %, una densidad de 1,044 SG, un pH de 5,6, un color de 29,3 EBC, un amargor de 31,2 °IBU y un contenido de proteínas totales de 3,676 g/100 ml. El estudio concluyó que la adición de quinua mejora el perfil funcional y sensorial de la cerveza artesanal, lo que la convierte en una alternativa innovadora y atractiva para el mercado.

Távora (2018), en su estudio “Formulación y caracterización de cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*)” realizado en la ciudad de Piura, tuvo como objetivo determinar los parámetros de control y evaluar la aceptabilidad de una cerveza artesanal de estilo ale elaborada con algarroba y cebada malteada. La investigación fue de tipo experimental y siguió un diseño bifactorial. Para la recopilación de información, aplicó pruebas organolépticas considerando sabor, apariencia, olor y retrogusto, además de análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Elaboraron cinco formulaciones de cerveza con diferentes proporciones de cebada y algarroba: F1 (20 % cebada; 80 % algarroba), F2 (30 % cebada; 70 % algarroba),

F3 (40 % cebada; 60 % algarroba), F4 (50 % cebada; 50 % algarroba) y F5 (60 % cebada; 40 % algarroba), combinados con tres niveles de lúpulo: C1 (0,8 g/l), C2 (1 g/l) y C3 (1,2 g/l). La metodología incluyó la elaboración de cerveza siguiendo los procesos estándar de maceración, fermentación, maduración y embotellado. El análisis de datos lo realizó mediante ANOVA utilizando el software estadístico SPSS. Los resultados evidenciaron que la formulación más aceptada fue F5 * C2, destacando por un contenido alcohólico de 4,3 %, azúcares totales de 1,74 %, y valores microbiológicos de mohos (UFC/ml) < 3 y levaduras (UFC/ml) < 3. El estudio concluyó que la combinación de 60 % de cebada con 40 % de algarroba y una dosificación de 1 g/l de lúpulo optimiza la calidad sensorial y fisicoquímica de la cerveza artesanal, favoreciendo su aceptación en el mercado.

Apaza y Atencio (2017), en su estudio “Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale, con sustitución parcial de malta (*Hordeum vulgare*) por guiñapo de maíz morado (*Zea Mays*)” en la ciudad de Arequipa, Perú, tuvieron como objetivo evaluar las características fisicoquímicas del maíz morado y las propiedades sensoriales de la cerveza artesanal resultante. La investigación fue de tipo experimental y siguió un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA). Para la recopilación de información, llevaron a cabo análisis fisicoquímicos, microbiológicos y una evaluación sensorial con un panel entrenado de 13 jueces cervecedores. Realizaron tres formulaciones de cerveza con diferentes proporciones de maíz morado y malta: 20 %; 80 %, 25 %; 75 % y 30 %; 70 %. La metodología incluyó la molienda, maceración, fermentación, maduración y embotellado de la cerveza. El análisis de datos lo realizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software estadístico SPSS. Los resultados evidenciaron que la formulación con 20 % de maíz morado y 80 % de malta obtuvo la mayor aceptación sensorial, destacando por su equilibrio en sabor y apariencia. Además, presentó un pH de 4,38 y un contenido alcohólico de 6,1 %. El estudio concluyó que la sustitución parcial de malta por “guiñapo” de maíz morado influye en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza, determinando que la formulación con mayor proporción de malta es la más adecuada para su aceptación en el mercado.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. La cerveza

Según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2016), la cerveza es una bebida obtenida a partir de la fermentación alcohólica, la cual resulta de una serie de etapas y procesos rigurosos durante su elaboración. De manera similar, Rodríguez (2021) señala que la cerveza es un producto fermentado mediante levaduras seleccionadas y compuesto por mosto de cebada malteada, lúpulo y agua. En la actualidad, esta bebida se encuentra en un proceso de innovación para ingresar a nuevos mercados, incorporando insumos como frutas, verduras y otros cereales, los cuales contribuyen a la diversificación de sabores y aromas, enriqueciendo así su perfil sensorial y ampliando sus posibilidades comerciales.

Según Morton (2019) las cervezas actuales ya no se rigen a la ley de pureza alemana, que limita a producir cervezas solamente con sus 4 ingredientes principales, sino que introduce recetas que incorporan ingredientes menos convencionales, animando a los cerveceros novatos a experimentar con nuevas combinaciones y sabores. Esta aproximación fomenta la creatividad y la personalización en el proceso de elaboración, permitiendo la creación de cervezas únicas que se desvían de las recetas tradicionales. Asimismo, Alworth (2015), menciona que, la innovación en cerveza, no es solo una búsqueda de nuevos sabores, sino una exploración de lo que es posible con agua, malta, lúpulo y levadura.

Strong y England (2021) mencionan que la innovación en nuevos estilos de cerveza es fundamental para la evolución de la industria cervecera y la preservación de su diversidad cultural. La incorporación de ingredientes novedosos y técnicas experimentales permite ampliar el espectro sensorial de la cerveza, adaptándose a las tendencias y preferencias del consumidor. Además, la categorización de estilos emergentes facilita su reconocimiento en competencias y promueve su aceptación en el mercado. La Beer Judge Certification Program BJCP destaca que la experimentación con adjuntos y métodos de fermentación impulsa la creatividad sin comprometer la calidad. Asimismo, el desarrollo de nuevas cervezas contribuye al intercambio de conocimientos entre cerveceros y jueces, enriqueciendo el

criterio de evaluación. En este sentido, la innovación es clave para la sostenibilidad y expansión del movimiento cervecero artesanal.

Aguirre *et al.* (2020) describen que la cerveza artesanal se caracteriza por su enfoque innovador y su capacidad de diversificación en estilos, permitiendo a los cerveceros experimentar con nuevos ingredientes y técnicas que enriquecen su perfil sensorial. A diferencia de las cervezas industriales, cuya producción prioriza la eficiencia y la estandarización, la elaboración artesanal se centra en la calidad, seleccionando materias primas naturales y evitando el uso de aditivos que alteren sus propiedades organolépticas.

Esta exploración constante de nuevos estilos responde a una demanda creciente de consumidores que buscan experiencias cerveceras diferenciadas, lo que a su vez impulsa la evolución del sector. En este sentido, la innovación no solo fortalece la identidad de la cerveza artesanal, sino que también contribuye al desarrollo de un mercado competitivo y dinámico, donde la creatividad desempeña un papel fundamental en la expansión y aceptación de nuevas propuestas cerveceras.

Los datos presentados en la Tabla 1 muestran que la cerveza posee una composición nutricional diversa que la convierte en una bebida con ciertos aportes energéticos y minerales. En 100 ml, la cerveza proporciona aproximadamente 36 kcal, con un contenido mayoritario de agua de 94,5 g, una baja presencia de proteínas de 0,3 g y carbohidratos totales de 5,1 g. Asimismo, contiene pequeñas cantidades de niacina de 0,06 mg, tiamina 0,01 mg, hierro 0,10 mg y fósforo 15 mg, mientras que su contenido de calcio es insignificante. Además, presenta riboflavina 0,03 mg y cenizas 0,1 g, aunque su contenido de grasa total es prácticamente nulo. Esta composición refleja el perfil nutricional de la cerveza y su contribución en la dieta cuando se consume con moderación.

Tabla 1*Composición nutricional de la cerveza en 100 ml*

Componentes	Cerveza
Energía (kcal)	36
Agua (g)	94,5
Proteínas (g)	0,3
Grasa total (g)	0,0
Carbohidratos totales (g)	5,1
Niacina (mg)	0,06
Tiamina (mg)	0,01
Hierro (mg)	0,10
Cenizas (g)	0,1
Rivoflavina (mg)	0,03
Fósforo (mg)	15,0
Calcio (mg)	0,0

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p. 54), por M. Reyes García, I. Gómez-Sánchez Prieto y C. Espinoza Barrientos, 2017, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud (10ª ed.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>

1.2.2. Insumos para la elaboración de cerveza

Malta

Según Paguay (2021), la malta es un producto obtenido a partir del remojo, germinación y secado de la cebada, proceso que permite la transformación de los almidones en azúcares fermentables esenciales para la producción de cerveza. Este ingrediente no solo aporta azúcares fermentables para la fermentación, sino que también influye en el perfil sensorial de la cerveza, contribuyendo a su sabor, color y cuerpo. La selección de diferentes tipos de malta permite la creación de una amplia variedad de estilos cerveceros, desde las cervezas ligeras tipo lager hasta las más oscuras como las stout y porter, caracterizadas por sus notas a café y chocolate. Para obtener la malta de cebada se necesita realizar el proceso de malteado el cual consta de 3 etapas, las cuales son: el remojo, la germinación y el secado del grano. Este proceso permite generar enzimas que ayudarán en la hidrólisis del almidón de la cebada, permitiendo generar los azúcares para la levadura. El proceso de malteado controlado es fundamental pues esto permitirá definir si la malta tiene las características ideales para la elaboración de la cerveza.

Lúpulo

Según Janish (2021), el lúpulo *Humulus lupulus* L. es una planta trepadora cuyas flores en forma de cono contienen compuestos esenciales para la elaboración de cerveza, entre ellos los alfa-ácidos y aceites esenciales, responsables del amargor, aroma y estabilidad de la bebida. Estos compuestos juegan un papel crucial en la preservación de la cerveza, ya que poseen propiedades antimicrobianas que inhiben el crecimiento de bacterias no deseadas. Además, el lúpulo contribuye significativamente al perfil sensorial de la cerveza, aportando notas cítricas, florales, frutales o resinosas según la variedad utilizada. Janish (2021) enfatiza que la selección del lúpulo y su momento de adición en el proceso de elaboración influyen en la percepción del amargor y en la intensidad de los aromas. Asimismo, destaca la creciente experimentación con técnicas como el dry hopping y el uso de biotransformaciones, que potencian la liberación de compuestos volátiles y mejoran la complejidad del producto final.

Levadura

Según lo mencionado por Rodríguez (2021), las levaduras son organismos unicelulares eucariotas, que, a lo largo de muchos años, en muchos sentidos, han sido beneficiosos para el hombre quien las ha utilizado por cientos de años para producir alimentos y bebidas fermentadas. En su gran mayoría para la producción de bebidas fermentadas, incluyendo a las cervezas, se utilizan las levaduras del género *Saccharomyces*, las cuales tienen un alto grado de conversión de azúcares en alcohol y CO₂. Estas contribuyen en gran parte en la producción de compuestos metabólicos y de aroma que definen muchos de los estilos de cervezas que actualmente existen en el mercado mundial.

Agua

Según Coletto (2019), el agua es un componente esencial en la elaboración de la cerveza, ya que representa aproximadamente el 90 % de su composición y determina en gran medida sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas. Su calidad y composición mineral afectan procesos clave como la maceración, la fermentación y la estabilidad del producto final. En este sentido, la presencia de ciertos iones, como calcio, magnesio y bicarbonato, influye en la actividad enzimática, el pH y la percepción sensorial de la cerveza. Además, el tratamiento del agua es fundamental para ajustar su perfil según el estilo cervecero deseado, ya que

diferentes tipos de cerveza requieren concentraciones específicas de minerales para optimizar su sabor y textura.

1.2.3. Proceso de elaboración de cerveza artesanal

De acuerdo con lo mencionado por Palmer (2017) el proceso de elaboración de cerveza artesanal consta de varias fases o etapas las cuales deben ser estudiadas a profundidad para entenderlas, no solo a nivel de receta; sino también, a nivel bioquímico para comprender lo que ocurre en cada parte del proceso y lograr una mejor calidad de cerveza artesanal. En ese mismo sentido, la Norma Técnica Peruana NTP 213.014:2016, titulada “Cerveza. Requisitos”, establece los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales que debe cumplir la cerveza destinada al consumo humano en el Perú, sirviendo como una guía técnica que busca garantizar la inocuidad, calidad y estandarización del producto final. Dentro de estas etapas tenemos las siguientes:

Molienda de malta

La molienda de la malta consiste en romper el grano, a través de un molino, sin llegar a pulverizarlo. Esta fase es fundamental para exponer los azúcares que ha producido la malta de cebada u otro grano, que son indispensables para el alimento de la levadura.

Maceración

La maceración es aquella fase donde los granos molidos de malta se mezclan con agua a temperaturas elevadas para extraer los azúcares de la malta que serán integrados en el líquido denominado mosto.

Recirculado

El recirculado, es aquella fase del proceso donde luego de haber macerado la malta, el líquido obtenido, denominado mosto, es retirado y reincorporado varias veces dentro del macerador para retener las partículas indeseadas y así el mosto pueda clarificarse.

Lavado de grano

El lavado de grano, es la fase donde se añade agua precalentada al macerador para terminar de extraer los azúcares de la malta y mezclarlos con el mosto obtenido.

Cocción

La cocción es aquella fase del proceso donde se cocina el mosto con el objetivo de concentrar más los azúcares y eliminar los olores indeseados. Dentro de esta fase se añaden los lúpulos para dar amargor y sabor a la cerveza artesanal.

Whirlpool

El Whirlpool es la etapa, luego de finalizada la cocción, que consiste en realizar un centrifugado o movimiento circular al mosto, para acumular las impurezas en la parte central y fondo de la olla de cocción.

Enfriado del mosto

El enfriado del mosto es la etapa que consiste en descender rápidamente la temperatura de éste hasta llegar por debajo de los 25 °C y de esta manera evitar una oxidación.

Fermentación

La fermentación es la fase del proceso que consiste en adicionar la levadura al mosto con la finalidad de transformar los azúcares en etanol y CO₂. Esta fase se realiza dentro de un equipo fermentador por un tiempo determinado de aproximadamente 15 días.

Descanso de diacetilo

El descanso de diacetilo es aquella fase que consiste en elevar la temperatura del fermentador para que la levadura absorba el diacetilo, producto de la fermentación, y eliminar olores o sabores indeseados en la cerveza artesanal.

Cold crash

El cold crash es la etapa del proceso que consiste en descender la temperatura del fermentador entre 1 a 4 °C, con la finalidad de sedimentar aquellas partículas en suspensión y de esta manera clarificar la cerveza artesanal.

Dry hopping

El dry hopping es la etapa del proceso que consiste en añadir grandes cantidades de lúpulo al fermentador durante fase del cold crash, con el objetivo de aportar aromas y sabores intensos a las cervezas artesanales.

Carbonatación

La carbonatación es aquella fase que consiste en adicionar azúcar a la bebida fermentada, previo embotellado, con el objetivo de activar la levadura y producir CO₂.

Envasado

El envasado consiste en agregar la bebida fermentada en botellas oscuras para evitar la oxidación y posteriormente sellarlas.

Maduración

La maduración es aquella fase que consiste en almacenar la cerveza artesanal por un determinado tiempo en reposo y oscuridad, con el objetivo de equilibrar sus sabores y aromas antes de ser consumida.

1.2.4. El algarrobo

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020), el algarrobo es una especie de gran importancia en el Perú, especialmente en los bosques secos de la costa norte, donde cumple un rol ecológico fundamental en la fijación de nitrógeno y la prevención de la desertificación. Este género comprende diversas especies adaptadas a condiciones áridas y

semiáridas, permitiendo su aprovechamiento en múltiples sectores. Los frutos del algarrobo son altamente valorados por su contenido nutricional, destacando su riqueza en carbohidratos, proteínas, minerales y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. Además, tienen amplios usos en la industria alimentaria, siendo empleados en la producción de harinas, algarrobina y bebidas. No obstante, las poblaciones de esta especie enfrentan una reducción significativa debido a la tala indiscriminada y el cambio climático, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de conservación y propagación sostenible. Esta especie está presente en algunos departamentos del Perú, entre los más destacados Piura, Tacna y Tumbes. Esta especie se adapta muy bien a zonas áridas, y su mayor crecimiento es en las costas. Como en el caso de Piura que tiene una gran población de algarrobos en el bosque seco.

Descripción del fruto del algarrobo

El fruto del algarrobo es una vaina carnosa rica en carbohidratos, proteínas y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, lo que le confiere un alto valor nutricional y funcional. Su contenido de azúcares naturales, entre el 20 % y 25 %, permite su uso en la industria alimentaria para la elaboración de harinas, bebidas fermentadas y productos derivados como la algarrobina, un jarabe altamente energético con aplicaciones en la nutrición y la salud (INIA, 2020).

Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2021), el fruto del algarrobo tiene un papel crucial en la seguridad alimentaria y en la economía de las comunidades de la costa norte del Perú. Este fruto es una vaina rica en carbohidratos, proteínas y minerales, lo que lo convierte en una fuente importante de nutrición para las poblaciones locales. Su alto contenido energético ha permitido su diversificación en productos como la algarrobina, una miel espesa utilizada en la gastronomía y en la industria alimentaria. Además, se emplea en la producción de harinas nutritivas que sirven como insumo para panificación y otras preparaciones

Los datos presentados en la Tabla 2 muestran que el extracto de algarroba en polvo es un alimento altamente energético, proporcionando 340 kcal por cada 100 g. Su composición

nutricional destaca por un elevado contenido de carbohidratos de 65,8 g, lo que lo convierte en una fuente importante de energía. Además, posee un 12 % de proteínas y 3,2 g de grasa total, contribuyendo a la ingesta de macronutrientes esenciales. En términos de minerales, la algarroba en polvo es rica en calcio 450 mg y fósforo 617 mg, favoreciendo la salud ósea. Asimismo, aporta hierro 6,60 mg, lo que la hace relevante en la prevención de anemias. En cuanto a su perfil vitamínico, contiene tiamina 0,18 mg, riboflavina 0,29 mg y niacina 2,5 mg, nutrientes esenciales para el metabolismo energético.

Tabla 2

Composición del extracto de algarroba en polvo en 100 g de alimento

Componentes	Algarroba en polvo
Energía (kcal)	340
Agua (g)	12,5
Proteínas (g)	12,0
Grasa total (g)	3,2
Carbohidratos totales (g)	65,8
Cenizas (g)	6,5
Calcio (mg)	450
Fósforo (mg)	617
Hierro (mg)	6,60
Tiamina (mg)	0,18
Rivoflavina (mg)	0,29
Niacina (mg)	2,5

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p. 58), por M. Reyes García, I. Gómez-Sánchez Prieto y C. Espinoza Barrientos, 2017, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud (10ª ed.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>

1.2.5. El cacao

Cayetano *et al.* (2021) mencionan que el “cacao” *Theobroma cacao* es perteneciente a la familia Malvaceae y generalmente es cultivado en América del Sur, África occidental y Asia Sudoriental. Asimismo, su mayor exportación es hacia el continente de Europa para la industrial chocolatera.

Hoy en día, Perú se destaca como un importante generador de cacao. La mayoría de estas plantaciones se localizan en 16 departamentos, y en este grupo, Piura está emergiendo como un destacado productor de cacao blanco de alta calidad.

Los datos presentados en la Tabla 3 muestran que la semilla de cacao es un alimento altamente energético, proporcionando 570 kcal por cada 100 g, debido a su elevado contenido de grasas de 46,3 g y carbohidratos de 34,7 g. Además, es una fuente significativa de proteínas con 12 g, lo que contribuye a su valor nutricional. Su contenido mineral destaca por la presencia de fósforo 537 mg y calcio 106 mg, esenciales para la salud ósea y el metabolismo celular. Asimismo, contiene hierro 3,6 mg, lo que favorece la formación de hemoglobina y previene la anemia. En cuanto a su perfil vitamínico, aporta tiamina 0,17 mg, riboflavina 0,14 mg y niacina 1,70 mg, fundamentales para el metabolismo energético.

Tabla 3

Composición de la semilla de cacao en 100 g de alimento

Componentes	Semilla de cacao
Energía (kcal)	570
Agua (g)	3,6
Proteínas (g)	12,0
Grasa total (g)	46,3
Carbohidratos totales (g)	34,7
Cenizas (g)	3,4
Calcio (mg)	106
Fósforo (mg)	537
Hierro (mg)	3,6
Tiamina (mg)	0,17
Rivoflavina (mg)	0,14
Niacina (mg)	1,70

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p. 38), por M. Reyes García, I. Gómez-Sánchez Prieto y C. Espinoza Barrientos, 2017, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud (10ª ed.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>

1.2.6. Criterios microbiológicos

En la Tabla 4 se presentan los criterios microbiológicos establecidos por la Norma Técnica Peruana 213.014:2016 para la cerveza, los cuales definen los límites permitidos de microorganismos en este producto. Estos parámetros son esenciales para garantizar la calidad e inocuidad de la cerveza, asegurando que sea seguro para el consumo y cumpla con los estándares sanitarios exigidos.

Tabla 4*Requisitos microbiológicos de la cerveza*

Microorganismos	Límites máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos UFC/ml	100
Recuento total de mohos, UFC/ml	20
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausente

Nota. Adaptado de “Norma Técnica Peruana NTP 213.014:2016 Cerveza-Requisitos” por Instituto Nacional de la Calidad INACAL (INACAL), 2016. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

1.2.7. Análisis sensorial

Según Flores (2015), el análisis sensorial de los alimentos es una disciplina fundamental en la industria alimentaria, ya que permite evaluar las características organolépticas de los alimentos a través de los sentidos humanos, algo que ningún otro instrumento puede replicar con precisión. Según la autora, esta ciencia multidisciplinaria involucra el uso de panelistas entrenados que analizan aspectos como la apariencia, el olor, el sabor y la textura de los productos alimenticios. La importancia del análisis sensorial radica en su capacidad para medir la aceptabilidad de los productos por parte de los consumidores, permitiendo mejorar su calidad y adaptarlos a las preferencias del mercado. En la industria agroalimentaria, esta herramienta es clave para el desarrollo de nuevos productos, la optimización de procesos y la estandarización de las características organolépticas. Además, contribuye a la detección de defectos, la evaluación de cambios en la formulación y el control de calidad, asegurando que los alimentos cumplan con las expectativas del consumidor y los estándares normativos establecidos.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo con alcance experimental y explicativo, ya que se manipularon variables independientes como el cacao, algarroba y lúpulo, para evaluar su impacto en la aceptación sensorial y las características fisicoquímicas y microbiológicas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. El alcance experimental se justifica por la incorporación de diferentes formulaciones y su análisis bajo condiciones controladas en un ambiente de laboratorio, permitiendo así una evaluación precisa de los efectos de cada tratamiento sobre las propiedades del producto final. El alcance explicativo se debe a que el estudio busca determinar la relación entre la adición de estos ingredientes y sus efectos en los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos de la cerveza artesanal. Además, se espera que los resultados contribuyan a la comprensión de cómo estos insumos autóctonos pueden influir en la calidad y aceptación del producto en el mercado. Este alcance experimental permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio, manipulando deliberadamente una o más variables para medir su impacto en una variable de interés. En el presente estudio, se evaluó la influencia de la sustitución parcial del lúpulo por algarroba y cacao en las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas de una cerveza artesanal estilo porter. A través de esta metodología, se determinaron los efectos específicos de cada formulación sobre parámetros clave como pH, acidez, grado alcohólico y aceptación sensorial, garantizando un análisis preciso y replicable de los resultados (Ortega y Valverde 2021).

La investigación se llevó a cabo bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA) para el análisis de las características fisicoquímicas y un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para la evaluación sensorial. En este estudio, se manipularon las variables independientes como el cacao, la algarroba y el lúpulo, con el propósito de determinar el tratamiento con mayor aceptación sensorial. Para ello, se evaluaron variables dependientes, entre ellas las organolépticas como el aroma, sabor, color, cuerpo y retrogusto, así como también las fisicoquímicas como el pH, acidez, densidad y grados de alcohol y microbiológicas, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad. La recopilación

y análisis de datos se realizaron mediante pruebas estadísticas, incluyendo ANOVA y pruebas de Tukey y Duncan, con un nivel de significancia del 5 %. Finalmente, los resultados obtenidos permitieron contrastar la hipótesis planteada y cumplir con los objetivos de la investigación (Hernández y Mendoza, 2018).

