UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y FISICOQUÍMICAS DE LA ADICIÓN DE *SPONDIAS PURPUREA* EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Trabajo de titulación previo a la obtención

del título de Ingeniero en Biotecnología

AUTORES:

Angel Gabriel Solórzano Proaño

Ronny Ezequiel Garcia Ruiz

TUTOR:

Ing. María Alejandra De La Cruz Mora, MsC

GUAYAQUIL - ECUADOR

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Angel Gabriel Solorzano Proaño** con documento de identificación N° 0944145002 y **Ronny Ezequiel Garcia Ruiz** con documento de identificación N° 1207498203; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2025

Atentamente,

Angel Gabriel Solorzano Proaño
CI: 0944145002

Ronny Ezequiel Garcia Ruiz
CI: 1207498203

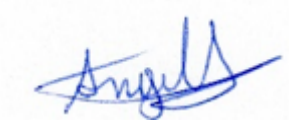
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **Angel Gabriel Solorzano Proaño** con documento de identificación N° 0944145002 y **Ronny Ezequiel Garcia Ruiz** con documento de identificación N° 1207498203, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y FISICOQUÍMICAS DE LA ADICIÓN DE *SPONDIAS PURPUREA* EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero en Biotecnología*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2025.

Atentamente,



Angel Gabriel Solorzano Proaño
CI: 0944145002

Ronny Ezequiel Garcia Ruiz
CI: 1207498203

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **María Alejandra De La Cruz Mora** con documento de identificación N° 1003233689, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y FISICOQUÍMICAS DE LA ADICIÓN DE *SPONDIAS PURPUREA* EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL,** realizado por **Angel Gabriel Solorzano Proaño** con documento de identificación N° 0944145002 y **Ronny Ezequiel Garcia Ruiz** con documento de identificación N° 1207498203, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2025

Atentamente,

María Alejandra De La Cruz Mora

CI:1003233689

Dedicatoria Angel Solorzano

Esto es el resultado de 4 años de esfuerzo. He llegado tan lejos gracias a mi familia, en especial a mi tía Pilar, a mi madre y a mi padre, que en paz descanse (estoy seguro de que estaría feliz de verme cumplir este logro).

Gracias a mi enamorada por darme apoyo todos los días; sus palabras me motivaban a seguir siempre con paso firme.

A mi perro, que me acompañaba todas esas noches y madrugadas en las que me tocaba quedarme hasta altas horas escribiendo la tesis.

Gracias a los laboratoristas y, en especial, a Paulo, quien nos acompañó desde el inicio hasta el final de este largo y cansado proceso.

Aunque suene un poco egocéntrico, gracias a mí mismo y a mi fuerza de voluntad por seguir adelante a pesar de todos los contratiempos y errores que trajo este camino, incluyendo los apagones que desanimaron a muchos de mis compañeros.

Dedicatoria Ronny Garcia

A Dios que con su infinito amor ha sido mi luz y mi fortaleza en cada paso de este camino, guiándome con sabiduría incluso en momentos difíciles.

A mi familia, mi madre Martha, mi padre Aristóteles, mi hermana Ariana y mi mascota Dayko (+), sin su apoyo incondicional, este sueño no habría sido posible.

A mis ángeles guardianes, quienes desde el cielo me han cuidado en cada uno de mis pasos, llenándome de inspiración y esperanza.

A mis amigos, Naomi, Debbie, Aleida, Pablo, Fabián, Nelson, Damarys y Radia que con sus palabras de aliento y momentos compartidos hicieron este recorrido más llevadero y especial.

Por último, a Cristiano Ronaldo, por ser un ejemplo de dedicación, disciplina y pasión, cualidades que me motivaron a superar mis propios límites y perseguir mis sueños.

Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil-María Auxiliadora por facilitarnos con equipos, materiales e instalaciones necesarios para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, por su valioso apoyo en el proceso de liofilización de las muestras. Su colaboración ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto.

A los laboratoristas de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil-María Auxiliadora, quienes brindaron su invaluable apoyo durante el desarrollo de este proyecto. En especial, destacamos la colaboración del señor Paulo Franco, quien demostró una disposición, acompañándonos en cada etapa del proceso.

Nuestra más profunda gratitud a nuestra docente y tutora, Ing. Alejandra De la Cruz, por su paciencia y dedicación durante el desarrollo de este trabajo. Su experiencia, compromiso y valiosos aportes enriquecieron este proyecto, motivándonos a superar nuestros propios límites.

Resumen

Spondias purpurea, perteneciente a la familia Anacardiaceae, es un árbol cuyo fruto es reconocido tanto por su sabor agridulce como por sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, destacan compuestos como los flavonoides (quercetina y kaempferol), las antocianinas (cianidina-3-glucósido), también se encuentran fenoles (ácido p-cumárico y ácido clorogénico). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades fisicoquímicas, organolépticas y antioxidantes derivados de la incorporación del fruto de *S. purpurea* en la producción de cerveza artesanal del estilo witbier. Se sometió a la cáscara y la pulpa del fruto a dos métodos de conservación: congelación y liofilización. A partir de ello, se diseñaron cuatro tratamientos experimentales, en los cuales se adicionaron diferentes partes del fruto procesadas mediante los métodos de conservación mencionados. Los cambios en las propiedades de las cervezas producidas se evaluaron mediante análisis fisicoquímicos, organolépticos y pruebas de actividad antioxidante utilizando los métodos DPPH y ABTS. Los resultados mostraron la presencia de fenoles, taninos y cumarinas, además de un incremento significativo en la capacidad antioxidante, debido a que presentó un IC50 de 16,11 en DPPH y 23,04 en ABTS al incorporar pulpa liofilizada a una concentración de 2 g/L. En conclusión, la adición de pulpa liofilizada de *S. purpurea* presenta un alto potencial como aditivo funcional en la elaboración de cerveza artesanal, en especial las concentraciones superiores a las evaluadas en este estudio.

Palabras Clave: Ciruela, Cerveza Artesanal, Antioxidante, Propiedades Fisicoquímicas, Propiedades Organolépticas, Compuestos Bioactivos.

Abstract

Spondias purpurea, belonging to the Anacardiaceae family, is a tree whose fruit is recognized both for its sweet and sour taste and its anti-inflammatory and antioxidant properties. Notable compounds include flavonoids (quercetin and kaempferol), anthocyanins (cyanidin-3-glucoside), and phenolic compounds such as p-coumaric acid and chlorogenic acid. This study aimed to evaluate the physicochemical, organoleptic, and antioxidant properties derived from the incorporation of S. purpurea fruit in the production of witbier