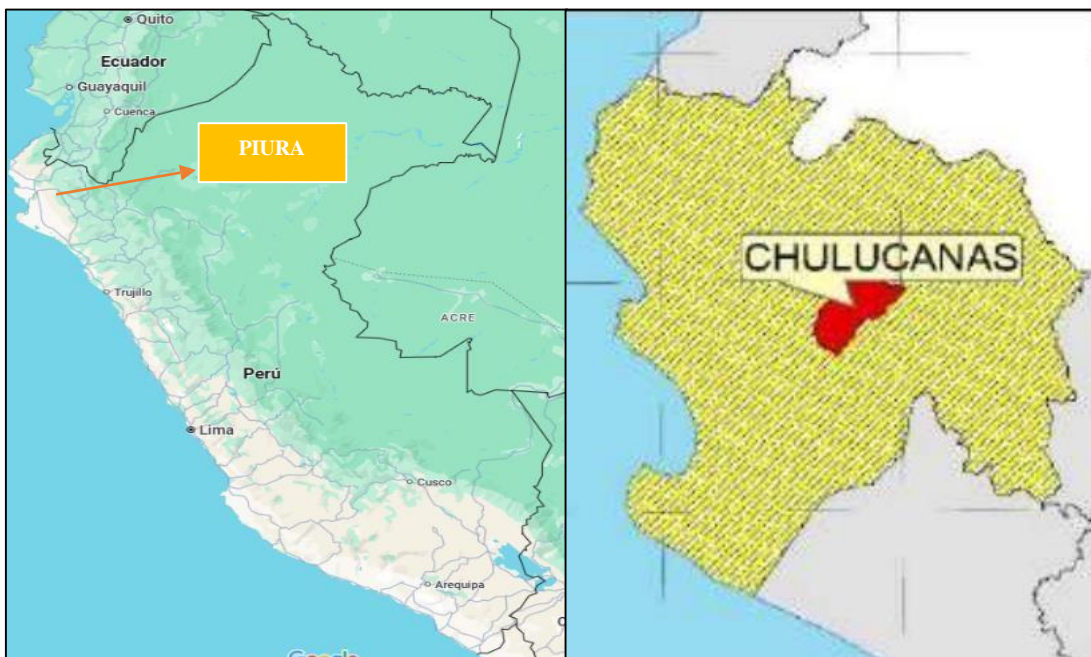
2.2. Lugar y fecha

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en el taller de procesamiento agroindustrial y laboratorio de ciencias básicas de la Universidad Católica Sedes Sapientiae en el departamento de Piura provincia de Morropón distrito de Chulucanas. Asimismo, los análisis microbiológicos (recuento de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras) de la cerveza artesanal se realizaron en el laboratorio privado “Ensayos de Laboratorio y Asesorías Pintado E.I.R.L” ubicado en el departamento de Piura. El periodo inició desde el 1 de junio y finalizó el 1 de octubre del 2024.

A fin de proporcionar una mejor referencia geográfica del área de estudio, en la Figura 1 se presenta el Mapa de Chulucanas. Este mapa ha sido elaborado a partir de datos obtenidos de Google Maps (2023) y permite ubicar con precisión la zona donde se llevó a cabo la investigación. Su inclusión en este documento facilita la comprensión del contexto territorial y las características del entorno en el que se realizaron las pruebas experimentales.

Figura 1

Mapa de Chulucanas



Nota. Mapa de Chulucanas. Google Maps (2023). <https://www.google.com/maps/place/Chulucanas>.

2.3. Descripción del experimento

2.3.1. Desarrollo de las diferentes formulaciones a base de algarroba, cacao y lúpulo en la elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter en el proceso de dry hopping

Adquisición de la materia prima

Para esta investigación se utilizó la algarroba y el cacao como parte fundamental del estudio en la elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. El cacao fue adquirido de la empresa productora de chocolate, Korin Chocolate SAC, ubicados en la ciudad de Buenos Aires perteneciente a la provincia de Morropón, mientras que la algarroba se adquirió de la empresa, Derivados de Bosque Uno EIRL, ubicada en el caserío Santa Rosa de Ñómala perteneciente a la ciudad de Chulucanas. De la misma manera los insumos básicos usados en la producción de la cerveza artesanal como el lúpulo, la malta y levadura fueron adquiridos de la empresa Brewmart SAC ubicada en la ciudad de Lima. Asimismo, se cumplió con el procedimiento adecuado para la manipulación de alimentos y bebidas de

consumo humano, conforme a lo indicado en el manual de buenas prácticas de manipulación de los alimentos, en el cual contempla las políticas, normas de inocuidad, requisitos calidad de los alimentos y bebidas (Ministerio de Salud [MINSA], 2021).

Proceso de elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

La elaboración de la cerveza artesanal en este estudio se basó en los principios y procedimientos descritos en el libro *Cómo elaborar cerveza: Todo lo que necesitas saber para elaborar una excelente cerveza siempre* de Palmer (2017), el cual proporciona una guía detallada sobre cada etapa del proceso cervecero, desde la selección de ingredientes hasta la fermentación y maduración del producto final. No obstante, para el desarrollo de las formulaciones específicas que incorporan cacao y algarroba en la técnica de *dry hopping*, se tomó como referencia la investigación de Távara (2018), quien exploró la sustitución parcial con la vaina de algarroba y cebada malteada en diferentes proporciones y empleando tres combinaciones de lúpulo. De esta manera, se combinó un enfoque tradicional con innovaciones basadas en investigaciones previas, permitiendo evaluar el impacto de estos insumos en las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza resultante.

Según Palmer (2017), la elaboración de cerveza artesanal sigue una serie de etapas clave, que incluyen la molienda de la malta, maceración, recirculado, lavado del grano, cocción, whirlpool, enfriado del mosto, fermentación, descanso de diacetilo, cold crash, dry Hopping, Carbonatación, envasado y maduración. Cada una de estas fases es fundamental para garantizar la calidad y estabilidad del producto final. En este estudio, se aplicó este proceso estandarizado para la producción de una cerveza artesanal aromatizada estilo porter, asegurando un control adecuado de las variables que influyen en su composición fisicoquímica y sensorial. Además, en la etapa de dry hopping, se incorporaron cacao y algarroba como sustitutos parciales del lúpulo, con el objetivo de evaluar su impacto en las características organolépticas de la cerveza.

Para describir el proceso de elaboración de la cerveza artesanal estilo Porter, se dividió en dos etapas. La primera etapa abarcará la producción tradicional de la cerveza hasta el proceso

de *cold crash*. En la segunda etapa, se aplicarán los tratamientos propuestos en la investigación hasta obtener el producto final.

Primera etapa

Recepción y pesado de las materias primas. En esta primera etapa se recibieron y pesaron las siguientes materias primas para la producción de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter:

Maltas. Las maltas utilizadas fueron las siguientes:

- 4 kg de malta pale ale de la marca Bestmalz
- 2 kg de malta múnich de la marca Bestmalz
- 0,5 kg de malta aromatic de la marca Bestmalz
- 0,5 kg de malta black de la marca Bestmalz

Lúpulos. El lúpulo utilizado se describe a continuación:

- 50 g de lúpulo variedad willamette de la marca Brewmart

Levadura. Se utilizó la siguiente levadura:

- 17,7 g de levadura de cepa ale inglesa del tipo safale S – 04, de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, de la marca Fermentis.

Agua. El agua de mesa fue a siguiente:

- 44,1 l de agua de mesa purificada de la marca Santa María EIRL

Adjuntos. Se utilizó el siguiente adjunto:

- 0,5 kg de hojuelas de avena de la marca Quaker.

Durante la recepción de las materias primas, se llevó a cabo una evaluación de sus parámetros de calidad, es decir, se verificó que las maltas y los lúpulos se encuentren libres de impurezas, en buen estado de conservación y dentro de la fecha de vigencia establecida por el proveedor. Asimismo, se comprobó que la levadura estuviera en óptimas condiciones. Este control de calidad también se aplicó al agua y a los adjuntos, garantizando que cumplieron con los estándares requeridos (Apéndice A1).

Molienda de Malta. Las maltas fueron molidas cuidadosamente utilizando un molino de granos manual marca Corona, con una capacidad de tolva de 1 l. Se ajustaron los tornillos del equipo para garantizar que la placa moledora rompiera los granos sin llegar a pulverizarlos, permitiendo así una exposición óptima de los almidones para el posterior proceso de maceración. Se llevó a cabo la molienda de 4 kg de malta pale Ale, 2 kg de malta múnich, 0,5 kg de malta aromatic y 0,5 kg de malta black. Posteriormente, las maltas molidas fueron mezcladas en un mismo recipiente para homogenizarlas. Este procedimiento fue fundamental para maximizar la extracción de azúcares fermentables, los cuales nutrieron la levadura y contribuyeron al cuerpo y perfil sensorial de la cerveza artesanal (Apéndice A2).

Maceración. Para este proceso se utilizaron los siguientes materiales e insumos:

- Cocina semi industrial
- Olla de cocción de acero inoxidable con caño, con capacidad de 50 l
- Termómetro de 0 a 300 °C
- Malla de tela organza color blanco
- Jarra de plástico de 2 l
- Espumadera de acero inoxidable
- 4 kg de malta pale ale de la marca Bestmalz
- 2 kg de malta múnich de la marca Bestmalz
- 0,5 kg de malta aromatic de la marca Bestmalz
- 0,5 kg de malta black de la marca Bestmalz
- 0,5 kg de hojuelas de avena de la marca Quaker
- 22,5 l de agua de mesa purificada de la marca Santa María EIRL

De acuerdo con Palmer (2017), la relación malta/agua puede oscilar entre 2,5 l a 3 l por 1 kg de malta. Para este proyecto de investigación se tomó como referencia 3 l de agua por 1 kg de malta, por consiguiente, se realizó el siguiente cálculo:

Sumatoria de maltas y adjuntos

$$Malta (kg) = maltas + adjuntos$$

$$Malta (kg) = 4 + 2 + 0,5 + 0,5 + 0,5$$

$$Malta (kg) = 7,5$$

Relación malta/agua

El cálculo del agua para la maceración se realizó tomando como referencia la relación de 3 l de agua por 1 kg de malta:

$$Agua para maceración (l) = (Litros de agua) (sumatoria de maltas y adjuntos)$$

$$Agua para maceración (l) = (3) (7,5)$$

$$Agua para maceración (l) = 22,5$$

Para el proceso de maceración, se calentaron previamente 22,5 l de agua en una olla de acero inoxidable, de capacidad de 50 l, hasta alcanzar una temperatura de 75 °C. Posteriormente, la malta se incorporó de manera progresiva, mezclándola cuidadosamente con el agua mediante una espumadera para garantizar una distribución homogénea. Una vez completada la mezcla, se realizó una medición de temperatura, registrando un descenso a 67 °C. A partir de este punto, la temperatura se mantuvo controlada a fuego lento durante 60 minutos, realizando mediciones cada 10 minutos para asegurar la estabilidad térmica del proceso. La temperatura de 67 °C es óptima para lograr una extracción eficiente de los azúcares fermentables de la malta (Apéndice A3).

Recirculado. Para lograr una adecuada clarificación del mosto, se llevó a cabo un proceso de recirculación siguiendo el procedimiento detallado a continuación. Se utilizó una jarra de 2 l para extraer el mosto a través del caño de la olla de maceración y se reincorporó cuidadosamente vertiéndolo sobre una espumadera. Este método permitió una distribución uniforme del líquido sin alterar la cama de granos de malta formada durante la maceración.

El recirculado se repitió 15 veces, asegurando una clarificación efectiva y la eliminación de partículas indeseadas (Apéndice A3).

Lavado de Grano. Antes de iniciar esta etapa, se realizó la extracción completa del mosto de la olla de maceración, trasvasándolo a una olla de cocción de 50 l. Una vez finalizado el trasvase, se procedió con la etapa de lavado del grano.

Para calcular el agua de lavado de grano se realizó el siguiente procedimiento:

$$\text{Agua para lavado de grano (l)} = \text{Agua total} - \text{Agua de maceración}$$

$$\text{Agua para lavado de grano (l)} = 44,1 - 22,5$$

$$\text{Agua para lavado de grano (l)} = 22,6$$

Para optimizar la extracción de los azúcares de la malta, se llevó a cabo el proceso de lavado del grano. Este procedimiento consistió en añadir 22,6 l de agua a 75 °C sobre los 7,5 kg de granos de malta aún presentes en la olla de maceración. El agua fue vertida cuidadosamente utilizando una jarra de 2 l, distribuyéndola de manera uniforme sobre la cama de granos sin romperla, ya que esto actúa como un filtro natural. El objetivo de este proceso fue maximizar la recuperación de los azúcares residuales presentes en la malta, asegurando una mayor eficiencia en la extracción de fermentables. Finalmente, el agua utilizada en el lavado del grano se incorporó a la olla de cocción, donde se mezcló con el primer mosto obtenido, asegurando una integración homogénea de los azúcares extraídos (Apéndice A4).

Cocción y adición del lúpulo. Según Palmer (2017), durante la maceración se pierde aproximadamente 1 l de agua por 1 kg de malta utilizado. Con base en este principio, el volumen total de mosto final se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Mosto obtenido de la maceración (l)} = \text{Agua de maceración} - \text{total de maltas}$$

$$\text{Mosto obtenido de la maceración (l)} = 22,5 - 7,5$$

$$\text{Mosto obtenido de la maceración (l)} = 15$$

A este resultado se le añadió el volumen de agua recuperado durante el lavado de grano, descontando la cantidad retenida en los granos de malta durante la transferencia.

$$\text{Agua obtenida del lavado de grano (l)} = \text{Agua utilizada} - \text{agua retenida}$$

$$\text{Agua obtenida del lavado de grano (l)} = 21,6 - 1$$

$$\text{Agua obtenida del lavado de grano (l)} = 20,6$$

Finalmente, se obtuvo el volumen disponible de mosto para la cocción.

$$\text{Mosto total (l)} = \text{Mosto obtenido de la maceración} + \text{Agua obtenida del lavado de grano}$$

$$\text{Mosto total (l)} = 15 + 20,6$$

$$\text{Mosto total (l)} = 35,6$$

Una vez trasvasados 35,6 l de mosto a la olla de cocción, esta se colocó sobre la cocina semi industrial y se elevó la temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición (100 °C), manteniéndolo durante 60 minutos.

En cervecería, el tiempo de cocción suele calcularse en orden inverso, por lo que se tomó el minuto 60 como inicio del proceso y el minuto 0 como su finalización. Para la primera etapa de adición de lúpulo, se incorporó lúpulo variedad willamette en dos momentos clave:

- 30 g al inicio de la ebullición (minuto 60).
- 20 g a los 30 minutos restantes, antes de finalizar la cocción.

Objetivo de las adiciones de lúpulo:

- Primera adición (minuto 60): proporciona el amargor característico de la cerveza, ya que un mayor tiempo de hervido favorece la isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo.
- Segunda adición (minuto 30): contribuye al perfil de sabor de la cerveza, conservando algunos de los compuestos aromáticos del lúpulo.

Las cantidades y tiempos de adición fueron ajustados siguiendo los lineamientos característicos del estilo porter, asegurando un equilibrio óptimo entre los sabores maltosos y el amargor deseado (Strong y England, 2021).

Al finalizar la cocción, se obtuvo un volumen de 31,3 l de mosto. Este resultado es consistente con lo señalado por Palmer (2017), quien indica que durante la cocción de la cerveza se produce una evaporación de entre 10 % y 15 % del agua del mosto, dependiendo de la eficiencia del equipo utilizado. En el caso de esta investigación, la evaporación registrada fue aproximadamente del 12%, dentro del rango esperado según las condiciones del proceso (Apéndice A4).

Whirlpool. Una vez finalizada la cocción, se llevó a cabo el proceso de whirlpool, en el cual el mosto fue agitado en forma de remolino utilizando un cucharón de acero inoxidable durante 2 minutos. Este procedimiento favorece la decantación de los sólidos del lúpulo añadidos durante la cocción. El efecto del remolino permitió que las impurezas se acumularan en el centro y en el fondo de la olla de cocción, facilitando la separación de partículas no deseadas y obteniendo un mosto más limpio para la siguiente etapa de enfriado.

Enfriado del Mosto. El mosto fue enfriado de manera rápida y eficiente hasta alcanzar una temperatura de 20 °C, valor óptimo recomendado por el fabricante para garantizar una fermentación adecuada. Este enfriamiento controlado es un paso crítico en la elaboración de cerveza, ya que permite llevar el mosto a una temperatura segura para la adición de la levadura, evitando choques térmicos que puedan afectar su actividad. Además, un enfriamiento rápido minimiza el riesgo de contaminación microbiana.

Fermentación. Para esta etapa del proceso se utilizaron los siguientes materiales e insumos:

- 18 fermentadores con capacidad de 2 l cada uno.
- 18 trampas de aire para cada fermentador.
- Balanza gramera.

- Luna de reloj.
- Jarra graduada de 2 l
- Levadura tipo safale S – 04

Según el fabricante, la levadura de cepa ale inglesa tipo safale S – 04, puede operar en un rango de temperatura de 12 °C a 27 °C. No obstante, para una fermentación óptima, se recomienda inocularla en el mosto cuando este se encuentre entre 15 °C y 20 °C, lo que permite su activación sin necesidad de rehidratación previa. Bajo estas condiciones, la fermentación comienza en un período aproximado de 12 a 24 horas. Asimismo, el fabricante establece que la cantidad óptima de levadura para una fermentación eficiente es de 11,5 g por cada 20 l de mosto.

Para este estudio, se trabajó con 6 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, utilizando un total de 18 fermentadores. Cada fermentador fue llenado con 1,7 l de mosto, asegurando un espacio adecuado para la sedimentación de los residuos de floculación generados por la levadura, así como para la correcta expulsión de los gases de CO₂. De acuerdo con las indicaciones del fabricante, la dosificación utilizada fue de 0,58 g de levadura por litro de mosto, lo que equivale a 0,98 g de levadura por cada fermentador.

Para esta investigación, la levadura se agregó directamente al mosto, y los fermentadores se mantuvieron en refrigeración a una temperatura controlada de 18 °C durante un periodo de 15 días de fermentación. Al finalizar este tiempo, la levadura había consumido todos los azúcares fermentables, dando por concluido el proceso de fermentación (Apéndice A5).

Descanso de Diacetilo. Al finalizar los 15 días de fermentación, se procedió a elevar la temperatura de los 18 fermentadores hasta llegar a 30 °C, esta temperatura se mantuvo por un periodo de 2 días. La finalidad de este proceso fue permitir que la levadura absorbiera el diacetilo, eliminando sabores a mantequilla que podrían resultar indeseados en una cerveza.

Cold Crash. Al finalizar los 2 días del descanso de diacetilo, se procedió a realizar el proceso de cold crash, el cual consistió en reducir la temperatura de los 18 fermentadores a 4 °C, esta temperatura se mantuvo por un periodo de 2 días. La finalidad de este proceso fue clarificar la cerveza mediante la decantación por frío y acelerar el proceso de sedimentación.

Segunda etapa

Dry Hopping. Al finalizar los 2 días del cold crash, se procedió a realizar el proceso de dry hopping, para ello se utilizaron los siguientes materiales e insumos:

- 18 mallas de tela organza de 20 cm x 20 cm.
- Balanza gramera
- Luna de reloj
- 36,72 g de lúpulo variedad willamentte
- 12,24 g de algarroba
- 12,24 g de cacao

Para esta etapa del proceso se tomó como referencia la investigación de Távara (2018), que ayudó a definir las formulaciones del proceso para los tratamientos de algarroba, cacao y lúpulo, asimismo, Janish (2021) profundiza en el proceso de dry hopping, destacando la influencia que tiene la cantidad de lúpulo utilizada sobre las características finales de la cerveza. El autor resalta que la dosificación de lúpulo en esta etapa impacta directamente en la intensidad aromática, el perfil sensorial y la complejidad del producto. Según Janish, el uso de dosis bajas de lúpulo (≤ 5 g/l) proporciona un perfil aromático moderado, reduce el riesgo de astringencia y es más adecuado para estilos con maltas pale ale, en contraste, dosis altas (> 8 g/l) pueden intensificar la percepción de amargor, aumentar el riesgo de saturación de aceites esenciales y generar astringencia y aspereza en el producto final.

Para calcular las dosificaciones del lúpulo, algarroba y cacao se tomó como principio realizar los tratamientos en dosis bajas (≤ 5 g/l) con el objetivo de obtener aromas y sabores más equilibrados. A partir de este criterio, se definieron 6 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, T0 (100 % lúpulo), T1 (80 % lúpulo y 20 % algarroba), T2 (80 % lúpulo y

20 % cacao), T3 (50 % lúpulo y 50 % algarroba), T4 (50 % lúpulo y 50 % cacao), T5 (50 % algarroba y 50 % cacao). Para la ejecución del procedimiento, se aplicó la siguiente metodología, tomando como referencia 2 g/l de mosto:

- Tratamiento 0, usó 3,4 g de lúpulo por 1,7 l de mosto.
- Tratamiento 1, usó 2,72 g de lúpulo más 0,68 g de algarroba por 1,7 l de mosto.
- Tratamiento 2, usó 2,72 g de lúpulo más 0,68 g de cacao por 1,7 l de mosto.
- Tratamiento 3, usó 1,7 g de lúpulo más 1,7 g de algarroba por 1,7 l de mosto.
- Tratamiento 4, usó 1,7 g de lúpulo más 1,7 g de algarroba por 1,7 l de mosto.
- Tratamiento 5, usó 1,7 g de algarroba más 1,7 g de cacao por 1,7 l de mosto.

Los insumos de algarroba y cacao fueron sometidos a un proceso de secado y tostado en estufa a 100 °C durante 20 minutos (Apéndice B1), con el objetivo de intensificar sus aromas y sabores. Posteriormente, se trituraron manualmente en un mortero de madera y se pesaron de acuerdo con los requerimientos de cada tratamiento. De manera similar, se llevó a cabo el pesaje del lúpulo para cada tratamiento (Apéndice B2). Una vez pesados, los ingredientes fueron colocados en mallas de tela organza y añadidos a cada uno de los 18 fermentadores, donde permanecieron en reposo por 3 días a 4 °C. Este método, generalmente utilizado para aportar aroma sin incrementar el amargor, fue adaptado para potenciar los matices dulces y afrutados del cacao y la algarroba en esta porter aromatizada (Apéndice B3).

Carbonatación. Al finalizar los 3 días de dry hopping, se continuó con el proceso de carbonatación de la cerveza artesanal. Para esto se utilizaron los siguientes materiales e insumos:

- Probeta graduada de 100 ml
- Olla de 1 l
- Balde de 2 l con caño
- 1,8 l de agua de mesa purificada
- 165,6 g de dextrosa de la empresa Brewmart SAC

Según Palmer (2017), el proceso de carbonatación para una cerveza estilo porter requiere 5,4 g/l de dextrosa. Con base en esta referencia, se determinó la adición de 9,2 g de dextrosa por cada 1,7 l de mosto en cada fermentador, asegurando el nivel óptimo de carbonatación.

Para llevar a cabo el proceso de manera precisa, se pesaron 9,2 g de dextrosa en una balanza gramera y se disolvieron en 100 ml de agua purificada. La solución se calentó en una olla hasta formar un almíbar, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, el almíbar se añadió a un balde de 2 l con caño, donde se realizó cuidadosamente el trasvase de la cerveza desde el fermentador. Este procedimiento se repitió para los 18 fermentadores, asegurando una distribución uniforme del azúcar para la carbonatación.

Envasado. Para este proceso de utilizaron los siguientes materiales:

- 90 botellas de vidrio ámbar de 330 ml
- 90 chapas tipo corona
- Enchapador manual de banco
- Llenador de botellas manual

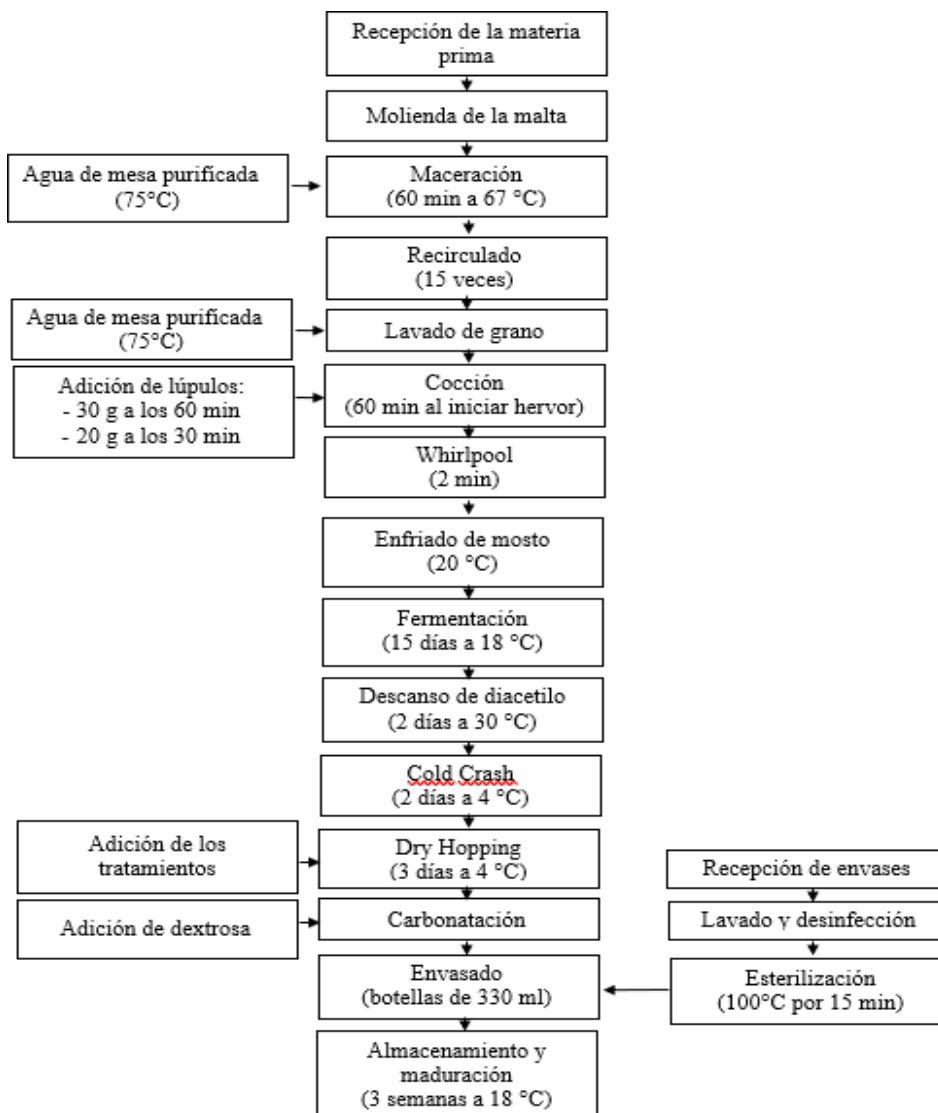
Para este proceso, se llevó a cabo la esterilización de 90 botellas de vidrio, sumergiéndolas en agua a 100 °C durante 15 minutos y posteriormente dejándolas escurrir. Paralelamente, se acondicionó un balde de 2 l con caño, al cual se instaló un llenador de botellas. Una vez completada esta preparación, se procedió al llenado y enchapado de cada botella (Apéndice C1). Como resultado, se obtuvieron 90 botellas, distribuidas en 5 botellas por cada repetición, con 3 repeticiones por 6 tratamientos (Apéndice C2).

Maduración. La cerveza una vez envasada, inició su proceso de carbonatación y al mismo tiempo de maduración, la cual se mantuvo a una temperatura de 18 °C por un periodo de 3 semanas en oscuridad, permitiendo la integración de sabores y la estabilización del producto. El proceso de maduración ayuda a mejorar la complejidad de una cerveza, en este caso se buscó integrar los insumos de la algarroba y el cacao para identificar su influencia en las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas.

En la Figura 2 se presenta el flujograma del proceso de elaboración de cerveza artesanal aromatizada estilo porter, el cual describe de manera detallada y secuencial las etapas involucradas en su producción. Esta representación gráfica permite comprender el flujo de operaciones, desde la selección de ingredientes hasta la obtención del producto final, proporcionando una visión clara del proceso.

Figura 2

Flujograma de la elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter



Nota. La figura muestra el flujograma del proceso de la elaboración de cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

2.3.2. Determinación de las características fisicoquímicas (densidad, acidez titulable, pH y grados de alcohol) a la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Determinación de pH

Para la determinación del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, se siguió el procedimiento descrito por Ochoa (2024), donde se tomó una muestra de 100 ml de cerveza artesanal y se vertió en un vaso precipitado de 100 ml de capacidad. Posteriormente, se empleó un potenciómetro de mesa de la marca Hana modelo HI 2213, previamente calibrado, introduciendo en la muestra tanto el electrodo como el termómetro. Se esperó hasta que la lectura se estabilizara antes de registrar el valor de pH correspondiente (Apéndice D1).

Determinación de acidez titulable

Se determinó el porcentaje de acidez (Apéndice D2) usando la metodología mencionada por Tucumbi (2022), donde realiza los cálculos de la siguiente manera:

- Se depositaron 20 ml de cerveza artesanal en un vaso precipitado de 100 ml.
- Se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador.
- Se utilizó una bureta semiautomática con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N como solución titulante.
- Se abrió cuidadosamente la llave de la bureta, permitiendo el goteo controlado del NaOH en la muestra de cerveza, mientras se agitaba constantemente hasta observar un cambio de coloración a púrpura.
- Debido al tono oscuro de la cerveza Porter, se empleó una base blanca como fondo para facilitar la identificación del punto final de la titulación.
- Finalmente, se registró el volumen de NaOH consumido y se aplicó la fórmula correspondiente para el cálculo del porcentaje de acidez.

Para este análisis se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{G \times N \times \text{Meq} \times FC \times 100}{m}$$

Donde:

G: gasto de hidróxido.

N: normalidad.

Meq: miliequivalente del ácido láctico (0,09).

m: peso de la muestra (20 ml).

FC: factor de corrección (0,9925).

Determinación de grados de alcohol

El porcentaje de alcohol en la cerveza artesanal se determinó aplicando la fórmula propuesta por Palmer (2017), la cual se basa en la diferencia entre la gravedad original (OG) y la gravedad final (FG), utilizando un factor de conversión para calcular el grado alcohólico por volumen (ABV %) de la muestra (Apéndice D3).

- Se utilizó una probeta de 250 ml
- Se vertieron 250 ml de cerveza dentro de la probeta.
- Se utilizó el densímetro, el cual fue sumergido dentro de la cerveza.
- Se esperó a que se estabilice y se tomó la lectura que indica la gravedad final de la cerveza.

Para calcular el porcentaje de alcohol, se aplicó la siguiente fórmula:

$$ABV (\%) = (DO - DF) \times 131,25$$

Donde:

ABV (%): Alcohol por volumen expresado en porcentaje.

DO: densidad original.

DF: densidad final.

131,25: Factor de conversión

Determinación de densidad

Según Palmer (2017), para determinar la densidad de la cerveza artesanal, esta debe seguir los siguientes pasos (Apéndice D4):

- Se empleó una probeta de 250 ml para la medición.
- Se vertieron 250 ml de cerveza artesanal en la probeta.
- Se sumergió un densímetro en la muestra para determinar la densidad.
- Se esperó a que el densímetro se estabilizara y, posteriormente, se registró la lectura de densidad.

2.3.3. Determinación de las características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales

La evaluación sensorial de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter se llevó a cabo con 40 panelistas semi entrenados, cuyas edades oscilaron entre 20 y 50 años. Antes de la evaluación, los panelistas fueron capacitados sobre las cervezas artesanales y las técnicas de cata para garantizar una apreciación adecuada de las características organolépticas de esta (Apéndice E1).

El panel evaluó un total de 6 tratamientos, con 3 repeticiones cada uno. Se presentó a cada evaluador una muestra de 40 ml por tratamiento, codificada con números aleatorios de tres dígitos para evitar sesgos en la evaluación. Los panelistas analizaron cinco características organolépticas principales: aroma, color, sabor, cuerpo y retrogusto (Apéndice E2).

Para la evaluación, se utilizó una escala hedónica que puntuaba desde 1 hasta 9, donde (1 = "Me disgustó demasiado", 5 = "No me gustó ni me disgustó" y 9 "Me gustó demasiado"). Además, se incluyó la intención de compra, la cual fue valorada mediante una escala de cinco puntos, donde (1 = "Seguramente no compraría", 3 = "Tal vez compraría o tal vez no compraría" y 5 = "Seguramente compraría") (Apéndice K1).

Los panelistas degustaron una muestra a la vez, asegurando que entre cada evaluación se realizara un enjuague bucal con agua para evitar la interferencia de sabores residuales. Finalmente, los resultados fueron registrados en la “Ficha de evaluación sensorial de cerveza artesanal aromatizada estilo porter” para su posterior análisis estadístico (Apéndice K1).

2.3.4. Determinación del recuento total de microorganismos mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, coliformes, mohos y levaduras del tratamiento de mayor preferencia

Calidad microbiológica de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

La evaluación microbiológica de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, fue realizada por el laboratorio Ensayos de Laboratorio y Asesorías Pintado E.I.R.L. (ELAP EIRL), ubicado en la ciudad de Piura. Para este proceso, se analizaron dos viales de 330 ml cada uno, en su envase original.

Para la determinación de los microorganismos presentes en la muestra, el laboratorio siguió los métodos descritos en el manual ICMSF “Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos”, aplicando las siguientes técnicas que han sido basadas en la Norma Técnica Peruana 213.014:2016 descritas a continuación:

- Enumeración de Aerobios Mesófilos: Se utilizó el Método 1, basado en el recuento estándar en placa por siembra en todo el medio.
- Enumeración de Coliformes Totales: Se empleó la técnica del Número Más Probable (NMP), según el Método 1 (norteamericano).
- Enumeración de Mohos y Levaduras: Se aplicó el método de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa en todo el medio.

Calidad de la cerveza artesanal

Según Damodaran y Parkin (2019), los cambios químicos en los alimentos durante el almacenamiento y procesamiento pueden influir significativamente en su aceptabilidad

sensorial y seguridad. Estos procesos incluyen oxidación y modificaciones en la estructura proteica, las cuales pueden impactar tanto el sabor como la vida útil del producto.

Según Quenta (2019) la calidad alimentaria es un factor determinante en la percepción del consumidor, ya que no solo involucra aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, sino también características sensoriales que definen la aceptabilidad del producto, el análisis sensorial es una herramienta esencial para evaluar parámetros como el color, olor y sabor, los cuales influyen en la decisión de compra. En este sentido, la calidad sensorial debe ser un pilar fundamental en la evaluación de los productos alimentarios, asegurando no solo el cumplimiento de normativas, sino también la preferencia del mercado. Para obtener una buena evaluación, se realizaron pruebas sensoriales y fisicoquímicas del producto final.

Se realizaron las evaluaciones de las siguientes características organolépticas: aroma, color, sabor, cuerpo y retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, donde se determinaron los criterios de calidad de los insumos que se utilizarán. Asimismo, se evaluaron el pH, porcentaje de acidez, grados de alcohol y densidad.

2.4. Tratamientos

En la Tabla 5 se presenta la descripción de los tratamientos experimentales utilizados en la elaboración de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Cada tratamiento se diferencia por la proporción de insumos empleados, combinando lúpulo, algarroba y cacao en distintas proporciones con el objetivo de evaluar su influencia en las características finales del producto. De acuerdo con los tratamientos establecidos, se aplicó la relación de 2g/l de mosto en diferentes proporciones (Apéndice B2):

Tabla 5*Descripción de los tratamientos*

Tratamiento	Proporción (%)	Insumos
T0	100 %	lúpulo
T1	80 % - 20 %	lúpulo - algarroba
T2	80 % - 20 %	lúpulo - cacao
T3	50 % - 50 %	lúpulo - algarroba
T4	50 % - 50 %	lúpulo - cacao
T5	50 % - 50 %	algarroba - cacao

Nota. Diseño de los tratamientos experimentales.

2.5. Unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron fermentadores de 2 l de capacidad, conteniendo 1,7 l de cerveza artesanal aromatizada estilo porter con diferentes formulaciones de algarroba, cacao y lúpulo. Se consideraron 3 repeticiones por cada uno de los 6 tratamientos, obteniendo un total de 18 unidades experimentales (Apéndice A5).

2.6. Identificación de variables y su mensuración

En la Tabla 6 se describe a detalle la identificación de variables y su mensuración. Se identificaron las variables independientes, que corresponden a la adición de insumos como lúpulo, algarroba y cacao. Asimismo, se identifican las variables dependientes, que incluyen las características fisicoquímicas, como la acidez, determinada mediante titulación por colorimetría; el pH, medido con un potenciómetro; el grado alcohólico, calculado a partir de la diferencia de densidades; y la densidad, evaluada mediante un densímetro. Además, se identificaron las características organolépticas, tales como aroma, color, sabor, cuerpo y retrogusto, utilizando una escala hedónica de 9 puntos mediante una ficha de evaluación sensorial.

Tabla 6*Variables y su mensuración*

Variable de Estudio	Unidad o Escala de Medida	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Adición de lúpulo sobre la cerveza 	g	Por cada litro se adiciona dos gramos de muestra en las 3 repeticiones.
<ul style="list-style-type: none"> • Adición de algarroba sobre la cerveza 	g	Por cada litro se adiciona dos gramos de muestra en las 3 repeticiones.
<ul style="list-style-type: none"> • Adición de cacao sobre la cerveza 	g	Por cada litro se adiciona dos gramos de muestra en las 3 repeticiones.
Determinación de características fisicoquímicas:		
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de acidez 	%	Uso del método de titulación por colorimetría
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de pH 	0 a 14	Uso del potenciómetro para determinación de pH
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de grados de alcohol 	%	Determinación por fórmula mediante diferencia de densidades
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de densidad 	g/l	Determinación por uso del densímetro
Determinación de características organolépticas:		
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de aroma • Determinación de color • Determinación sabor • Determinación de cuerpo • Determinación de retrogusto 	Escala hedónica de 9 puntos.	Se elabora una ficha de evaluación sensorial para el estudio de la aceptabilidad de cada característica organoléptica.

Nota. Identificación de las variables de estudio.

2.7. Diseño estadístico del experimento

El diseño estadístico empleado para el análisis de los datos fisicoquímicos de la cerveza artesanal (pH, acidez titulable, grados de alcohol y densidad) fue un Diseño Completamente

al Azar (DCA). Se evaluaron seis tratamientos con tres repeticiones por tratamiento, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable fisicoquímica

μ = Efecto de la media general de la variable fisicoquímica

τ_i = Efecto de los tratamientos

ε_{ij} = Error experimental aleatorio

En cambio, para el análisis sensorial de la cerveza artesanal (aroma, color, sabor, cuerpo, retrogusto e intención de compra) se requirió la utilización de un Diseño de Bloques completamente Aleatorizado (DBCA), considerando como bloque al consumidor para así evaluar sus diferencias sobre las características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, el cual tuvo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la variable dependiente

μ = Efecto de la media general de la variable dependiente

β_j = Efecto del consumidor

τ_i = Efecto de los tratamientos

ε_{ij} = Error por factores no controlados

2.8. Análisis estadístico de datos

Los datos recolectados fueron procesados utilizando SPSS (versión 23). Se utilizó un nivel de significancia de $p < 0,05$ para determinar diferencias estadísticas significativas. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro - Wilk y Bartlett. Para el análisis de las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal (pH, acidez titulable, grados de alcohol y densidad) se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se aplicó un ANOVA.

Para la evaluación sensorial (aroma, color, sabor, cuerpo y retrogusto) se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), considerando al consumidor como bloque. Cuando el ANOVA indicó diferencias significativas entre tratamientos, se aplicaron las pruebas de Tukey y Duncan para identificar qué formulaciones presentaban mayores variaciones.

Los resultados se expresaron como medias y se representaron gráficamente para facilitar la comparación entre tratamientos.

2.9. Materiales y equipos

En la Tabla 7 se presentan los materiales, equipos y reactivos utilizados en el desarrollo de la investigación, especificando las cantidades requeridas para la producción de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. En cuanto a la materia prima, se emplearon ingredientes esenciales como agua de mesa purificada, algarroba, avena, cacao, dextrosa, levadura Safale S-04, lúpulo Willamette y diversas maltas (Aromática, Negra, Munich y Pale Ale). Asimismo, se incluyen materiales necesarios como botellas de vidrio, chapas, coladores, espumaderas y probetas, fundamentales en las diferentes etapas del proceso, desde la maceración hasta el envasado. En lo que respecta a los equipos, se utilizaron herramientas de precisión como balanzas, densímetro, potenciómetro, refractómetro y termómetro, garantizando un control riguroso de los parámetros de calidad. Además, se emplearon reactivos como alcohol al 70 %, fenolftaleína, hidróxido de sodio 0,1 N e hipoclorito de sodio al 5 %, necesarios para los análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Finalmente, se consideraron implementos de seguridad e instrumentos auxiliares como mandiles, guantes, mascarillas, una computadora portátil y cuadernos para el registro de datos. La adecuada selección y utilización de estos materiales y equipos fue clave para la estandarización del proceso y la obtención de resultados confiables.

Tabla 7*Materiales y equipos usados en la investigación*

Materiales y equipos	Cantidad
Materia prima	
Agua de mesa purificada	44,1 l
Algarroba	12,24 g
Avena	0,5 kg
Cacao	12,24 g
Dextrosa	165,6 g
Levadura safale S-04	14,6 g
Lúpulo Willament	86,72 g
Malta Aromatic	0,5 kg
Malta Black	0,5 kg
Malta Munich	2 kg
Malta Pale Ale	4 kg
Materiales	
Balde con caño (2 l)	18
Bandeja	2
Botella de vidrio (330 ml)	90
Chapa de botella	90
Colador	1
Cucharón	1
Espumadera	1
Jarra (2 l)	1
Llenador de botellas	1
Luna de reloj	1
Malla de tela organza	18
Olla (2 l)	1
Olla de acero inoxidable con caño (50 l)	1
Probeta (100 ml)	1
Trampa de aire	18
Vaso de precipitado (100 ml)	1
Equipos	
Balanza (30 kg)	1
Balanza (3000 g)	1
Congelador	1
Cocina semi industrial	1
Densímetro	1
Enchapador manual de banco	1
Estufa	1
Fermentador (2 l)	18
Macerador (50 l)	1
Molino de granos manual	1
Potenciómetro (pH)	1
Refractómetro (0 a 90°Brix)	1
Termómetro (0 °C a 300°C)	1

Materiales y equipos usados en la investigación (continuación)

Reactivos	
Alcohol 70°	2 l
Fenolftaleína (100 ml)	50 ml
Hidróxido de sodio 0,1 N	500 ml
Hipoclorito de sodio 5 %	2 l
Otros	
Mandil	1
Guantes	5
Mascarilla	5
Toca	5
Plumón	1
Laptop	1
Cuaderno	1
Lapicero	2

Nota. La tabla detalla la materia prima, materiales, equipos, reactivos y otros usados en la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales

3.1.1. Evaluación sensorial

En la presente investigación se evaluó la influencia de diferentes proporciones de lúpulo, algarroba y cacao en las características organolépticas de una cerveza artesanal aromatizada estilo Porter. Para ello, se diseñaron formulaciones experimentales variando los porcentajes de estos ingredientes con el objetivo de determinar su impacto organoléptico sobre el aroma, sabor, color, cuerpo y retrogusto. La evaluación sensorial fue realizada por un panel de jueces entrenados, quienes aplicaron una escala hedónica de 9 puntos para medir el grado de aceptación de cada muestra.

Los datos obtenidos fueron organizados y analizados estadísticamente utilizando el software SPSS (Statistical Product and Service Solutions) versión 23, permitiendo aplicar pruebas de comparación y análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre las muestras. Este enfoque metodológico permitió determinar las combinaciones óptimas de ingredientes que mejoraron la percepción sensorial de la cerveza.

Aroma

Se realizó el análisis de varianza para la característica organoléptica del aroma presentado en la Tabla 8, obteniendo como resultados que el valor de F (9,923) es relativamente alto, y el valor de significancia es menor a ($p < 0,05$), lo que indica que hay diferencias significativas en la percepción del aroma entre los distintos tratamientos. Esto sugiere que la combinación de lúpulo, algarroba y cacao utilizada en cada tratamiento afecta significativamente la percepción del aroma de la cerveza.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuentes de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	198,400 ^a	44	4,509	3,286	<,001
Intersección panelista	13172,017	1	13172,017	9599,040	<,001
tratamiento	130,317	39	3,341	2,435	<,001
Error	68,083	5	13,617	9,923	<,001
Total	267,583	195	1,372		
Total corregido	13638,000	240			
	465,983	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 9 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, donde T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) es consistentemente percibido con una intensidad de aroma superior en comparación con los otros tratamientos. Las diferencias significativas observadas entre T5 y todos los demás tratamientos refuerzan esta observación. Por el contrario, T2 (80 % lúpulo y 20 % cacao) es percibido con una intensidad de aroma inferior en comparación con T1, aunque no difiere significativamente de T0, T3, o T4. Finalmente, los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 tienen percepciones de aroma similares entre sí, sugiriendo que los panelistas no perciben diferencias sustanciales en el aroma entre ellos.

Tabla 9

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	-,55000	,29158	,413	-1,3879	,2879
	T2	,30000	,29158	,908	-,5379	1,1379
	T3	,10000	,29158	,999	-,7379	,9379
	T4	-,10000	,29158	,999	-,9379	,7379
	T5	-1,30000*	,29158	<,001	-2,1379	-,4621
T1	T0	,55000	,29158	,413	-,2879	1,3879
	T2	,85000*	,29158	,045	,0121	1,6879
	T3	,65000	,29158	,228	-,1879	1,4879
	T4	,45000	,29158	,637	-,3879	1,2879
	T5	-,75000	,29158	,108	-1,5879	,0879
T2	T0	-,30000	,29158	,908	-1,1379	,5379
	T1	-,85000*	,29158	,045	-1,6879	-,0121
	T3	-,20000	,29158	,983	-1,0379	,6379
	T4	-,40000	,29158	,744	-1,2379	,4379
	T5	-1,60000*	,29158	<,001	-2,4379	-,7621
T3	T0	-,10000	,29158	,999	-,9379	,7379
	T1	-,65000	,29158	,228	-1,4879	,1879
	T2	,20000	,29158	,983	-,6379	1,0379
	T4	-,20000	,29158	,983	-1,0379	,6379
	T5	-1,40000*	,29158	<,001	-2,2379	-,5621
T4	T0	,10000	,29158	,999	-,7379	,9379
	T1	-,45000	,29158	,637	-1,2879	,3879
	T2	,40000	,29158	,744	-,4379	1,2379
	T3	,20000	,29158	,983	-,6379	1,0379
	T5	-1,20000*	,29158	<,001	-2,0379	-,3621
T5	T0	1,30000*	,29158	<,001	,4621	2,1379
	T1	,75000	,29158	,108	-,0879	1,5879
	T2	1,60000*	,29158	<,001	,7621	2,4379
	T3	1,40000*	,29158	<,001	,5621	2,2379
	T4	1,20000*	,29158	<,001	,3621	2,0379

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Tukey y Duncan presentados en la Tabla 10, se detectaron diferencias significativas en T5 (50 % algarroba y 50 % cacao), el cual está ubicado en el subconjunto tres con una media más alta respecto a los demás. Esto sugiere que existe una percepción de aroma significativamente más alta de la cerveza artesanal en cuando al aroma que el resto de los tratamientos. Sin embargo, los resultados para el tratamiento T2 (80 % lúpulo y 20 % cacao) ha presentado una percepción de aroma significativamente más baja en comparación con otros tratamientos. Cabe resaltar que los tratamientos T3, T0, y T4 no presentan diferencias significativas en la percepción del aroma entre sí.

Tabla 10

Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

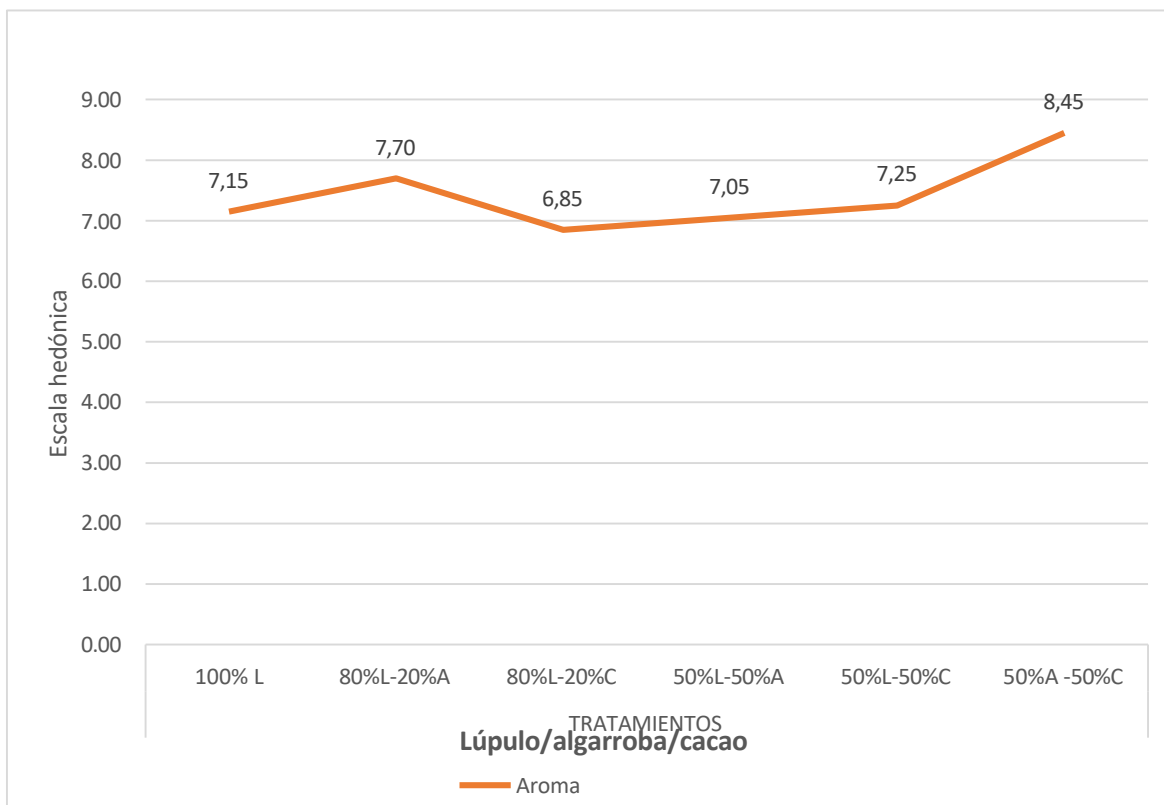
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	T2	40	6,8500		
	T3	40	7,0500	7,0500	
	T0	40	7,1500	7,1500	
	T4	40	7,2500	7,2500	
	T1	40		7,7000	7,7000
	T5	40			8,4500
	Sig.			,744	,228
Duncan ^a	T2	40	6,8500		
	T3	40	7,0500		
	T0	40	7,1500	7,1500	
	T4	40	7,2500	7,2500	
	T1	40		7,7000	
	T5	40			8,4500
	Sig.			,216	,075

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 3 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Esta figura permite visualizar y comparar los valores promedio de cada tratamiento.

Figura 3

Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del aroma



Nota. La figura muestra las medias de la característica organoléptica del aroma de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Color

En la Tabla 11 se muestra el análisis de varianza realizado a la característica organoléptica del color, obteniendo como resultados, el valor de F es 16,464 y su significancia es menor a ($p < 0,05$), esto demuestra que existen diferencias significativas en la percepción del color entre al menos dos de los tratamientos. Esto sugiere que los panelistas perciben variaciones en el color de la cerveza dependiendo del tratamiento aplicado.

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuentes de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	269,250 ^a	44	6,119	4,591	<,001
Intersección panelista	12126,817	1	12126,817	9097,445	<,001
tratamiento	159,517	39	4,090	3,068	<,001
Error	109,733	5	21,947	16,464	<,001
Total	259,933	195	1,333		
Total corregido	12656,000	240			
	529,183	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 12 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, donde T0 y T5 presentaron una diferencia de medias de -1,45000 ($p < 0,001$), esto nos indica que T5 tiene un color percibido significativamente más intenso que T0, por otro lado, los tratamientos T1 y T2 mostraron diferencia de medias de -1,10000 ($p = 0,004$), esto nos indica que T2 tiene un color percibido significativamente más intenso que T1, asimismo, los tratamientos T1 y T4 evidenciaron diferencia de medias de -0,92500 ($p = 0,027$), esto muestra que T4 tiene un color significativamente más intenso que T1. Sin embargo, el tratamiento T5 se diferencia significativamente de todos los demás tratamientos, esto nos sugiere que las concentraciones en porcentajes de algarroba y cacao añadidos en el dry hopping, le otorgan a la cerveza un color más intenso que ha sido percibido por los panelistas.

Tabla 12

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	,75000	,29938	,127	-,1103	1,6103
	T2	-,35000	,29938	,851	-1,2103	,5103
	T3	,27500	,29938	,941	-,5853	1,1353
	T4	-,17500	,29938	,992	-1,0353	,6853
	T5	-1,45000*	,29938	<,001	-2,3103	-,5897
T1	T0	-,75000	,29938	,127	-1,6103	,1103
	T2	-1,10000*	,29938	,004	-1,9603	-,2397
	T3	-,47500	,29938	,608	-1,3353	,3853
	T4	-,92500*	,29938	,027	-1,7853	-,0647
	T5	-2,20000*	,29938	<,001	-3,0603	-1,3397
T2	T0	,35000	,29938	,851	-,5103	1,2103
	T1	1,10000*	,29938	,004	,2397	1,9603
	T3	,62500	,29938	,297	-,2353	1,4853
	T4	,17500	,29938	,992	-,6853	1,0353
	T5	-1,10000*	,29938	,004	-1,9603	-,2397
T3	T0	-,27500	,29938	,941	-1,1353	,5853
	T1	,47500	,29938	,608	-,3853	1,3353
	T2	-,62500	,29938	,297	-1,4853	,2353
	T4	-,45000	,29938	,663	-1,3103	,4103
	T5	-1,72500*	,29938	<,001	-2,5853	-,8647
T4	T0	,17500	,29938	,992	-,6853	1,0353
	T1	,92500*	,29938	,027	,0647	1,7853
	T2	-,17500	,29938	,992	-1,0353	,6853
	T3	,45000	,29938	,663	-,4103	1,3103
	T5	-1,27500*	,29938	<,001	-2,1353	-,4147
T5	T0	1,45000*	,29938	<,001	,5897	2,3103
	T1	2,20000*	,29938	<,001	1,3397	3,0603
	T2	1,10000*	,29938	,004	,2397	1,9603
	T3	1,72500*	,29938	<,001	,8647	2,5853
	T4	1,27500*	,29938	<,001	,4147	2,1353

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 13 se observa los resultados de las pruebas de Tukey y Duncan, donde se detectaron diferencias significativas en el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao), esto nos indica que T5 es el tratamiento con la percepción de color de cerveza artesanal más intensa y opaca, mostrando una diferencia significativa respecto a T1, T3, y T0. Cabe resaltar que T4 y T2 no mostraron diferencias significativas respecto al color de la cerveza artesanal.

Tabla 13

Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

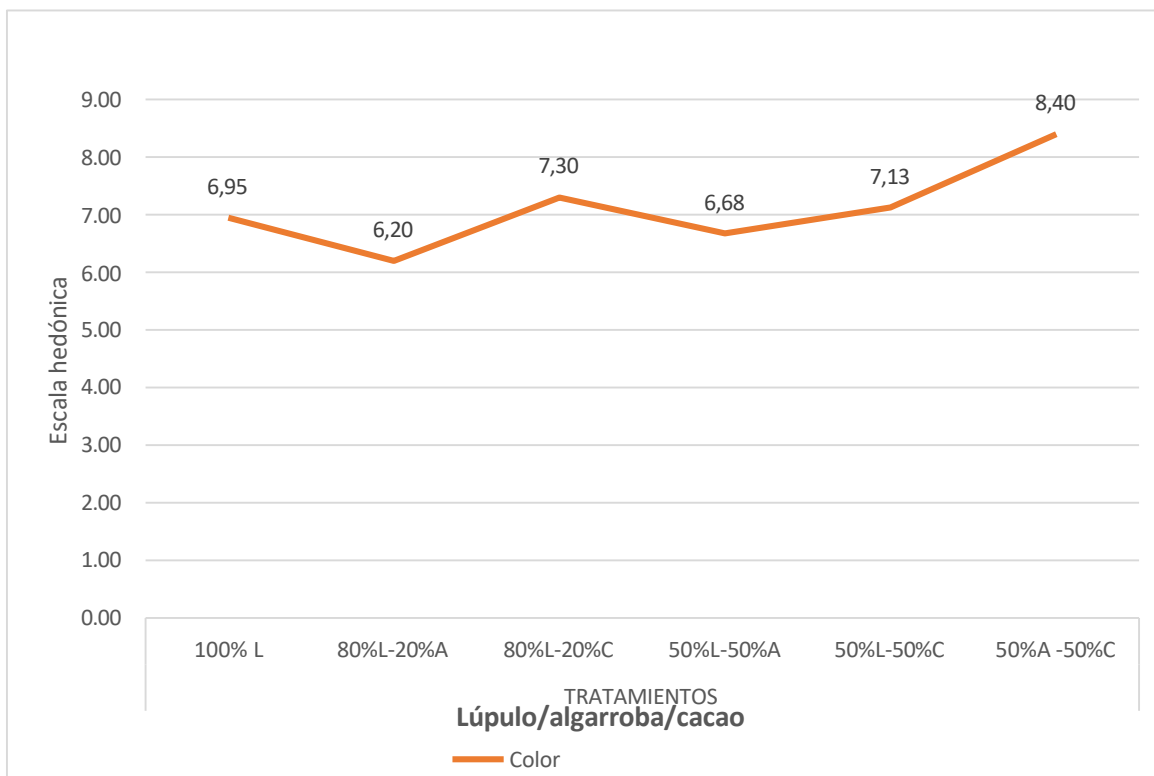
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	T1	40	6,2000		
	T3	40	6,6750	6,6750	
	T0	40	6,9500	6,9500	
	T4	40		7,1250	
	T2	40		7,3000	
	T5	40			8,4000
	Sig.			,127	,297
Duncan ^a	T1	40	6,2000		
	T3	40	6,6750	6,6750	
	T0	40		6,9500	
	T4	40		7,1250	
	T2	40		7,3000	
	T5	40			8,4000
	Sig.			,114	,057

Nota. La tabla presenta la diferencia de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 4 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Esta figura permite visualizar y comparar los valores promedio de cada tratamiento.

Figura 4

Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del color



Nota. La figura muestra las medias de la característica organoléptica del color de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Sabor

En la Tabla 14 se muestra el análisis de varianza realizado a la característica organoléptica del sabor, obteniendo como resultado que el valor de F es 16,679 para los tratamientos y su significancia es menor a ($p < 0,05$), esto demuestra que hay diferencias significativas en el análisis sensorial del sabor de la cerveza artesanal entre al menos uno de los tratamientos. Considerando las diferencias significativas se aplicaron pruebas de comparaciones múltiples y post hoc de Tukey y Duncan para los diferentes tratamientos.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuente de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	212,133 ^a	44	4,21	3,365	<,001
Intersección panelista	12629,504	1	12629,504	8815,619	<,001
tratamiento	92,662	39	2,376	1,658	,014
Error	119,471	5	23,894	16,679	<,001
Total	279,363	195	1,433		
Total corregido	13121,000	240			
	491,496	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 15 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, los cuales indican que hay diferencias entre algunos tratamientos como T0 y T2 (1,25000, $p < 0.001$), T0 y T3 (0,97500, $p = 0,008$). Sin embargo, también se encontraron comparaciones sin diferencias significativas entre ciertos tratamientos, como T1 y T3 (0,17500, $p = 0,989$) y T2 y T4 (0,07500, $p = 1,000$), lo que indica que los panelistas no percibieron diferencias relevantes en la evaluación de estos pares. Esto podría implicar que, en esos casos, las modificaciones en los porcentajes de los ingredientes no generaron un impacto perceptible en las características sensoriales de la cerveza. Finalmente, T5 fue el tratamiento que presenta mayor diferencias significativas respecto los demás.

Tabla 15

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	,80000	,28194	,055	-,0102	1,6102
	T2	1,25000*	,28194	<,001	,4398	2,0602
	T3	,97500*	,28194	,008	,1648	1,7852
	T4	1,32500*	,28194	<,001	,5148	2,1352
	T5	-,62500	,28194	,234	-1,4352	,1852
T1	T0	-,80000	,28194	,055	-1,6102	,0102
	T2	,45000	,28194	,602	-,3602	1,2602
	T3	,17500	,28194	,989	-,6352	,9852
	T4	,52500	,28194	,428	-,2852	1,3352
	T5	-1,42500*	,28194	<,001	-2,2352	-,6148
T2	T0	-1,25000*	,28194	<,001	-2,0602	-,4398
	T1	-,45000	,28194	,602	-1,2602	,3602
	T3	-,27500	,28194	,925	-1,0852	,5352
	T4	,07500	,28194	1,000	-,7352	8852
	T5	-1,87500*	,28194	<,001	-2,6852	-1,0648
T3	T0	-,97500*	,28194	,008	-1,7852	-,1648
	T1	-,17500	,28194	,989	-,9852	,6352
	T2	,27500	,28194	,925	-,5352	1,0852
	T4	,35000	,28194	,816	-,4602	1,1602
	T5	-1,60000*	,28194	<,001	-2,4102	-,7898
T4	T0	-1,32500*	,28194	<,001	-2,1352	-,5148
	T1	-,52500	,28194	,428	-1,3352	,2852
	T2	-,07500	,28194	1,000	-,8852	,7352
	T3	-,35000	,28194	,816	-1,1602	,4602
	T5	-1,95000*	,28194	<,001	-2,7602	-1,1398
T5	T0	,62500	,28194	,234	-,1852	1,4352
	T1	1,42500*	,28194	<,001	,6148	2,2352
	T2	1,87500*	,28194	<,001	1,0648	2,6852
	T3	1,60000*	,28194	<,001	,7898	2,4102
	T4	1,95000*	,28194	<,001	1,1398	2,7602

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 16 se observa los resultados de las pruebas de Tukey y Duncan, donde se detectaron diferencias significativas en el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao), el tratamiento con mayor media en cuanto al sabor, evidenciando una percepción del sabor con más preferencia frente a los demás. Por el contrario, los tratamientos T4, T2, y T3 fueron percibidos de manera similar en cuanto al sabor, formando el grupo con las medias de sabor más bajas.

Tabla 16

Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

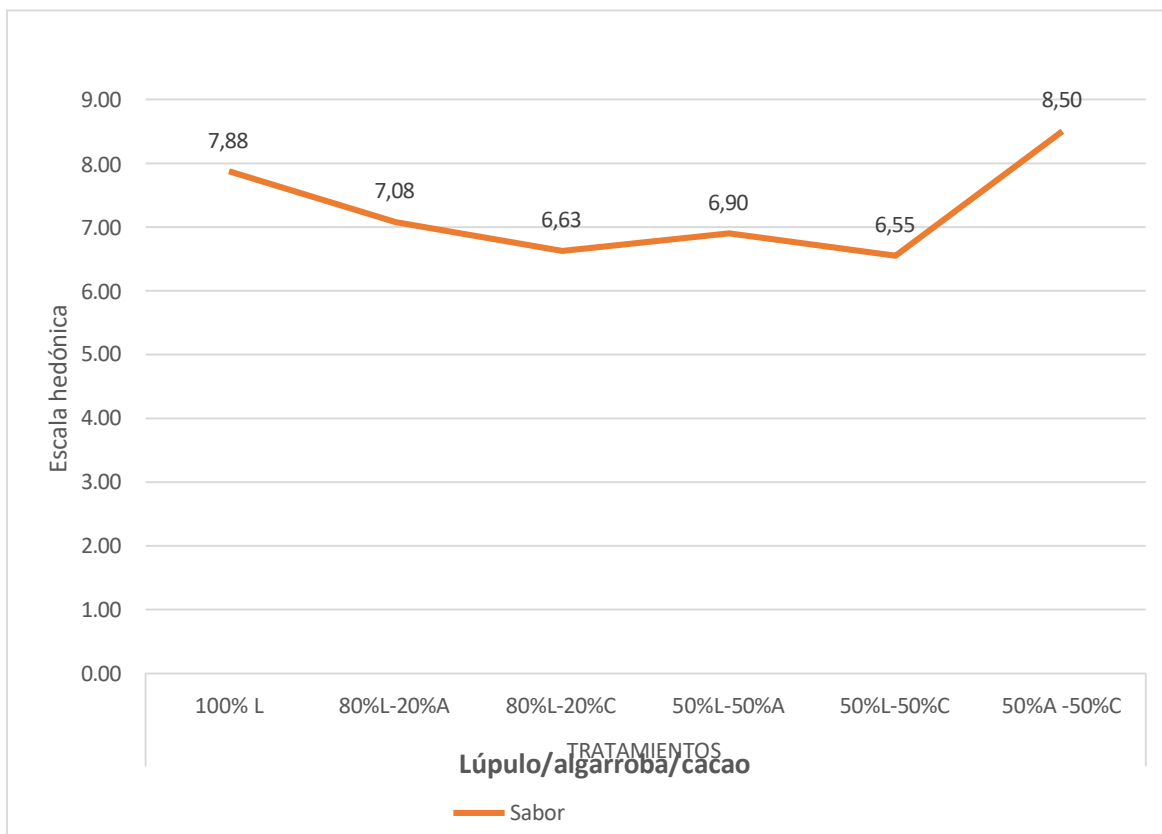
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	T4	40	6,5500		
	T2	40	6,6250		
	T3	40	6,9000		
	T1	40	7,0750	7,0750	
	T0	40		7,8750	7,8750
	T5	40			8,5000
	Sig.			,428	,055
Duncan ^a	T4	40	6,5500		
	T2	40	6,6250		
	T3	40	6,9000		
	T1	40	7,0750		
	T0	40		7,8750	
	T5	40			8,5000
	Sig.			,090	1,000

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 5 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Esta figura permite visualizar y comparar los valores promedio de cada tratamiento.

Figura 5

Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del sabor



Nota. La figura muestra las medias de la característica organoléptica del sabor de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Cuerpo

En la Tabla 17 se muestra el análisis de varianza realizado a la característica organoléptica del cuerpo, obteniendo como resultados que el valor de F de 24,304 con una significancia menor a ($p < 0,05$), esto indica que hay diferencias significativas entre al menos uno de los tratamientos en cuanto al análisis sensorial del cuerpo de la cerveza.

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuentes de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	249,750 ^a	44	5,676	5,300	<,001
Intersección	12965,400	1	12965,400	12105,593	<,001
Panelista	119,600	39	3,067	2,863	<,001
tratamiento	130,150	5	26,030	24,304	<,001
Error	208,850	195	1,071		
Total	13424,000	240			
Total corregido	458,600	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 18 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, los cuales indican que, el análisis de comparaciones múltiples reveló diferencias significativas en la percepción del cuerpo de la cerveza entre algunos de los tratamientos evaluados. Entre T0 y T1, se observó una diferencia de medias de -0,775 con una significancia de 0,043, lo que indica una diferencia significativa en la percepción del cuerpo entre ambos tratamientos ($p < 0,05$). Asimismo, la comparación entre T0 y T4 mostró una diferencia de medias de 0,925, con una significancia de 0,007. Este resultado indica que T0 presenta una percepción de cuerpo significativamente mayor que T4. Por otro lado, la comparación entre T0 y T5 arrojó una diferencia de -1,400, con una significancia menor a 0,001, sugiriendo que T5 tiene una percepción de cuerpo notablemente mayor que T0. Sin embargo, analizando los resultados, se puede concluir que T5 se percibe como el tratamiento con un cuerpo más robusto o destacado entre las muestras evaluadas.

Tabla 18

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	-,77500*	,26492	,043	-1,5362	-,0138
	T2	,07500	,26492	1,000	-,6862	,8362
	T3	,12500	,26492	,997	-,6362	,8862
	T4	,92500*	,26492	,007	,1638	1,6862
	T5	-1,40000*	,26492	<,001	-2,1612	-,6388
T1	T0	,77500*	,26492	,043	,0138	1,5362
	T2	,85000*	,26492	,019	,0888	1,6112
	T3	,90000*	,26492	,010	,1388	1,6612
	T4	1,70000*	,26492	<,001	,9388	2,4612
	T5	-,62500	,26492	,175	-1,3862	,1362
T2	T0	-,07500	,26492	1,000	-,8362	,6862
	T1	-,85000*	,26492	,019	-1,6112	-,0888
	T3	,05000	,26492	1,000	-,7112	,8112
	T4	,85000*	,26492	,019	,0888	1,6112
	T5	-1,47500*	,26492	<,001	-2,2362	-,7138
T3	T0	-,12500	,26492	,997	-,8862	,6362
	T1	-,90000*	,26492	,010	-1,6612	-,1388
	T2	-,05000	,26492	1,000	-,8112	,7112
	T4	,80000*	,26492	,033	,0388	1,5612
	T5	-1,52500*	,26492	<,001	-2,2862	-,7638
T4	T0	-,92500*	,26492	,007	-1,6862	-,1638
	T1	-1,70000*	,26492	<,001	-2,4612	-,9388
	T2	-,85000*	,26492	,019	-1,6112	-,0888
	T3	-,80000*	,26492	,033	-1,5612	-,0388
	T5	-2,32500*	,26492	<,001	-3,0862	-1,5638
T5	T0	1,40000*	,26492	<,001	,6388	2,1612
	T1	,62500	,26492	,175	-,1362	1,3862
	T2	1,47500*	,26492	<,001	,7138	2,2362
	T3	1,52500*	,26492	<,001	,7638	2,2862
	T4	2,32500*	,26492	<,001	1,5638	3,0862

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 19 observamos los resultados de las pruebas de Tukey y Duncan, donde se detectaron diferencias significativas en el tratamiento T4, el cual, tuvo la percepción de cuerpo más baja y el tratamiento T5, que fue el tratamiento con la percepción de cuerpo más alta de la cerveza artesanal estilo porter. Cabe resaltar que, la prueba de Duncan, es más detallada, distinguiendo diferencias adicionales entre T3, T2 y T0 que la prueba de Tukey no identifica como significativas.

Tabla 19

Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

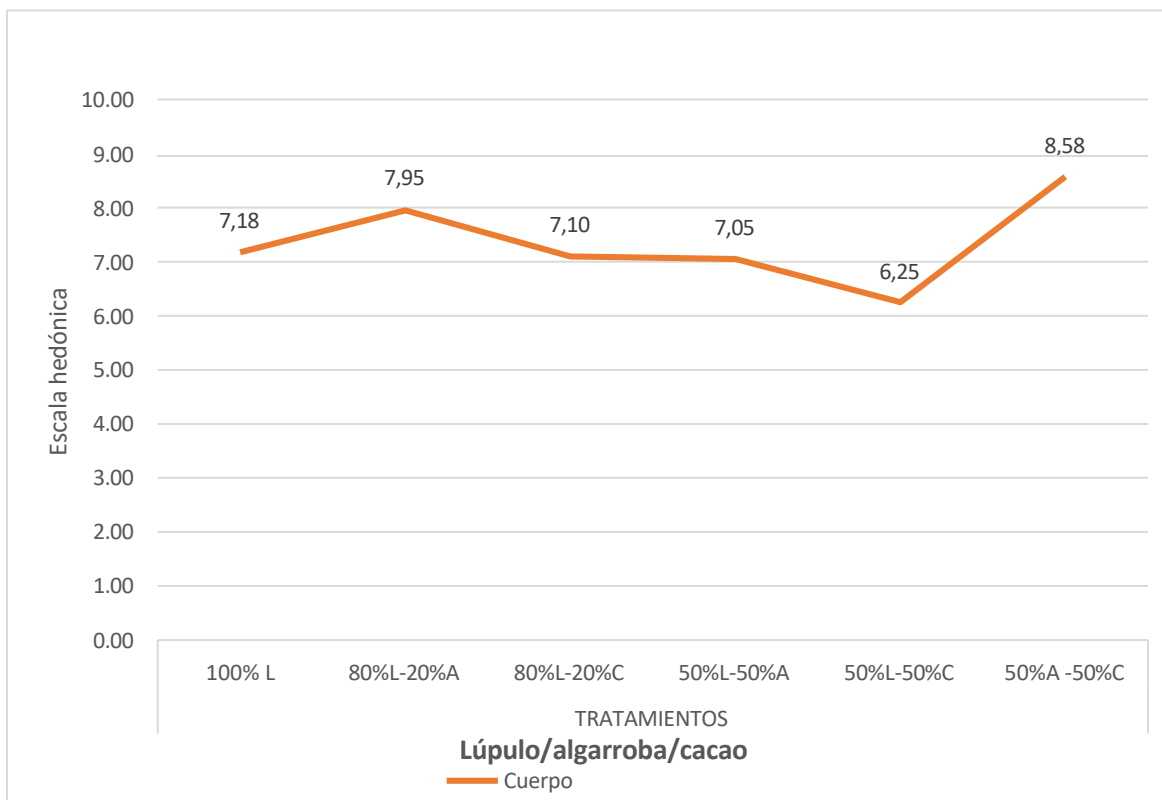
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
			1	2	3	4
HSD Tukey ^a	T4	40	6,2500			
	T3	40		7,0500		
	T2	40		7,1000		
	T0	40		7,1750		
	T1	40			7,9500	
	T5	40			8,5750	
	Sig.			1,000	,997	,175
Duncan ^a	T4	40	6,2500			
	T3	40		7,0500		
	T2	40		7,1000		
	T0	40		7,1750		
	T1	40			7,9500	
	T5	40				8,5750
	Sig.			1,000	,660	1,000

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 6 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Esta figura permite visualizar y comparar los valores promedio de cada tratamiento.

Figura 6

Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del cuerpo



Nota. La figura muestra las medias de la característica organoléptica del cuerpo de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Retrogusto

En la Tabla 20 se muestra el análisis de varianza realizado a la característica organoléptica del retrogusto, obteniendo como resultados que el valor de la prueba F de 15,704 con un valor de significancia menor a ($p < 0,05$), esto indica que existen diferencias significativas en la percepción del retrogusto entre los distintos tratamientos. Esto sugiere que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente de los demás en la percepción del retrogusto.

Tabla 20

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuente de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	297,150 ^a	44	6,753	4,329	<,001
Intersección panelista	12326,667	1	12326,667	7902,142	<,001
tratamiento	174,667	39	4,479	2,871	<,001
Error	122,483	5	24,497	15,704	<,001
Total	304,183	195	1,560		
Total corregido	12928,000	240			
	601,333	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 21 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, donde se obtuvo que los tratamientos T0 y T5 presentaron diferencias de medias de -1,67500 con un valor de ($p < 0,001$), lo que indica que el retrogusto de T0 es significativamente menor que el de T5. Asimismo, los tratamientos T1 y T5 mostraron una diferencia de medias fue de -2,30000, con un valor de ($p < 0,001$), esto sugiere que T1 presenta un retrogusto significativamente menor que T5. Además, en T3 y T1 se observó una diferencia de medias de 1,27500, con un valor de ($p = 0,001$), lo que muestra que el retrogusto de T3 es significativamente superior al de T1. Tomando en cuenta estos resultados, se logró deducir que la consistencia de las diferencias significativas entre T5 y los demás tratamientos, especialmente con valores de ($p < 0,001$), sugiere que T5 tiene un perfil de retrogusto distintivo, el cual es percibido como más agradable por los panelistas en comparación con otros tratamientos.

Tabla 21

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	,62500	,31987	,372	-,2941	1,5441
	T2	,00000	,31987	1,000	-,9191	,9191
	T3	-,65000	,31987	,327	-1,5691	,2691
	T4	-,50000	,31987	,624	-1,4191	,4191
	T5	-1,67500*	,31987	<,001	-2,5941	-,7559
T1	T0	-,62500	,31987	,372	-1,5441	,2941
	T2	-,62500	,31987	,372	-1,5441	,2941
	T3	-1,27500*	,31987	,001	-2,1941	-,3559
	T4	-1,12500*	,31987	,007	-2,0441	-,2059
	T5	-2,30000*	,31987	<,001	-3,2191	-1,3809
T2	T0	,00000	,31987	1,000	-,9191	,9191
	T1	,62500	,31987	,372	-,2941	1,5441
	T3	-,65000	,31987	,327	-1,5691	,2691
	T4	-,50000	,31987	,624	-1,4191	,4191
	T5	-1,67500*	,31987	<,001	-2,5941	-,7559
T3	T0	,65000	,31987	,327	-,2691	1,5691
	T1	1,27500*	,31987	,001	,3559	2,1941
	T2	,65000	,31987	,327	-,2691	1,5691
	T4	,15000	,31987	,997	-,7691	1,0691
	T5	-1,02500*	,31987	,019	-1,9441	-,1059
T4	T0	,50000	,31987	,624	-,4191	1,4191
	T1	1,12500*	,31987	,007	,2059	2,0441
	T2	,50000	,31987	,624	-,4191	1,4191
	T3	-,15000	,31987	,997	-1,0691	,7691
	T5	-1,17500*	,31987	,004	-2,0941	-,2559
T5	T0	1,67500*	,31987	<,001	,7559	2,5941
	T1	2,30000*	,31987	<,001	1,3809	3,2191
	T2	1,67500*	,31987	<,001	,7559	2,5941
	T3	1,02500*	,31987	,019	,1059	1,9441
	T4	1,17500*	,31987	,004	,2559	2,0941

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 22 observamos los resultados de las pruebas de Tukey y Duncan, donde se detectaron diferencias significativas en el tratamiento T5, que fue el tratamiento con la percepción de retrogusto de mayor preferencia de la cerveza artesanal estilo porter por parte de los panelistas semi entrenados. Asimismo, los tratamientos T0, T1 y T2 no muestran diferencias significativas y fueron las de menor preferencia.

Tabla 22

Pruebas de Tukey y Duncan del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

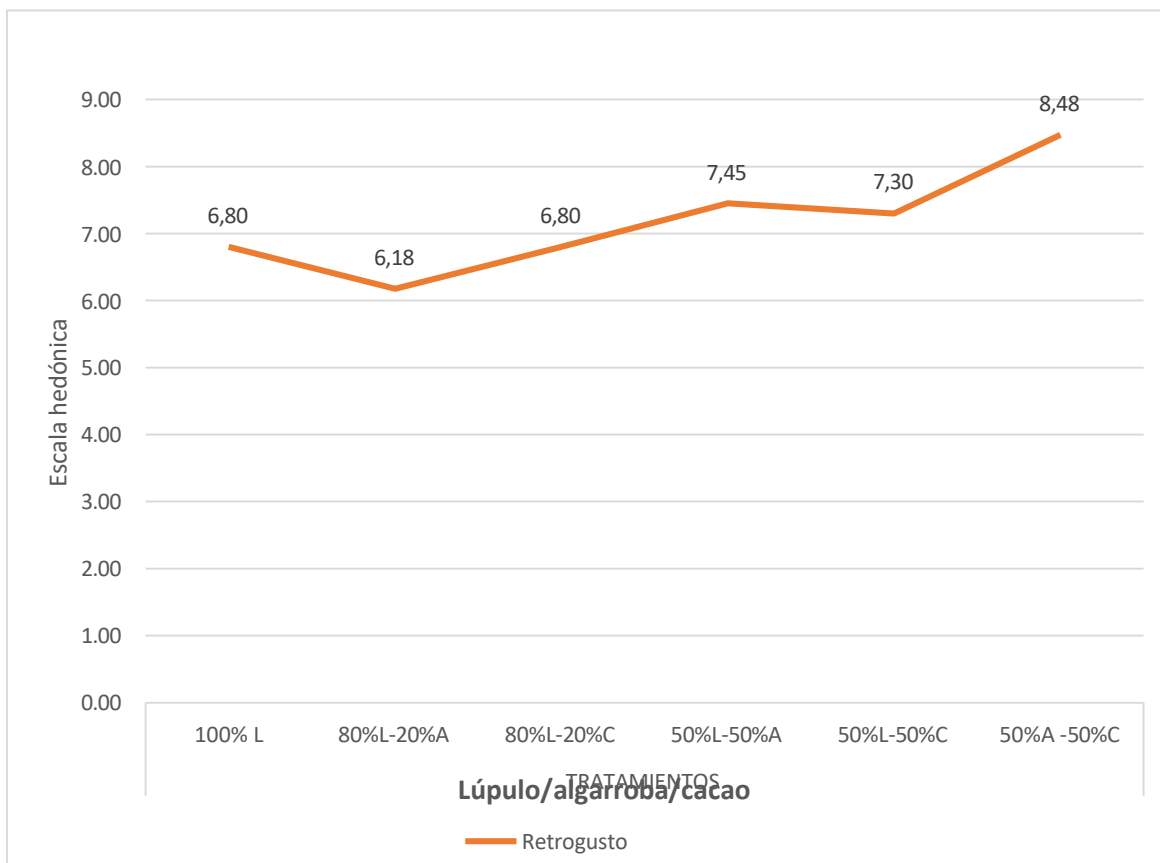
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	T1	40	6,1750		
	T0	40	6,8000	6,8000	
	T2	40	6,8000	6,8000	
	T4	40		7,3000	
	T3	40		7,4500	
	T5	40			8,4750
	Sig.			,372	,327
Duncan ^a	T1	40	6,1750		
	T0	40	6,8000	6,8000	
	T2	40	6,8000	6,8000	
	T4	40		7,3000	
	T3	40		7,4500	
	T5	40			8,4750
	Sig.			,065	,064

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 7 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter. Esta figura permite visualizar y comparar los valores promedio de cada tratamiento.

Figura 7

Diferencia de las medias del parámetro sensorial para la característica organoléptica del retrogusto



Nota. La figura muestra las medias de la característica organoléptica del retrogusto de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2. Características fisicoquímicas (densidad, acidez titulable, pH y grados de alcohol) de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

En la presente investigación se desarrolló un análisis fisicoquímico de pH, porcentaje de acidez, porcentaje de grados de alcohol y densidad a cada uno de los tratamientos planteados, como se observan en la Tabla 23. Dicho análisis permitió comparar de manera objetiva las características fisicoquímicas de cada tratamiento, identificando variaciones relevantes entre ellos.

Tabla 23

Resultados de las mediciones de las características fisicoquímicas de pH, acidez, grados de alcohol y densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Característica fisicoquímica	T0	T1	T2	T3	T4	T5
pH	4,42	4,22	4,15	4,25	4,09	4,03
Acidez	0,31	0,39	0,46	0,28	0,48	0,50
Grados de alcohol	4,20	4,26	4,00	4,20	4,40	4,26
Densidad	1,019	1,018	1,020	1,019	1,017	1,018

Nota. La tabla presenta los resultados de las mediciones de las características fisicoquímicas de pH, acidez, grados de alcohol y densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2.1. pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

En la Tabla 24 podemos observar el análisis de varianza realizado con los valores de pH obtenidos en los diferentes tratamientos de la cerveza artesanal. Se ha determinado que los diferentes tratamientos producen efectos significativamente distintos en el pH de la cerveza artesanal. Como el valor ($p < 0,001$), se concluye que al menos uno de los tratamientos tiene un impacto distinto en el pH.

Tabla 24

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,236	5	,047	46,726	<,001
Dentro de grupos	,012	12	,001		
Total	,248	17			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para el nivel de pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Se determinaron las pruebas de Tukey presentadas en la Tabla 25, a través de cuatro grupos de subconjuntos homogéneos, donde T5 mostró un pH ligeramente más bajo, con un valor de 4,03 y T0 evidenció un pH relativamente más alto, con un valor de 4,42. Por lo tanto, el uso de mayores proporciones de algarroba y cacao tiende a disminuir ligeramente el pH de la cerveza, mientras que el tratamiento con solo lúpulo, T0, resulta en un pH ligeramente

más alto. Esto sugiere que la adición de ingredientes como algarroba y cacao puede influir en el pH de la cerveza artesanal. Sin embargo, los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTP 213.014:2016.

Tabla 25

Pruebas de Tukey del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
		1	2	3	4
T5	3	4,0333			
T4	3	4,1167	4,1167		
T2	3		4,1700		
T1	3			4,2667	
T3	3			4,2733	
T0	3				4,3833
Sig.		,064	,369	1,000	1,000

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey del pH de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2.2. Porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

En la Tabla 26 se observa que el análisis de varianza realizado a los valores obtenidos de porcentaje de acidez en los diferentes tratamientos de la cerveza artesanal estilo porter mostró que la significancia es menor a ($p < 0,05$), por lo tanto, se deduce que existen diferencias significativas en el porcentaje de acidez entre los distintos tratamientos. Esto indica que la variación en las proporciones de lúpulo, algarroba y cacao afecta el nivel de acidez de la cerveza artesanal.

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,131	5	,026	45,802	<,001
Dentro de grupos	,007	12	,001		
Total	,138	17			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para el porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de Tukey, presentados en la Tabla 27, para el análisis del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal, las combinaciones de las diferentes proporciones de algarroba, cacao y lúpulo, mostraron una significancia en la acidez del producto final. En particular, los tratamientos que incluyen una mayor proporción de cacao y algarroba mostraron niveles de acidez significativamente más altos en comparación con los tratamientos que contienen únicamente lúpulo o bajos porcentajes de algarroba y cacao.

Tabla 27

Pruebas de Tukey del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T3	3	,2933	
T0	3	,3033	
T1	3	,3300	
T2	3		,4533
T4	3		,4700
T5	3		,5033
Sig.		,458	,181

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey del porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2.3. Porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

En la Tabla 28, se realizó el análisis de varianza de los valores del porcentaje de alcohol en las diferentes formulaciones de cerveza artesanal, que incorporan distintas proporciones de algarroba, cacao y lúpulo. Los resultados del ANOVA indicaron que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de alcohol entre los tratamientos analizados, dado que el valor de significancia fue de 0,100, superando el umbral comúnmente aceptado de ($p < 0,05$).

Tabla 28

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados del porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,214	5	,043	2,390	,100
Dentro de grupos	,215	12	,018		
Total	,429	17			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para el porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Los resultados de la Tabla 29 del análisis de Tukey indican que, a un nivel de significancia del 5 %, no existen diferencias significativas en el porcentaje de alcohol entre los tratamientos analizados. Todos los tratamientos se agrupan en un solo subconjunto homogéneo, lo que implica que las formulaciones que incluyen diferentes proporciones de algarroba, cacao y lúpulo no afectan drásticamente el contenido de alcohol.

Tabla 29

Pruebas de Tukey del porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05
		1
T0	3	4,0200
T5	3	4,0867
T3	3	4,1333
T2	3	4,1533
T1	3	4,2867
T4	3	4,3333
Sig.		,112

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey del porcentaje de grados de alcohol de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2.4. Densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Los resultados del ANOVA, presentados en la Tabla 30, indican que no existen diferencias significativas en los valores de densidad de las cervezas artesanales elaboradas con diferentes combinaciones de algarroba, cacao y lúpulo. Se muestra que el valor de

significancia de 0,104, es mayor que el nivel común de ($p < 0,05$). Esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la densidad entre los tratamientos.

Tabla 30

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	5	,000	2,356	,104
Dentro de grupos	,000	12	,000		
Total	,000	17			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la determinación de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Los resultados de la prueba de Tukey, presentados en la Tabla 31, respaldan las conclusiones del ANOVA, ya que demuestran que no existen diferencias significativas en la densidad entre los diferentes tratamientos de la cerveza artesanal. Esto sugiere que, independientemente de las variaciones en los porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo utilizados, la densidad del producto final permanece constante.

Tabla 31

Pruebas de Tukey de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05
		1
T4	3	1,0177
T1	3	1,0180
T2	3	1,0190
T3	3	1,0193
T5	3	1,0193
T0	3	1,0200
Sig.		,114

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey de la densidad de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.2.5. Intención de compra

Para determinar cuál de las formulaciones podría ser adquirida por el consumidor, se aplicó una ficha de intención de compra, donde el panelista semi entrenado podía dar un valor a la muestra que podría comprar. En el Apéndice J, se encuentran los resultados de la intención de compra.

En la Tabla 32 se muestra el análisis de varianza para los resultados de intención de compra de la cerveza artesanal estilo porter realizado a los 40 panelistas, donde los resultados mostraron un nivel de significancia ($p < 0,001$), esto nos indica que existen diferencias significativas en la intención de compra entre al menos algunos de los tratamientos, por lo tanto se puede deducir que los diferentes tratamientos de algarroba, cacao y lúpulo, realizados la cerveza artesanal, afectan la intención de compra de manera significativa. Asimismo, el valor F (35,765) sugiere que la variabilidad entre los tratamientos es mucho mayor que la variabilidad dentro de los tratamientos, confirmando la existencia de diferencias.

Tabla 32

Análisis de varianza (ANOVA) de los resultados de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Fuente de variación	SC	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	173,867 ^a	44	3,952	6,551	<,001
Intersección panelista	1989,504	1	1989,504	3298,105	<,001
tratamiento	65,996	39	1,692	2,805	<,001
Error	107,871	5	21,574	35,765	<,001
Total	117,629	195	,603		
Total corregido	2281,000	240			
	291,496	239			

Nota. La tabla presenta en análisis de varianza para la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 33 se pueden observar los resultados mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad, donde se obtuvo que el tratamiento T5 se distingue de manera significativa por presentar una mayor intención de compra en

comparación con los demás tratamientos evaluados. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en la intención de compra entre los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4. Las diferencias de medias entre estos tratamientos presentaron valores de p superiores a 0,05, lo que indica que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

Tabla 33

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de la intención de compra realizado a la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	-,20000	,19808	,914	-,7692	,3692
	T2	-,32500	,19808	,572	-,8942	,2442
	T3	-,12500	,19808	,989	-,6942	,4442
	T4	-,40000	,19808	,334	-,9692	,1692
	T5	-1,97500*	,19808	<,001	-2,5442	-1,4058
T1	T0	,20000	,19808	,914	-,3692	,7692
	T2	-,12500	,19808	,989	-,6942	,4442
	T3	,07500	,19808	,999	-,4942	,6442
	T4	-,20000	,19808	,914	-,7692	,3692
	T5	-1,77500*	,19808	<,001	-2,3442	-1,2058
T2	T0	,32500	,19808	,572	-,2442	,8942
	T1	,12500	,19808	,989	-,4442	,6942
	T3	,20000	,19808	,914	-,3692	,7692
	T4	-,07500	,19808	,999	-,6442	,4942
	T5	-1,65000*	,19808	<,001	-2,2192	-1,0808
T3	T0	,12500	,19808	,989	-,4442	,6942
	T1	-,07500	,19808	,999	-,6442	,4942
	T2	-,20000	,19808	,914	-,7692	,3692
	T4	-,27500	,19808	,734	-,8442	,2942
	T5	-1,85000*	,19808	<,001	-2,4192	-1,2808
T4	T0	,40000	,19808	,334	-,1692	,9692
	T1	,20000	,19808	,914	-,3692	,7692
	T2	,07500	,19808	,999	-,4942	,6442
	T3	,27500	,19808	,734	-,2942	,8442
	T5	-1,57500*	,19808	<,001	-2,1442	-1,0058
T5	T0	1,97500*	,19808	<,001	1,4058	2,5442
	T1	1,77500*	,19808	<,001	1,2058	2,3442
	T2	1,65000*	,19808	<,001	1,0808	2,2192
	T3	1,85000*	,19808	<,001	1,2808	2,4192
	T4	1,57500*	,19808	<,001	1,0058	2,1442

Nota. La tabla presenta las comparaciones múltiples de Tukey para la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Tabla 34 observamos los resultados realizados a las pruebas de Tukey y Duncan, evidenciando que las medias de intención de compra para los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4 son relativamente bajas, oscilando entre 2,3750 y 2,7750. Esto nos indica que, los consumidores tienen una intención de compra baja para estos tratamientos. Por el contrario, el tratamiento T5, tiene una media significativamente más alta de 4,3500, ubicado en el subconjunto, indicando que este tratamiento es considerablemente más atractivo para los consumidores. Con estos resultados, se determinó que el tratamiento T5 es claramente el tratamiento preferido por los panelistas, mientras que los otros tratamientos no muestran diferencias notables en su atractivo.

Tabla 34

Pruebas de Tukey y Duncan de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

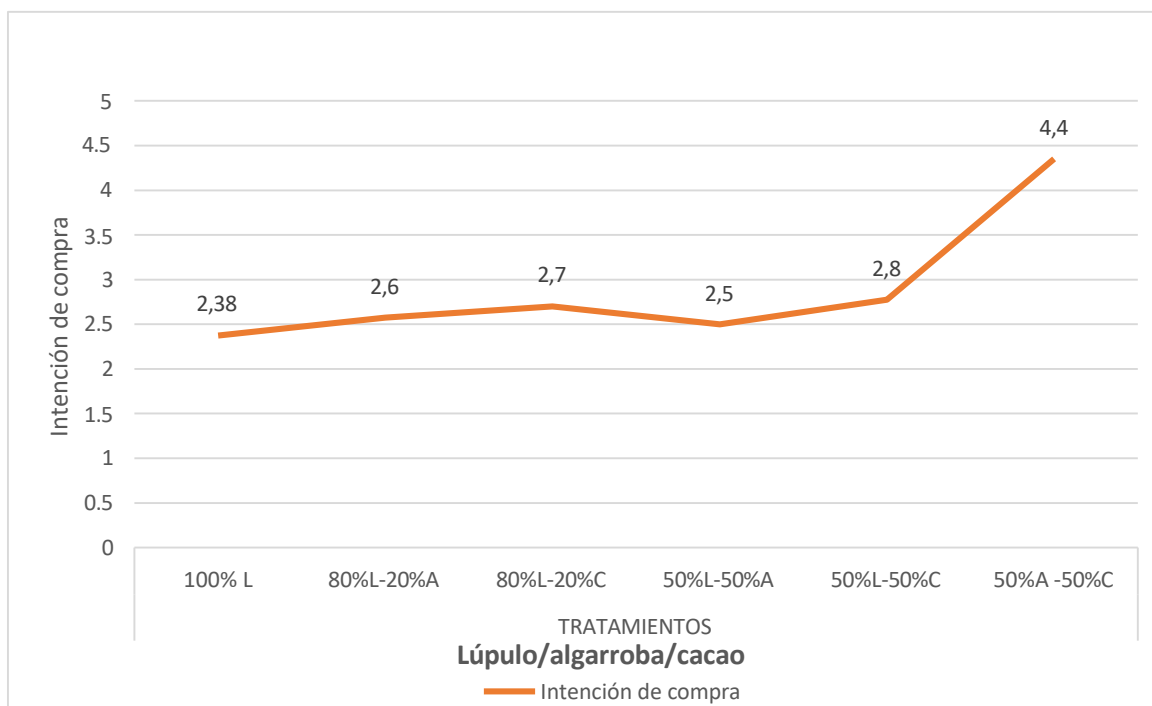
	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
HSD Tukey ^a	T0	40	2,3750	
	T3	40	2,5000	
	T1	40	2,5750	
	T2	40	2,7000	
	T4	40	2,7750	
	T5	40		4,3500
	Sig.			,334
Duncan ^a	T0	40	2,3750	
	T3	40	2,5000	
	T1	40	2,5750	
	T2	40	2,7000	
	T4	40	2,7750	
	T5	40		4,3500
	Sig.			.072

Nota. La tabla presenta las diferencias de medias de las pruebas de Tukey y Duncan para la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

En la Figura 8 se presentan las diferencias de las medias obtenidas en la evaluación de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Figura 8

Diferencia de las medias de la intención de compra de la cerveza artesanal estilo porter



Nota. La figura muestra las medias de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

3.3. Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia

En la Tabla 35, se presentan los resultados del análisis microbiológico (recuento total de microorganismos mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, coliformes totales NMP/ml y levaduras UFC/ml) realizado al tratamiento T5 que tuvo mayor aceptación sensorial por los panelistas. Se puede apreciar que los resultados se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTP 213.014.2016 para cervezas, siendo esta cerveza adecuada para el consumo humano y de calidad sanitaria. Cabe mencionar que los análisis y resultados se realizaron en el laboratorio privado “Ensayos de Laboratorio y Asesorías Pintado E.I.R.L” (Apéndice I).

Los valores < 10 para aerobios mesófilos y mohos, y < 3 para coliformes totales indican la ausencia o niveles insignificantes de estos microorganismos. El recuento de levaduras fue

de 16 UFC/ml, lo cual es esperado en una cerveza artesanal, dado que las levaduras desempeñan un papel en su fermentación

Tabla 35

Resultados microbiológicos del tratamiento con mayor aceptación sensorial de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite*	Método de ensayo
Enumeración de Aerobios mesófilos	UFC/ml	< 10	100	ICMSF
Enumeración de Coliformes totales	NMP/ml	< 3	ausente	CMSF
Enumeración de Mohos	UFC/ml	< 10	20	ICMSF
Enumeración de Levaduras	UFC/ml	16	-	ICMSF

Nota. UFC = Unidades formadoras de colonias; NPM = Número más probable; ICMSF = International Commission on Microbiological Specifications for Foods; *NTP 213.014.2016

3.4. Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional

Se realizó la evaluación del perfil nutricional de dos muestras de cerveza porter artesanal: una formulada con la adición de cacao y algarroba, y otra sin dichos ingredientes, ambas en una presentación de 1,7 litros. Los resultados de la Tabla 37, muestran que la cerveza con cacao y algarroba presentó un contenido ligeramente mayor de energía (700 kcal vs. 690 kcal), mientras que la cantidad de alcohol fue igual en ambas muestras (75 g). Los carbohidratos totales, azúcares simples, proteínas, grasas y fibra se mantuvieron constantes o con diferencias mínimas. No obstante, se observó un aumento en el contenido de polifenoles totales en la cerveza con cacao y algarroba (20 mg) respecto a la cerveza sin estos ingredientes (10 mg). Asimismo, se registraron concentraciones ligeramente mayores de minerales como magnesio (35 mg vs. 30 mg), potasio (180 mg vs. 160 mg), hierro (0,5 mg vs. 0,3 mg) y calcio (20 mg vs. 18 mg) en la muestra con cacao y algarroba. El contenido de sodio fue igual en ambas muestras (15 mg).

Tabla 36

Resultados del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional

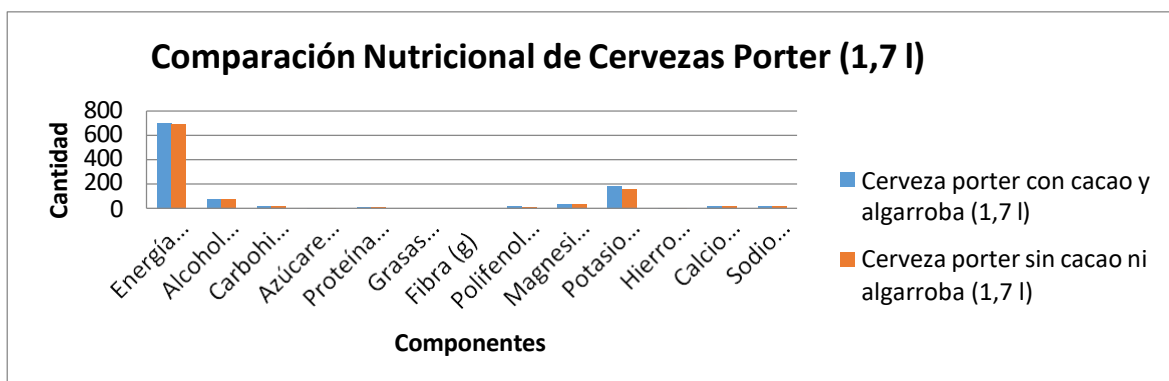
Componente	Cerveza porter con cacao y algarroba (1,7 L)	Cerveza porter sin cacao ni algarroba (1,7 L)
Energía (kcal)	700	690
Alcohol (g)	75	75
Carbohidratos totales (g)	18	18
Azúcares simples (g)	2	2
Proteínas (g)	4	4
Grasas totales (g)	<0,5	<0,5
Fibra (g)	<0,2	<0,2
Polifenoles totales (mg)	20	10
Magnesio (mg)	35	30
Potasio (mg)	180	160
Hierro (mg)	0,5	0,3
Calcio (mg)	20	18
Sodio (mg)	15	15

Nota. CIQUAL: French food composition table. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://ciqual.anses.fr/>

En la Figura 9 se presentan las diferencias de los resultados obtenidos de la comparación nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza convencional.

Figura 9

Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza porter convencional



Nota. La figura muestra las diferencias de los resultados obtenidos de la comparación nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de cacao y algarroba frente a una cerveza convencional.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Determinación de las características organolépticas de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter a través de 40 panelistas semi entrenados utilizando pruebas sensoriales

4.1.1. Resultados de las características organolépticas del aroma, color, sabor, cuerpo, retrogusto e intención de compra

El análisis sensorial de la cerveza artesanal permitió identificar variaciones significativas en sus características organolépticas, determinando la formulación con mayor aceptación entre los panelistas. En aroma, el tratamiento T5 (50 % algarroba - 50 % cacao) obtuvo la mejor puntuación (8,45), destacando por su perfil tostado. La prueba estadística confirmó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Para el color, T5 fue el más valorado (8,40), asociado a una tonalidad oscura característica del estilo porter. El ANOVA evidenció diferencias entre algunos tratamientos, mientras que T4 y T2 fueron similares. En sabor, T5 se destacó con 8,50 puntos, percibido como equilibrado y con mayor presencia de cacao y algarroba. El cuerpo de la cerveza también fue mejor valorado en T5 (8,58), descrito como más denso y cremoso. El análisis estadístico confirmó diferencias con los demás tratamientos. En retrogusto, T5 lideró la aceptación (8,48), resaltando por sus notas tostadas y sutiles de cacao y algarroba. La prueba de Tukey ubicó a T1 como el menos aceptado. Finalmente, en intención de compra, T5 obtuvo la mejor evaluación (4,35), mientras que T0 (100 % lúpulo) alcanzó el puntaje más bajo (2,38), demostrando el efecto positivo de la algarroba y el cacao en la percepción del producto. Los resultados indican que la formulación 50 % algarroba y 50 % cacao mejoró significativamente las características sensoriales y la aceptación del consumidor.

Aroma

En cuanto a la característica organoléptica del aroma, los resultados revelaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) fue el preferido por los 40 panelistas semi entrenados, alcanzando una puntuación promedio de 8,45 en la escala hedónica de 9 puntos (Figura 3), correspondiente a la categoría de “Me gustó mucho”. De acuerdo con lo

mencionado por los panelistas, se percibieron con mayor intensidad los aromas a cacao, algarroba y aromas tostados, en los tratamientos T5 y T4, los cuales tuvieron los siguientes porcentajes T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) y T4 (50 % lúpulo y 50 % cacao) respectivamente, manifestando que el aroma era muy agradable. Asimismo, el análisis de varianza ($p < 0,05$) realizado a los tratamientos (Tabla 8), evidenció que hay diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, es decir que, si hay efecto de los porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo sobre las diferentes formulaciones, los cuales se le atribuyen al T5, posteriormente al realizar las pruebas de Tukey y Duncan (Tabla 10) quedó demostrado que el tratamiento con mayor aceptación fue el T5. Por el contrario, T2 (80 % lúpulo y 20 % cacao) es percibido con una intensidad de aroma inferior en comparación con T1, aunque no difiere significativamente de T0, T3, o T4. Finalmente, los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 tienen percepciones de aroma similares entre sí, sugiriendo que los panelistas no perciben diferencias sustanciales en el aroma. Comparando estos resultados con investigaciones previas, Lizarbe (2023) reportó que la sustitución parcial de lúpulo por tanino de tara en cerveza artesanal incrementó la aceptación del aroma, destacando la formulación con 30 % de tanino de tara y 70 % de lúpulo como la mejor evaluada por jueces semi entrenados. Aunque Lizarbe (2023) utilizó tanino de tara, el patrón es similar al presente estudio en cuanto a que una sustitución parcial de lúpulo con otro insumo, en este caso algarroba y cacao, logra mejorar la percepción aromática, validando la estrategia de diversificar el perfil sensorial mediante ingredientes alternativos. Por otro lado, Távora (2018) encontró que la inclusión de vaina de algarroba al 40 % en una cerveza tipo ale también generó mayor aceptación aromática. Esto coincide directamente con los resultados del presente trabajo, dado que el tratamiento T5, con 50 % de algarroba, obtuvo igualmente una alta puntuación sensorial. Esto sugiere que la algarroba aporta compuestos aromáticos agradables que son reconocidos y aceptados por consumidores de cerveza artesanal. Asimismo, Tucumbi (2022) evidenció que el tratamiento con mayor concentración de capulí (500 g) en cerveza tipo lambic fue mejor aceptado por su perfil aromático. Al igual que en el presente estudio, la incorporación de algarroba y cacao potencia la complejidad aromática y mejora la aceptación por parte del consumidor. Por tanto, se puede concluir que la tendencia de incorporar insumos (algarroba y cacao), en el proceso de dry hopping, si incrementa la aceptación sensorial.

Color

En cuanto a la característica organoléptica del color, los resultados revelaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) fue el preferido por los 40 panelistas semi entrenados, alcanzando una puntuación promedio de 8,40 en la escala hedónica de 9 puntos (Figura 4), correspondiente a la categoría de “Me gustó mucho”. De acuerdo con lo mencionado por los panelistas, el color fue el más adecuado para un estilo de cerveza porter con una intensidad muy opaca. Asimismo, el análisis de varianza ($p < 0,05$) realizado a los tratamientos, evidenció que hay diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 11), es decir que, si hay efecto de los porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo sobre las diferentes formulaciones, los cuales se le atribuyen al T5, posteriormente al realizar las pruebas de Tukey y Duncan (Tabla 13) quedó demostrado que el tratamiento T5 fue tuvo mayor aceptación respecto al color, mostrando una diferencia significativa respecto a T1, T3, y T0. Cabe resaltar que T4 y T2 no mostraron diferencias significativas respecto al color de la cerveza artesanal. Comparando con otras investigaciones, Echia (2018) señaló que la inclusión de papa amarilla tumbay junto con cebada malteada en las concentraciones de 91 % de cebada, 9 % papa y 0,8 g/l de lúpulo, intensificó el color de la cerveza artesanal, lo cual coincide con el resultado del presente estudio. La alta aceptación del T5 podría explicarse justamente por la incorporación de cacao y algarroba, insumos que aportan pigmentos naturales un tanto oscuros y compuestos fenólicos capaces de intensificar la coloración, análoga a la investigación de Echia. Asimismo, Aldaz (2018) indicó que la adición de quinua y jarabe de remolacha en la proporción de 3,10 % de quinua y 3,72 % de jarabe de remolacha generó cervezas con coloraciones más opacas e intensas, atribuida principalmente a la remolacha. Este hallazgo complementa la presente investigación, pues también demuestra que ingredientes como el cacao y algarroba, pueden lograr la tonalidad deseada en cervezas artesanales de tipo porter, manteniendo la percepción de calidad por parte del consumidor. En conjunto, la evidencia sugiere que la sustitución parcial de maltas tradicionales con insumos vegetales alternativos de alta pigmentación, es una estrategia viable para obtener perfiles de color atractivos y consistentes con las expectativas de estilos de cervezas oscuras, lo que representa una oportunidad para diversificar materias primas manteniendo altos estándares sensoriales.

Sabor

En cuanto a la característica organoléptica del sabor, los resultados revelaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) fue el preferido por los 40 panelistas semi entrenados, alcanzando una puntuación promedio de 8,50 en la escala hedónica de 9 puntos (Figura 5), correspondiente a la categoría de “Me gustó mucho”. De acuerdo con lo mencionado por los panelistas, se percibieron los sabores del cacao y la algarroba con mayor intensidad, en el tratamiento T5, manifestando que los sabores eran más agradables y el cacao era más perceptible. Asimismo, el análisis de varianza ($p < 0,05$) realizado a los tratamientos, evidenció que existe diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 14), es decir que, si hay efecto de los porcentajes de algarroba y cacao sobre las diferentes formulaciones, los cuales se le atribuyen al T5, posteriormente al realizar las pruebas de Tukey y Duncan (Tabla 16) quedó demostrado que el tratamiento con mayor aceptación fue el T5. Por el contrario, los tratamientos T4, T2, y T3 fueron percibidos de manera similar en cuanto al sabor, formando el grupo con las medias de sabor más bajas. Al contrastar estos hallazgos con investigaciones previas, Lizarbe (2023) reportó que la sustitución parcial del lúpulo con tanino de tara generó un tratamiento con mayor aceptación de sabor (30 % de tanino de tara), explicando que los polifenoles aportados por la tara complementan las notas del lúpulo. Esto coincide conceptualmente con el presente trabajo, donde la sustitución parcial del lúpulo con cacao y algarroba también permitió enriquecer y equilibrar el sabor, aportando matices agradables que resultaron mejor aceptados por los consumidores. Por otro lado, Loza (2023) exploró la sustitución parcial del lúpulo con hojas de olivo y pulpa de chirimoya, logrando un tratamiento con aceptabilidad media (6,64 puntos en la escala hedónica) y sabores herbales predominantes. Aunque los sabores obtenidos en su estudio no alcanzaron la alta aceptación reportada en el presente trabajo, refuerzan la idea de que los sustitutos pueden modificar sensorialmente el perfil de la cerveza, en función al sabor. Estos resultados en conjunto respaldan la viabilidad de incorporar ingredientes alternativos como cacao y algarroba para mejorar el perfil de sabor en cervezas artesanales, logrando no solo diferenciar el producto en el mercado, sino también mantener altos niveles de aceptación sensorial. Además, se demuestra que la adecuada proporción de sustitutos, equilibrando dulzor, notas tostadas y amargor, es clave para satisfacer las expectativas del consumidor objetivo.

Cuerpo

En cuanto a la característica organoléptica del cuerpo, los resultados revelaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) fue el preferido por los 40 panelistas semi entrenados, alcanzando una puntuación promedio de 8,58 en la escala hedónica de 9 puntos (Figura 6), correspondiente a la categoría de “Me gustó mucho”. De acuerdo con los panelistas, el cuerpo de la cerveza fue más cremoso, ideal para su estilo, que otorgó una sensación de plenitud, balance entre maltas y lúpulos y sensación en boca más agradable. De la misma manera los resultados del análisis de varianza ($p < 0,05$) evidenciaron que hay diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 17), es decir, los diferentes porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo han influido sobre las diferentes formulaciones de cerveza artesanal, asimismo se realizaron las pruebas de Tukey y Duncan (Tabla 19), quedando demostrado que el tratamiento T5 es quien tuvo mayor aceptación por los panelistas, por otro lado no hubo diferencias significativas en los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4. Al comparar estos hallazgos con estudios previos, Caicedo (2018) desarrolló una cerveza artesanal sustituyendo parcialmente el lúpulo con café tostado y molido, logrando que el tratamiento con 25 % de café fuera el más aceptado, atribuyendo este resultado a una mejor percepción de cuerpo, balance entre los componentes de la cerveza y mayor sensación de plenitud en boca. Este hallazgo guarda similitud con el presente estudio, pues confirma que sustitutos ricos en compuestos aromáticos y fenólicos, como cacao, algarroba o café, pueden aportar atributos sensoriales positivos al cuerpo de la cerveza, mejorando su aceptación. Asimismo, Rojas (2023) evaluó la sustitución del lúpulo con hierbas aromáticas (4 g de hierba luisa, 4 g de cedrón y 4 g de manzanilla), encontrando que el tratamiento con mayor aceptación mantuvo una percepción de cuerpo adecuada, aunque sin diferencias estadísticas significativas respecto a la cerveza tradicional. Este resultado resalta que, si bien las hierbas aromáticas pueden aportar matices interesantes, su impacto en el cuerpo de la cerveza podría ser menor en comparación con ingredientes como el cacao y la algarroba, que poseen mayor densidad de compuestos que aportan cuerpo y cremosidad. En conjunto, estos antecedentes refuerzan que la incorporación de ingredientes, como la algarroba y el cacao, no solo diversifica el producto, sino que también potencia atributos sensoriales relevantes, en este caso, el cuerpo, logrando así mayor aceptación del consumidor dentro del segmento de cervezas artesanales.

Retrogusto

En cuanto a la característica organoléptica del retrogusto, los resultados revelaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) fue el preferido por los 40 panelistas semi entrenados, alcanzando una puntuación promedio de 8,48 en la escala hedónica de 9 puntos (Figura 7), correspondiente a la categoría de “Me gustó mucho”. De acuerdo con los panelistas, el retrogusto de la cerveza dejó una sensación en boca luego de haber ingerido la cerveza a maltas tostadas, sutiles percepciones a cacao y café, sin embargo, el lúpulo casi no fue percibido. De la misma manera los resultados del análisis de varianza ($p < 0,05$) evidenciaron que hay diferencia estadística entre los tratamientos (Tabla 20), es decir, los porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo han influido sobre las diferentes formulaciones de cerveza artesanal, asimismo se realizaron las pruebas de Tukey y Duncan (Tabla 22), quedando demostrado que el tratamiento T5 es quien tuvo mayor aceptación por los panelistas, Por el contrario, T1 mostró ser significativamente menor en la aceptación sensorial del retrogusto en comparación con todos los demás tratamientos, seguido por T4 y T3, mientras que T0 y T2 evidenciaron percepciones de retrogusto similares, agrupándose estadísticamente dentro del mismo rango. Al contrastar estos hallazgos con estudios previos, Caicedo (2018) también reportó que la incorporación de café tostado como sustituto parcial del lúpulo generó un retrogusto agradable y equilibrado, aportando notas de café y reduciendo la presencia de amargor excesivo, hecho que fue valorado positivamente por los panelistas. Este resultado coincide conceptualmente con el presente trabajo, ya que la sustitución parcial del lúpulo con cacao y algarroba en el tratamiento T5 contribuyó a generar un retrogusto más suave y armónico, con predominio de notas tostadas y muy sutilmente dulces, minimizando el levemente amargor residual del lúpulo que podría ser menos aceptado en cervezas tipo porter. En conjunto, estos resultados respaldan que el empleo de ingredientes alternativos con perfiles tostados y dulces, como cacao y algarroba, pueden complementar el retrogusto de la cerveza artesanal, ofreciendo una experiencia sensorial prolongada y placentera. Además, estos hallazgos refuerzan la estrategia de diversificar las formulaciones con otros insumos, optimizando atributos sensoriales relevantes que influyen directamente en la preferencia de los consumidores.

Intención de compra

Según los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos en relación con la intención de compra (Tabla 32). Esto indica que las distintas proporciones de algarroba y cacao influyen en la intención de adquirir la cerveza artesanal, dado que la probabilidad obtenida fue menor al nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Además, las pruebas post hoc de Tukey y Duncan (Tabla 34) confirmaron que el tratamiento T5 (50 % algarroba y 50 % cacao) generó la mayor intención de compra, siendo clasificado como “probablemente compraría” y alcanzando un puntaje promedio de aceptación de 4,35 en la escala hedónica (Figura 8). En contraste, el tratamiento T0 (100 % lúpulo) obtuvo el menor nivel de aceptación, con una puntuación promedio de 2,38. Esto demuestra que los panelistas semi entrenados identifican diferencias claras entre los tratamientos.

4.2. Determinación de las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable, densidad y grados de alcohol) de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

4.2.1. Resultados de las características fisicoquímicas de pH, acidez, densidad y grados de alcohol

Los resultados del análisis de las características fisicoquímicas, (pH, porcentaje de acidez, porcentaje de alcohol y densidad) realizado a todos los tratamientos, se obtuvo que, respecto al pH, los valores oscilaron entre 4,03 como el más bajo y 4,42 como el más alto, asimismo, respecto al porcentaje de acidez, se obtuvieron valores entre 0,28 % como el más bajo y 0,52 % como el más alto, valores inferiores al límite máximo permisible por la Norma Técnica Peruana 213.014.2016, de la misma manera los porcentajes de alcohol dieron como resultados valores entre 3,86 % y 4,40 % en volumen, valores superiores a 0,5 % de acuerdo a la norma técnica peruana para ser considerada cerveza con alcohol y finalmente se obtuvieron densidades entre 1,017 y 1,021 puntos de densidad.

pH

Los valores de pH observados en este estudio son inferiores a los de Hurtado (2020), quien encontró un pH de 5,6 en una cerveza artesanal elaborada con diferentes formulaciones de

quinua como insumo adicional. Asimismo, la investigación de Apaza y Atencio (2017) indicó un pH de 4,48 en una cerveza tipo ale que empleó guiñapo de maíz morado como sustituto parcial de la malta. Por su parte, Ochoa (2024) obtuvo un pH de 4,1 al desarrollar una cerveza artesanal a base de aguaymanto. Estos resultados (Tabla 24) sugieren que la inclusión de mayores proporciones de algarroba y cacao en la formulación tiende a reducir ligeramente el pH, tal como lo demuestra el T5 con 50 % de algarroba y 50 % de cacao con pH de 4,03, en comparación con las formulaciones previas, mientras que el tratamiento T0, con 100 % de lúpulo, muestra un pH más alto. Este efecto podría atribuirse a la presencia de ácidos en la algarroba y el cacao, como el ácido málico en la algarroba y el ácido láctico en el cacao, los cuales podrían contribuir a la disminución del pH, adicionalmente, el ácido cítrico del aguaymanto, en la investigación de Ochoa, parece mantener el pH en niveles bajos, lo que reafirma la influencia de estos ingredientes en la acidez de cervezas estilo porter aromatizadas.

Porcentaje de acidez

Respecto al porcentaje de acidez de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, en este estudio se obtuvo valores máximos de 0,52 % de acidez para el T5 con 50 % de algarroba y 50 % de cacao, este resultado es menor al obtenido por Tucumbi (2022) quien utilizó el capulí durante el proceso de fermentación, obteniendo un porcentaje de 0,63 % de acidez, Asimismo, Aldaz (2018) tuvo como resultado en su investigación relacionada al uso de quinua y jarabe de remolacha en una cerveza artesanal un porcentaje de acidez de 0,22 %, también Loza (2023) utilizó en su investigación hojas de olivo en reemplazo del lúpulo, obteniendo en sus tratamientos un máximo de acidez de 0,44 %. Se puede determinar que, los tratamientos que incluyen una mayor proporción de cacao y algarroba como lo es el T5, mostraron niveles de acidez significativamente más altos en comparación con los tratamientos que contienen únicamente lúpulo o bajos porcentajes de algarroba y cacao, esto es debido a los diferentes ácidos que contienen estos insumos, sin embargo, los resultados son ideales para mantener una cerveza artesanal en buenas condiciones (Tabla 26).

Densidad

La densidad obtenida para la cerveza artesanal aromatizada estilo porter fue de 1,017 puntos para el T5 con 50 % de algarroba y 50 % de cacao. Asimismo, Da Silva *et al.* (2021) en su

investigación sobre una cerveza artesanal utilizando guanábana, tuvo como resultado 1,012 puntos de densidad final de la cerveza, esto indica que la guanábana aportó azúcares que la levadura pudo consumir durante la fermentación cuyo tratamiento fue el más aceptado. Para esta investigación se deduce que los resultados indican que no hay diferencias significativas en la densidad entre los diferentes tratamientos de la cerveza artesanal. Esto sugiere que, independientemente de las variaciones en los porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo utilizados, la densidad del producto final permanece constante (Tabla 30).

Porcentaje de alcohol

Los valores del porcentaje de alcohol dieron como resultado un máximo de 4,40 % en volumen, estos son mayores a los obtenidos por Ochoa (2024) cuya investigación tuvo como resultados 2,86 % de alcohol en volumen al utilizar aguaymanto durante el proceso de fermentación. Asimismo, Hurtado (2020) obtuvo resultados de 4,7 % de alcohol en volumen, sin embargo, hace mención que el añadido de quinua no afectó significativamente en el porcentaje de alcohol. Para esta investigación se desarrollaron 5 tratamientos con diferentes porcentajes de algarroba, cacao y lúpulo, los cuales se adicionaron a la cerveza durante el proceso de dry hopping, sin embargo, se puede deducir que al ser un proceso que se realiza a bajas temperaturas entre 4 y 5 °C centígrados, los insumos no aportaron azúcares a la cerveza que pudieran reactivar la levadura para realizar una segunda fermentación y por consiguiente aumentar los grados alcohólicos (Tabla 28).

4.3. Determinación del recuento total de microorganismos aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia

4.3.1. Resultados de las características microbiológicas de aerobios mesófilos UFC/ml, recuento total de mohos UFC/ml, recuento total de coliformes NMP/ml y recuento total de levaduras UFC/ml del tratamiento de mayor preferencia

Según los resultados del análisis microbiológico realizado al tratamiento T5, el cual obtuvo una mayor aceptación organoléptica para la cerveza artesanal aromatizada estilo porter (Tabla 35), elaborada con diferentes proporciones de algarroba y cacao como sustituto del lúpulo en el proceso de dry hopping; se demostró que el recuento de aerobios mesófilos fue

< 10 UFC/ml (el resultado < 10 es equivalente a cero e indica la no presencia del microorganismo) por el método ICMSF, el recuento de coliformes totales fue < 3 NMP/ml (el resultado < 3 es equivalente a cero e indica la no presencia del microorganismo) por el método CMSF, recuento de mohos fue < 10 UFC/ml (el resultado < 10 es equivalente a cero e indica la no presencia del microorganismo) por el método ICMSF y recuento de levaduras fue de 16 UFC/ml por el método ICMSF. Estas evaluaciones se realizaron de acuerdo con la norma técnica peruana para cervezas NTP 213.014:2016. Los parámetros evaluados se encuentran por debajo del límite máximo permitido, demostrando que el producto final se elaboró en perfectas condiciones de inocuidad, higiene y salubridad, estando apta para el consumo humano. Rojas (2023) desarrolló una cerveza artesanal sustituyendo al lúpulo por café tostado y molido, donde obtuvo un análisis microbiológico con un valor menor a 10 UPC/cm³ de acuerdo con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2262:2013, garantizando que su cerveza es apta para el consumo humano.

4.4. Comparación del perfil nutricional de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con adición de algarroba y cacao frente a una cerveza porter convencional

Si bien el presente estudio no contempló un análisis bromatológico del producto final, es relevante considerar el aporte nutricional proveniente de *Prosopis pallida* L. “Algarroba” y *Theobroma cacao* L. “Cacao” incorporados durante el proceso de dry hopping. Estos resultados se obtuvieron a través de tablas de CIQUAL (ANSES, 2020) que reflejan el impacto nutricional positivo derivado de la incorporación de ingredientes funcionales como el cacao y la algarroba en la cerveza porter. La presencia de estos ingredientes no alteró significativamente la concentración del contenido alcohólico, manteniendo características similares a las de una cerveza tradicional en términos de carbohidratos, proteínas, azúcares y grasa. Sin embargo, el aumento en la cantidad de polifenoles totales en la cerveza con cacao y algarroba es un hallazgo destacable. Este incremento puede atribuirse a la conocida riqueza en compuestos fenólicos de ambos ingredientes, los cuales actúan como antioxidantes naturales y pueden aportar beneficios a la salud del consumidor. En cuanto a los minerales, se observó una mejora en el contenido magnesio, potasio, hierro y calcio, lo cual también puede asociarse a los aportes minerales del cacao y la algarroba. A pesar de estas mejoras, el contenido calórico fue apenas superior, lo cual no representa un cambio significativo desde el punto de vista energético.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. En cuanto a las formulaciones planteadas, la investigación determinó que el tratamiento T5, compuesto por una formulación de 50 % algarroba y 50 % cacao en sustitución del lúpulo, generó la mayor aceptación sensorial entre los panelistas. A través de pruebas sensoriales, se observó que este tratamiento ofrecía un balance ideal en términos de aroma, sabor, color, cuerpo y retrogusto, destacándose significativamente frente a las formulaciones que incluían porcentajes más altos de lúpulo. Esta combinación satisfizo el objetivo de desarrollar una formulación que pudiera ofrecer un perfil organoléptico atractivo y diferenciado, lo que sugiere que la sustitución parcial del lúpulo por algarroba y cacao puede no solo mantener, sino enriquecer las cualidades sensoriales de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.
2. Se cumplió de forma satisfactoria con el desarrollo de distintas formulaciones de cerveza artesanal aromatizada estilo porter, destacando como mejor formulación al tratamiento T5 (50 % algarroba, 50 % cacao). Este tratamiento reunió de forma satisfactoria las características fisicoquímicas esperadas de pH, acidez, grados de alcohol y densidad, validando la factibilidad técnica de utilizar algarroba y cacao como sustitutos parciales del lúpulo, evidenciando que es posible diversificar materias primas sin comprometer la calidad ni la aceptación del producto final, lo que respalda plenamente el logro de este objetivo específico.
3. En la evaluación de las características organolépticas, el tratamiento T5 destacó por ofrecer un perfil sensorial único, especialmente en las características organolépticas sobre el aroma, sabor, cuerpo y retrogusto. Los panelistas percibieron un aroma distintivo y agradable que superó a los otros tratamientos, lo cual se asocia al perfil de sabores aportado por el cacao y la algarroba. Este perfil no solo mejoró la experiencia sensorial general, sino que además cumplió con el objetivo de desarrollar una cerveza artesanal que ofrezca características distintivas. La alta aceptación del tratamiento T5 refuerza la viabilidad de su formulación para la producción de una cerveza artesanal con cualidades diferenciadoras.

4. En base a los análisis microbiológicos realizados al tratamiento T5, estos confirmaron que los niveles de microorganismos mesófilos, mohos, coliformes y levaduras están dentro de los límites permisibles establecidos por la norma técnica peruana NTP 213.014:2016. Esto asegura que la formulación final cumple con los estándares de inocuidad y calidad sanitaria requeridos para productos de consumo humano. Este hallazgo es crucial para el objetivo de garantizar que las formulaciones propuestas no solo sean aceptables sensorialmente, sino también seguras para el consumidor final, validando así la inocuidad de la cerveza aromatizada con cacao y algarroba

5. La evaluación respecto a la intención de compra reveló que el tratamiento T5 alcanzó el puntaje más alto en términos de preferencia de compra potencial entre los consumidores evaluados. Este resultado sugiere que, al combinar cacao y algarroba en partes iguales, se maximiza la aceptación del producto final, cumpliendo con el objetivo de desarrollar una cerveza con características organolépticas que incrementen su atractivo comercial. El análisis de la intención de compra indica que esta formulación no solo es viable en términos sensoriales, sino también como una opción innovadora para el mercado de cervezas artesanales.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se realice un estudio de vida útil para asegurar la calidad sensorial y microbiológica de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter, con la finalidad de garantizar que el producto mantenga sus características organolépticas y microbiológicas a lo largo de su almacenamiento, para ello se debe considerar lo siguiente:
 - 1.1. Se sugiere realizar análisis microbiológicos continuos para evaluar el crecimiento de microorganismos patógenos y su influencia en el deterioro del producto a lo largo del tiempo.
 - 1.2. Se recomienda proponer condiciones específicas de almacenamiento que prolonguen la vida útil del producto, cumpliendo con los estándares de calidad requeridos para su comercialización.
2. Se recomienda que se cumplan estrictamente las normas de inocuidad alimentaria y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) indicadas por el Ministerio de Salud (MINSA) en la elaboración de la cerveza artesanal, desde la recepción de materias primas hasta el envasado final, a fin de evitar alguna contaminación cruzada que pueda ser perjudicial para el producto.
3. Se recomienda que el proceso de elaboración cumpla con la Norma Técnica Peruana NTP 213.014:2016 que regula los requisitos microbiológicos para cervezas.
4. Se sugiere que se realicen más estudios que involucren materias primas autóctonas, como la algarroba y el cacao, para agregar valor a estos recursos. Esto podría beneficiar a los productores locales, promoviendo el desarrollo socioeconómico de la región y destacando la identidad cultural de sus productos.

REFERENCIAS

- ANSES, (2020). *CIQUAL: Table de composition nutritionnelle des aliments*. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://ciqual.anses.fr/>
- Aguirre, A. E., Acevedo, M. J. y Pérez, S. J. (2020). *Estudio del proceso de producción de una cerveza artesanal en bajo porcentaje de alcohol* [Trabajo de posgrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua]. Repositorio Digital Institucional UNAN – Managua. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/15524/1/15524.pdf>
- Aldaz, J. S. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de cebada malteada (Hordeum distichon) con adjuntos amiláceos quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y adjuntos sacarinos jarabe de remolacha (Beta vulgaris)* [Trabajo de posgrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional Digital ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11663>
- Alworth, J. (2015). *The Beer Bible*. Workman Publishing.
- Anziani, N. (2017). *Programación de la producción en una agroindustria exportadora de arándanos* [Trabajo de grado, Universidad de Concepción Chile]. Repositorio de la Universidad de Concepción Chile. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2621>
- Apaza, R. M. y Atencio, Y. J. (2017). *Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale, con sustitución parcial de malta (Hordeum vulgare) por guiñapo de maíz morado (Zea mays)* [Trabajo de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional Digital UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4506>
- Boteo, C. E. (2018). *Formulación y evaluación sensorial de una bebida tipo atol a base de harina de arroz (Oryza sativa L.) y harina de bleo (Amaranthus hypochondriacus L.) dirigida hacia escolares de primaria urbana del sector oficial de Santo Domingo, Suchitepéquez* [Trabajo de doctorado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional digital USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10312/1/22%20Tg%28894%29Ali.pdf>
- Caballero, Y. T., Patiño, S. R., Días, A. y Otálvaro, H. L. (2018). *Manual de Análisis Químico e Instrumental*. UNIPAZ.

- Caicedo, E. H. (2018). *Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal* [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona, Pamplona]. Repositorio Digital UNIPAMPLONA. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4683>
- Cayetano, P., Peña, K. M., Olivarez, E. L. y Vargas, S. M. (2021). *Estudio de Vigilancia Tecnológica en el Cultivo del Cacao*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1548>
- Coletto, E. (2019). *Efecto del tratamiento del agua en la elaboración de la cerveza: Aplicación en una microcervecería artesanal* [Trabajo de posgrado, Universidad de Sevilla]. Repositorio Institucional Digital US. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92442/fichero/TFG-2442-COLETO+CANO.pdf>
- Da Silva Santos, M. A., Lima Ribeiro, P. V., Pereira Andrade, C., Machado, A. R. G., de Souza, P. G., y de Souza Kirsch, L. (2021). Physicochemical and sensory analysis of craft beer made with soursop (*Annona muricata* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(1), 103–112.
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., y Codină, G. G. (2022). Buckwheat and amaranth as raw materials for brewing: A review. *Plants*, 11(6), 756.
- Damodaran, S., y Parkin, K. L. (2019). *FENNEMA Química de los alimentos* (4th ed.). Editorial Acribia. https://www.editorialacribia.com/libro/fennema-quimica-de-los-alimentos_91433/?utm_source=chatgpt.com%20FENNEMA%20Qu%C3%ADmica%20de%20los%20alimentos%20Cuarta%20edici%C3%B3n
- Echia, D. B. (2018). *Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla “Tumbay”*. [Trabajo de posgrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional Digital USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7260486e-5bb3-435a-b1d0-43a83f4a827f/content>
- Flores, K. E. (2018). *Efecto del porcentaje de algarroba en las características organolépticas de una cerveza artesanal tipo IPA negra* [Trabajo de posgrado, Universidad Señor de Sipán]. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/407003472/INFORME-DE-INVESTIGACION-docx#>
- Flores, N. A. (2015). *Entrenamiento de un panel de evaluación sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile*.

[Trabajo de posgrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional Digital UCHILE. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137798>

Gamboa, D. M. (2024). *Diseño de una planta de producción de cóctel de cacao criollo blanco en la región Piura* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura, Piura]. Repositorio Digital UDEP. <https://gestionrepo.udep.edu.pe/items/c4d95af4-639d-46d1-b022-8f489dcc9918>

González, M. R. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. Lulu Press Inc.

Hernández, H. A., y Giles, M. (2021). *Métodos microbiológicos para el análisis de alimentos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional Digital UNAM. <https://librosoa.unam.mx/handle/123456789/3205>

Hernández, R. y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hornsey, I. S. (2018). *Elaboración de cerveza. Microbiología, bioquímica y tecnología*. Editorial Acribia.

Hurtado, J. G. (2020). *Elaboración de cerveza artesanal funcional utilizando la quinua como agregado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio UNAC. https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6526/TESIS_MAES_TRIA_HURTADO_FIQ_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], (2016). *NTP 213.014:2016. cerveza. Requisitos*.

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], (2020). *Manual técnico para la conservación y propagación de especies de algarrobo (Prosopis spp.)*

Janish, S. (2021). *La nueva IPA: una guía científica sobre el sabor y el aroma del lúpulo*. <https://ScottJanish.com>

Lizarbe, Y. A. (2023). *Sustitución parcial de lúpulo (Humulus lupulus) con tanino a partir de tara (Caesalpinia spinosa) proveniente de Pacaycasa - Ayacucho en la elaboración de cerveza artesanal* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/d6ff136f-b4bb-47bc-b2fe-526a79f42446>

- Loza, J. E. (2023). *Influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo (Olea europaea) y pulpa de chirimoya (Annona cherimola) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Digital Institucional UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a6ab6823-16db-48f2-956e-3a4d3a314880/content>
- Martínez, M. A. (2015). *Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial* [Tesis de grado, Universidad de Lleida] Repositorio Digital Institucional UDL: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/48689/amartinezm.pdf?sequenc>
- Ministerio de Salud [MINSAL], (2021). *Manual de buenas prácticas de manipulación de alimentos*.
- Ministerio de Salud [MINSAL], (2015). *La inocuidad de los alimentos una prioridad de salud pública*.
- Monsalve, J. y Velez, L. (2017). *Diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal con sabor a café* [Trabajo de posgrado, Universidad EAAFIT]. Repositorio Institucional Digital EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12378>
- Morejón, A. (2018). *Control microbiológico y determinación de pH, acidez y grados Brix de jugos expendidos en los espacios públicos de la ciudad de Cuenca – Ecuador* [Trabajo de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio de la Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30388>
- Morton, J. (2019). *Brew: fabrica tu propia cerveza*. Librooks Barcelona S.L.L.
- Nieves, R. M. (2018). *Estimación de vida útil: condiciones y pruebas en diferentes alimentos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional Digital UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos/estimacion-de-vida-util-condiciones-y-pruebas-en-diferentes-grupos-de-alimentos/271634?c=Azodka&d=false&q=:*&i=1&v=1&t=search_1&as=1
- Ochoa, D. A. (2024). *Elaboración de la cerveza artesanal tipo Pale Ale a base de cebada (Hordeum vulgare) variedad INIA 411 San Cristóbal y aguaymanto (Physalis peruviana) de la Región y evaluación de las características fisicoquímicas y organolépticas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9b3206c1-4e65-4397-954b-ac38b11e8a72/content>

- Ortega, J. G. y Valverde, A. (2021). *DISEÑOS EXPERIMENTALES: teoría y práctica para experimentos agropecuarios* (2th ed.). Editorial Grupo Compás.
- Osorio, M. A. (2018). *Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos*. [Trabajo de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Digital Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/e5db4b4c-7f6d-4148-a292-61da4c671f21>
- Paguay, B. D. (2021). *Evaluación nutricional de una bebida a base de malta Pilsen enriquecida con taxo (Passiflora tripartita)*. [Trabajo de posgrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional Digital UAGRARIA. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PAGUAY%20ORDINOLA%20BELEN%20DAMARIS.pdf>
- Palmer, J. (2017). *How to Brew: Everything you need to know to brew great beer every time*. Brewers Publications.
- Parras, J. A. y Posadas, R. A. (2023). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de cerveza artesanal con camu camu (Myrciaria dubia)*. [Trabajo de posgrado, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional Digital ULIMA. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/18407>
- Quenta, C. I. (2019). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del agua de mesa embotellada que se expenden en la ciudad de Tacna*. [Trabajo de posgrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional Digital UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/d564dfdd-3ba6-42ef-a220-dc4699be5abb>
- Real Academia Española [RAE], (2022). *Calidad*. En diccionario de Real Academia Española.
- Reyes, M., Gómez, S. P. I., y Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (10th ed.). Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>
- Rodríguez, M. (2021). *Cerveza artesanal: innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal* [Trabajo doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio Institucional Digital UAM. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/700885>

- Rojas, S. E. (2023). *Estudio del reemplazo del lúpulo (*Humulus lupulus*) mediante hierbas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Cuenca]. Repositorio Digital UCUENCA. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/8f2b6214-34cd-4919-a5de-8f0d99bab949>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], (2021). *Avances sobre la investigación de “algarrobo” prosopis (*Fabaceae*) en la costa norte del Perú.*
- Strong, G. y England, K. (2021). *Programa de Certificación de Jueces de Cerveza: guía de estilos 2021.*
- Távora, N. H. (2018). *Formulación y caracterización de cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*)* [Trabajo de posgrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional Digital UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2152>
- Tucumbi, C. I. (2022). *Diseño de un proceso de elaboración de cerveza tipo Lambic sabor a capulí (*Prunus serótina* var. *Capulí* (Cav.) *McVaugh*)* [Trabajo de posgrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional Digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35867>
- Unión de Cerveceros Artesanales del Perú [UCAP], (2017). *Crecimiento de la cerveza artesanal.*

TERMINOLOGÍA

Aceptabilidad. La aceptabilidad de un alimento permite conocer la percepción y preferencia de los consumidores. Este análisis tiene un carácter subjetivo, ya que se basa en la impresión individual de cada persona. Su propósito es determinar el grado en que un producto es bien recibido, considerando que la opinión varía según los gustos personales (Boteo, 2018).

Análisis fisicoquímico. El análisis fisicoquímico es una técnica que se utiliza para estudiar las propiedades físicas y químicas de una sustancia o producto. que permite evaluar aspectos como la textura, el color, el punto de fusión, densidad y compuestos como pH, acidez, contenido de azúcares, proteínas, entre otros (Caballero *et al.*, 2018).

Análisis microbiológico. El análisis microbiológico es un proceso esencial en el control de calidad de los alimentos, permitiendo la detección de microorganismos patógenos y contaminantes que pueden afectar la seguridad del consumidor (Hernández y Giles, 2021).

Análisis sensorial. El análisis sensorial es una herramienta clave en la evaluación de alimentos, ya que permite medir características organolépticas como el color, aroma, textura y sabor mediante la percepción humana. Este proceso es fundamental para determinar la aceptabilidad y calidad de los productos alimentarios (Nieves, 2018).

Calidad. Es la adecuación de un producto o servicio rigiéndose a las características especificadas (Real Academia Española [RAE], 2022).

Cerveza artesanal. Es una bebida alcohólica elaborada de manera tradicional y en pequeñas cantidades, diferenciándose de la cerveza industrial por su proceso de producción más cuidado y creativo. Se caracteriza por el uso de ingredientes naturales, como malta, lúpulo, agua y levadura, sin aditivos ni conservantes artificiales (Martínez, 2015).

Diagrama de flujo. Se utiliza la representación gráfica para visualizar y comunicar las diferentes etapas y operaciones involucradas en un proceso (Anziani, 2017).

Dry hopping. Es el proceso por el cual se agrega el lúpulo al fermentador luego de la fermentación, para intensificar los aromas y sabores que se pudieran volatilizar durante la fermentación. Este proceso se realiza en una fase de bajas temperaturas (Flores, 2018).

Fermentación alcohólica. La fermentación alcohólica es un proceso bioquímico en el que las levaduras convierten los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono en condiciones anaeróbicas (Hornsey, 2018).

Inocuidad. Son aquellas características que ayudan a salvaguardar la salud de los consumidores de algún riesgo ocasionado por enfermedades que son transmitidas por la ingesta alimentos (Ministerio de Salud [MINSA], 2015).

Levadura. la levadura es un microorganismo esencial en la elaboración de cerveza, responsable de transformar los azúcares del mosto en alcohol y dióxido de carbono a través del proceso de fermentación (Palmer, 2017).

Maceración. La maceración es una etapa clave en la elaboración de la cerveza, en la cual los almidones presentes en los granos malteados se convierten en azúcares fermentables mediante la acción de enzimas. este proceso ocurre en un rango de temperatura controlado, permitiendo la extracción de compuestos que influirán en la cerveza (Hornsey, 2018).

Mosto. El mosto es el líquido resultante de la maceración de los granos malteados, que contiene los azúcares fermentables necesarios para la producción de cerveza, su composición y calidad dependen del tipo de malta utilizada, la temperatura del proceso y el tiempo de extracción (Morton, 2019).

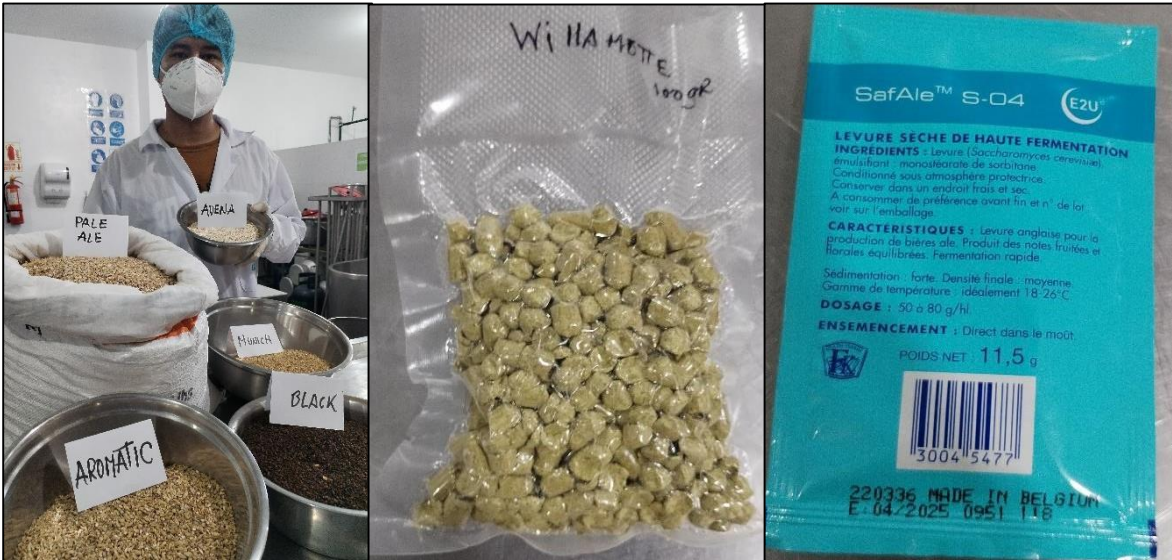
Potencial de hidrógeno (pH). El pH es un valor que indica qué tan ácida o alcalina es una solución, basado en la concentración de iones de hidrógeno presentes. Se expresa mediante una escala numérica que va de 0 a 14, donde los valores más bajos corresponden a soluciones ácidas y los más altos a soluciones alcalinas (Morejón, 2018).

Whirlpool: Es un proceso de clarificación en el cual, el mosto caliente se agita en un movimiento circular para separar los sedimentos generados por el lúpulo producto de la cocción (Janish, 2021).

APÉNDICES

Apéndice 1

Recepción de materia prima e insumos



Nota. Recepción de materia prima para la elaboración de la cerveza artesanal.

Apéndice 2

Molienda de maltas



Nota. Proceso de molienda de las maltas para exponer los azúcares fermentables.

Apéndice 3

Maceración y recirculado



Nota. Proceso de maceración y recirculado del mosto.

Apéndice 4

Lavado de grano, cocción y adición del lúpulo



Nota. Proceso de lavado de grano, cocción del mosto y adición del lúpulo.

Apéndice 5

Adición de levadura y fermentación



Nota. Proceso adición de la levadura para la fermentación a 16 °C por 15 días.

Apéndice 6

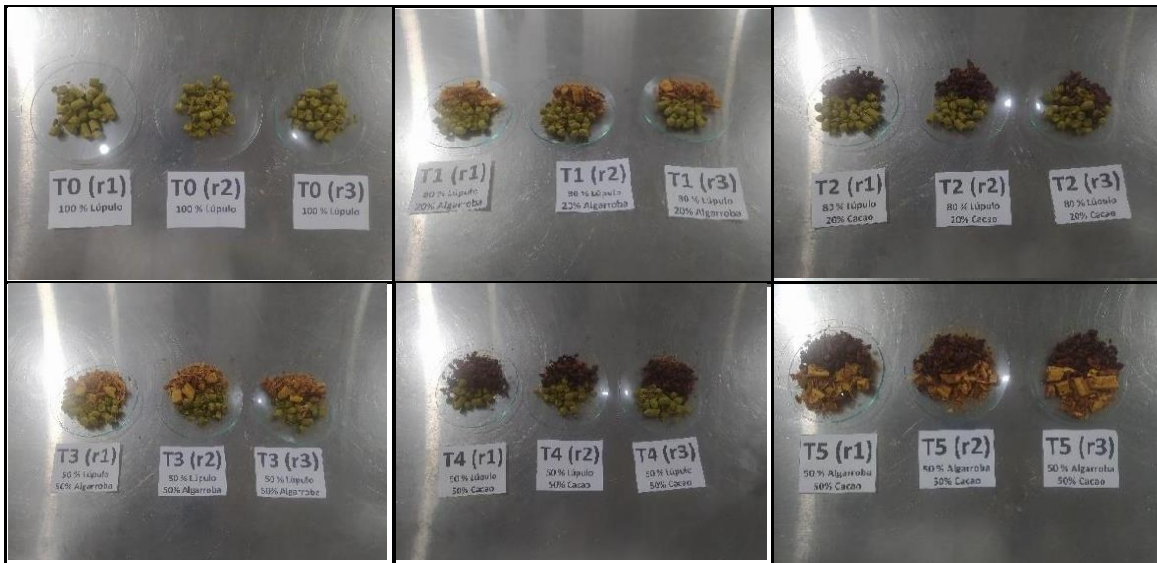
Acondicionamiento de insumos



Nota. Acondicionamiento de la algarroba y cacao para los tratamientos de estudio.

Apéndice 7

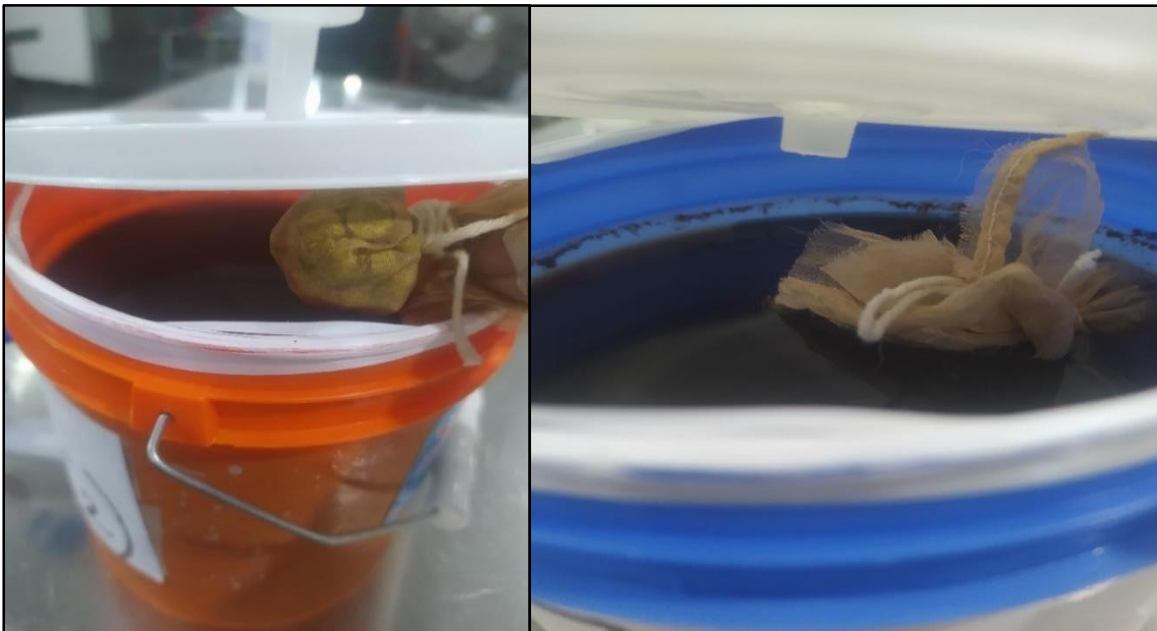
Pesado y distribución de los tratamientos



Nota. Pesado y distribución de los tratamientos.

Apéndice 8

Adición de los tratamientos a los fermentadores



Nota. Adición de los tratamientos en mallas a los diferentes fermentadores.

Apéndice 9

Adición de dextrosa y envasado



Nota. Adición de dextrosa para carbonatación natural y envasado de cerveza.

Apéndice 10

Maduración y almacenamiento



Nota. Proceso de maduración y almacenamiento a 16 °C.

Apéndice 11

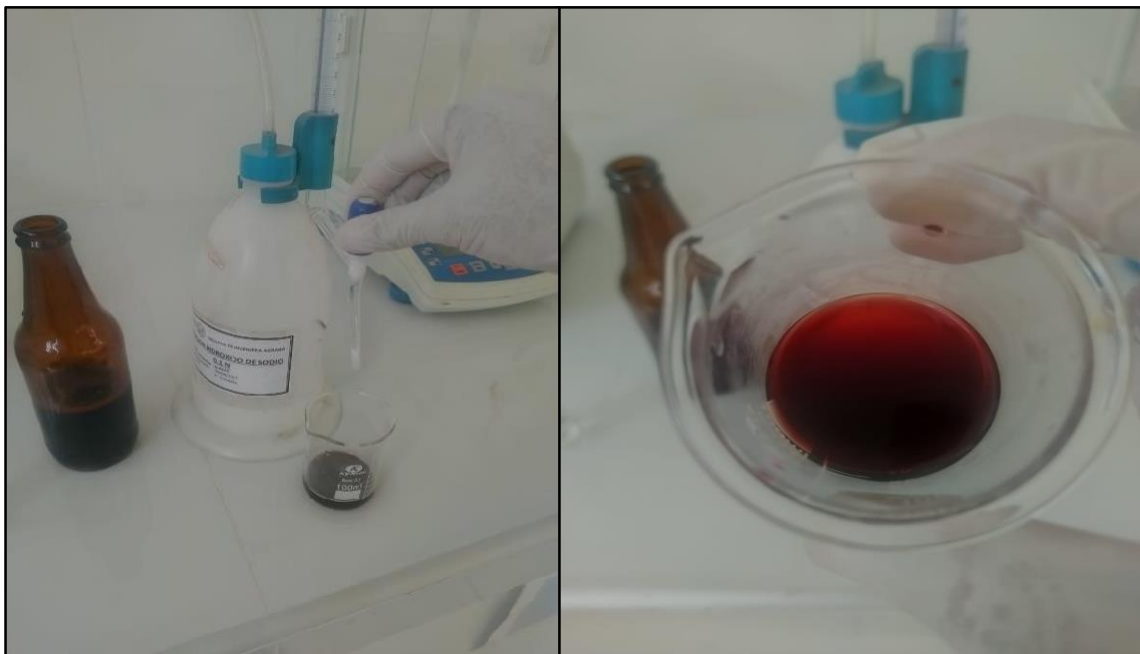
Determinación de pH



Nota. Determinación de pH de los diferentes tratamientos.

Apéndice 12

Determinación de porcentaje de acidez



Nota. Determinación de porcentaje de acidez de los diferentes tratamientos.

Apéndice 13

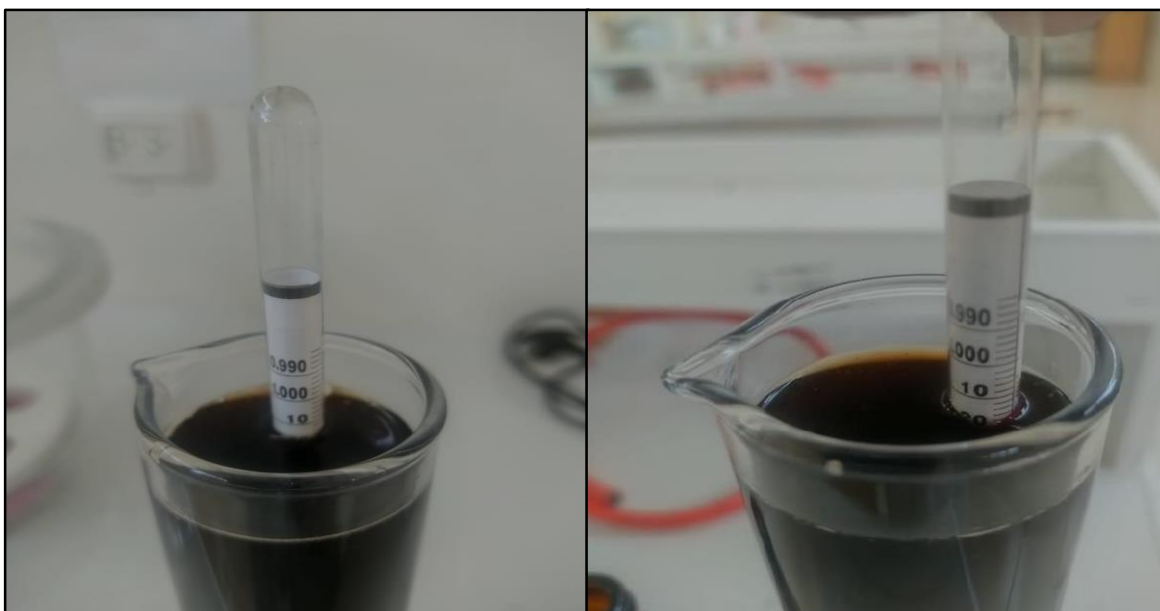
Determinación de grados de alcohol



Nota. Determinación de porcentaje de grados de alcohol de los diferentes tratamientos.

Apéndice 14

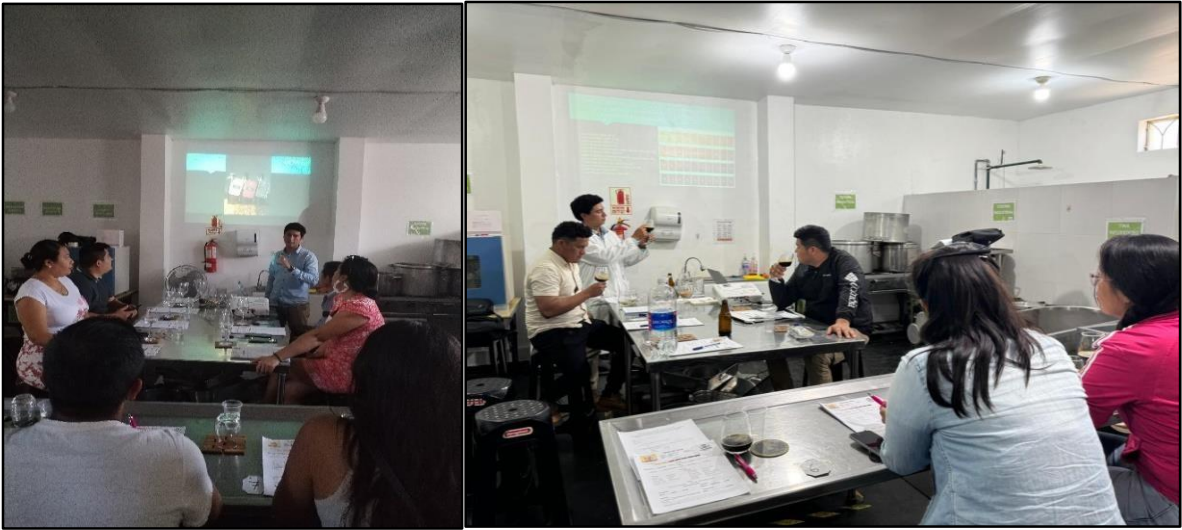
Determinación de densidad



Nota. Determinación de la densidad en los diferentes tratamientos.

Apéndice 15

Entrenamiento de panelistas



Nota. Entrenamiento a panelistas para una correcta evaluación sensorial

Apéndice 16

Evaluación sensorial de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter



Nota. Desarrollo de la evaluación sensorial por panelistas semi entrenados.

Apéndice 17

Resultados de los análisis sensoriales de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

Consumidor	Tratamientos																													
	T0					T1					T2					T3					T4					T5				
	A	C	S	CU	R	A	C	S	CU	R	A	C	S	CU	R	A	C	S	CU	R	A	C	S	CU	R	A	C	S	CU	R
1	8	5	8	5	7	8	5	2	5	3	6	5	6	5	5	6	5	6	5	2	3	5	2	5	2	9	8	9	9	8
2	6	7	6	7	6	8	7	8	8	8	6	6	6	7	7	7	7	7	6	8	7	7	6	5	7	8	9	8	8	8
3	5	6	6	6	5	6	5	7	8	6	6	8	7	7	5	5	6	7	6	4	6	8	6	7	6	8	8	9	9	9
4	5	6	8	7	6	3	5	2	5	3	3	5	5	5	6	7	6	8	5	7	4	5	4	3	2	8	8	9	8	9
5	6	6	7	7	6	7	6	6	7	9	7	7	7	7	7	5	7	6	7	6	5	6	6	5	6	8	9	9	8	8
6	8	8	8	7	9	6	6	8	7	8	7	7	8	8	8	5	7	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	9
7	1	8	8	8	9	8	1	8	8	8	7	8	1	8	8	8	6	8	8	8	6	8	8	7	8	9	8	9	9	8
8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	7	7	8	7	8	7	8	8	7	8	7	8	8	9	8	9	8	9
9	8	8	8	8	5	8	7	8	8	4	8	8	8	8	4	8	8	8	7	6	9	9	8	9	7	9	8	9	9	8
10	7	8	7	8	8	7	8	8	8	7	8	8	7	8	8	8	8	7	8	8	9	8	8	8	8	9	9	8	9	8
11	8	8	8	7	8	8	8	7	7	7	8	7	8	7	7	6	8	7	7	7	7	8	7	7	7	9	8	9	8	9
12	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	8	9	8	9	8
13	9	9	9	9	8	8	8	9	9	7	9	9	9	8	9	8	9	9	8	7	7	7	7	8	7	9	8	8	8	9
14	5	6	4	6	4	8	4	7	6	7	7	5	7	4	4	6	5	6	6	4	7	5	7	5	5	8	9	8	9	9
15	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	8	9	9
16	8	5	8	6	6	8	5	6	7	2	6	8	7	8	6	5	6	6	7	8	4	7	7	7	8	8	8	8	9	9
17	6	6	7	6	7	7	7	8	7	4	6	8	8	7	5	7	5	6	6	7	9	6	6	8	9	8	8	8	8	8
18	9	6	9	8	6	8	6	7	8	5	6	6	7	9	8	8	7	6	8	9	7	6	7	8	8	8	9	9	9	9
19	9	5	9	7	6	8	7	9	8	7	7	7	3	8	8	8	6	5	7	8	9	5	7	4	7	8	9	8	9	9
20	5	7	8	5	8	7	6	7	8	7	8	7	6	7	9	8	6	8	5	8	9	8	6	5	6	9	9	9	8	8
21	7	8	8	7	9	7	4	6	9	8	7	9	5	8	4	7	8	7	6	7	9	7	8	7	8	9	8	8	9	9
22	8	9	7	8	8	8	4	8	8	6	8	9	7	9	5	5	8	8	6	9	8	5	7	5	9	8	9	9	8	8
23	8	8	9	7	6	8	6	7	9	4	6	4	6	8	7	6	6	9	7	7	8	6	8	6	8	8	8	8	9	9
24	8	5	8	9	7	9	7	6	8	6	6	5	7	6	6	8	5	8	8	8	9	7	6	8	7	9	8	9	9	8
25	8	6	7	7	6	9	3	4	8	5	7	4	6	6	7	8	6	7	8	7	7	8	6	9	8	8	9	9	8	9
26	6	6	7	6	5	8	8	6	9	7	6	8	8	7	6	8	8	8	7	8	8	8	5	5	8	8	9	8	9	8
27	7	8	8	5	8	9	8	5	9	8	7	4	6	6	6	6	7	7	6	6	9	8	6	5	7	8	8	9	9	8
28	7	9	8	7	4	7	7	7	9	8	5	9	5	8	8	7	6	6	7	9	5	7	5	6	7	9	9	8	8	8
29	7	8	8	7	8	6	9	9	7	4	9	9	6	9	9	8	9	7	8	8	9	7	7	4	8	9	8	9	9	9
30	5	6	8	8	7	7	5	8	8	5	4	9	7	7	6	8	4	7	7	9	8	9	5	4	8	9	7	8	8	8
31	6	5	9	8	6	9	6	6	7	7	6	7	6	9	7	8	5	6	7	9	3	9	8	4	8	8	9	9	8	9
32	9	5	8	6	6	8	4	8	9	5	7	6	7	6	5	8	6	6	6	9	8	8	6	6	7	9	8	8	8	8
33	8	5	9	6	5	9	7	9	9	5	7	9	8	7	7	8	7	6	9	8	9	9	7	5	9	9	8	9	9	8
34	9	6	9	7	7	9	6	8	8	7	6	9	5	6	8	6	5	7	8	8	7	8	8	7	9	8	8	8	9	9
35	8	7	9	7	8	9	6	7	8	6	6	8	8	8	8	7	7	6	9	9	4	7	6	8	7	8	9	9	8	8
36	7	8	5	7	5	8	7	8	9	4	7	8	7	7	7	8	8	5	6	8	9	8	7	5	8	8	9	9	9	9
37	6	8	9	7	8	8	8	8	8	5	7	8	7	8	6	7	9	7	7	7	7	7	7	6	7	9	9	8	8	9
38	8	8	9	9	9	7	5	7	9	6	8	7	6	4	7	6	6	8	8	9	9	6	4	5	8	8	8	8	9	8
39	8	7	8	8	5	7	6	6	8	6	7	8	7	3	5	8	5	6	7	8	7	6	6	5	7	9	8	9	9	8
40	8	7	9	9	6	7	5	8	9	7	7	7	6	6	8	8	7	5	8	7	7	5	6	6	8	9	8	8	9	8

Nota. La figura muestra los valores de la evaluación sensorial realizado a los panelistas semi entrenados para la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Apéndice 18

Resultados de la intención de compra de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

CATADOR	TRATAMIENTOS					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	3	5	4	4	5	4
2	4	2	1	3	2	5
3	3	3	2	1	2	4
4	5	2	5	5	5	5
5	5	3	4	3	3	5
6	2	3	4	3	3	5
7	2	3	3	2	3	4
8	2	3	3	2	3	4
9	2	3	3	2	3	5
10	2	2	3	3	2	4
11	2	2	2	3	2	5
12	2	2	2	2	2	4
13	2	3	3	3	2	5
14	2	3	3	2	2	4
15	2	1	1	2	3	4
16	2	3	3	2	2	4
17	2	3	5	3	2	5
18	3	3	2	2	3	4
19	3	3	4	3	2	5
20	1	1	5	3	3	5
21	2	3	2	2	3	4
22	2	2	2	2	2	5
23	3	4	1	5	5	4
24	3	3	3	2	2	4
25	2	1	3	3	2	3
26	2	3	2	2	3	4
27	3	3	3	3	3	5
28	2	3	2	2	2	4
29	2	1	1	2	5	4
30	2	4	4	2	3	5
31	2	4	3	2	3	5
32	3	3	3	2	2	4
33	3	3	3	3	3	3
34	1	1	2	2	4	5
35	1	1	1	2	2	4
36	2	3	2	2	3	5
37	2	2	2	2	3	4
38	2	2	2	2	2	3
39	2	2	2	2	2	5
40	3	2	3	3	3	4

Nota. La figura muestra los valores de la intención de compra realizado a los panelistas semi entrenados para la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Apéndice 19

Resultados de los análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter

N°	Tratamientos	Proporciones lúpulo, algarroba y cacao	pH	% Acidez	Grados de alcohol en %v/v	Densidad
1	T0	100% L	4.34	0.31	4.20	1.019
2	T1	80 % L-20 % A	4.22	0.39	4.26	1.018
3	T2	80 % L-20 % C	4.15	0.46	4.00	1.020
4	T3	50% L-50 % A	4.25	0.28	4.20	1.019
5	T4	50 % L-50 % C	4.09	0.48	4.40	1.017
6	T5	50 % A -50 % C	4.03	0.50	4.26	1.018
7	T0	100% L	4.42	0.29	3.86	1.021
8	T1	80 % L-20 % A	4.31	0.30	4.40	1.017
9	T2	80 % L-20 % C	4.19	0.44	4.20	1.019
10	T3	50% L-50 % A	4.28	0.30	4.20	1.019
11	T4	50 % L-50 % C	4.11	0.47	4.40	1.017
12	T5	50 % A -50 % C	4.06	0.49	4.00	1.020
13	T0	100% L	4.39	0.31	4.00	1.020
14	T1	80 % L-20 % A	4.27	0.30	4.20	1.019
15	T2	80 % L-20 % C	4.17	0.46	4.26	1.018
16	T3	50% L-50 % A	4.29	0.30	4.00	1.020
17	T4	50 % L-50 % C	4.15	0.46	4.20	1.019
18	T5	50 % A -50 % C	4.01	0.52	4.00	1.020

Nota. La figura muestra los valores de las características fisicoquímicas de los diferentes tratamientos de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter.

Apéndice 20

Resultados de los análisis microbiológicos de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter



ELAP
ENSAYOS DE LABORATORIOS Y
ASesorías PRIVADAS S.R.L.

Ensayos de Laboratorio y Asesorías Privadas E.S.R.L.
RUC: 2000017348
Calle Luis de la Puente Llocha N° 170 Interd. Alt. Nueva Esperanza
Centro, Varadero de Ochoje - Pinar - Perú.
Tel: 044708828 www.elap.pe tecnico@elap.pe

INFORME DE ENSAYO N° 191-2024

Elaborado en Pinar, el 22 de octubre de 2024
Página 1 de 1

Solicitado por	JAVIER ARTURO ESPINOZA CHIROQUE
Domicilio legal	PINARA
Producto	CERVEZA ARTESANAL
Cantidad de muestra(s)	2 VIALES X 330ML C/U
Condición de la muestra(s)	MUESTRA EN ENVASE ORIGINAL
Muestreado por	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
Información proporcionada por el solicitante (*)	TEST: "CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE UNA CERVEZA ARTESANAL AROMATIZADA UTILIZANDO Proccup palda L. y Theobroma cacao L. SUSTITUYENDO AL SOPULO EN EL dry hopping"
Fecha de recepción de la(s) muestra(s)	2024-10-17
Fecha de inicio de ensayo(s)	2024-10-17
Fecha de término de la(s) muestra(s)	2024-10-22
Orden de trabajo (OT)	OT-20241017-02

RESULTADOS

I. ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Parámetro	Unidad	Resultado
Enumeración de Aerobios mesófilos	UFC/mL	<10
Enumeración de Coliformes totales	NMP/mL	<3
Enumeración de Mohos	UFC/mL	<10
Enumeración de Levaduras	UFC/mL	18

Si resultado <10, es equivalente a CERO e indica la no presencia del parámetro requerido.
Si resultado <3, es equivalente a CERO e indica la no presencia del parámetro requerido.

II. MÉTODO DE ENSAYO

Enumeración de Aerobios mesófilos	ISO 4853 Microorganismos de los Alimentos. Su aislamiento y métodos de enumeración. Método 1, Pág. 111-114, 2da Ed. Normas Peruanas 2000. Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos. Método 1 (Recuento estándar en placa, recuento en placa por dilución en todo el medio o recuento en placa de microorganismos aerobios)
Enumeración de Coliformes totales	ISO 4853 Microorganismos de los Alimentos. Su aislamiento y métodos de enumeración. Método 1, Pág. 111-114, 2da Ed. Normas Peruanas 2000. Sistema coliformes. Recuento de coliformes. Método del Número Más Probable (NMP). Método 1 (Interferométrico)
Enumeración de Mohos y levaduras	ISO 4853 Microorganismos de los Alimentos. Su aislamiento y métodos de enumeración. Pág. 165-167, 2da Ed. Normas Peruanas 2000. Sistema mohos y levaduras. Método de recuento de mohos y levaduras por agitación en placa en todo el medio.

(*) Esta información es proporcionada por el cliente por lo que el laboratorio no se hace responsable de la misma.

III. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DEL DOCUMENTO"



Asesorado: Javier Espinoza
JEFE DE LABORATORIO
COP N° 12478



El presente documento es redactado íntegramente en ELAP E.S.R.L. Su autenticidad o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, todo es válido para la muestra cómo se recibió. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nota. La figura muestra los valores del análisis fisicoquímico de la cerveza artesanal aromatizada estilo porter con mejor preferencia por los panelistas semi entrenados.

Apéndice 22

Ficha de evaluación sensorial e intención de compra

1. Me disgustó demasiado
2. Me disgustó mucho
3. Me disgustó regularmente
4. Me disgustó poco
5. No me gustó ni me disgustó
6. Me gustó poco
7. Me gustó regularmente
8. Me gustó mucho
9. Me gustó demasiado

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Aroma						
Color						
Sabor						
Cuerpo						
Retrogusto						

4. Utilizando la escala inferior se le pide evaluar el grado de compra hacia la muestra de la cerveza artesanal.

1. Seguramente no compraría
2. Probablemente no compraría
3. Tal vez compraría o tal vez no compraría
4. Probablemente compraría
5. Seguramente compraría

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
NOTA						

5. Algún comentario u observación que tuviera en relación con los tratamientos y/o muestras presentadas la puede dar a conocer en las líneas en blanco inferiores. De antemano se le agradecerá identificar el número de muestra a la que se referirá.

Tratamiento N°

¡Gracias por su colaboración!

Nota. La figura muestra la ficha de evaluación sensorial e intención de compra.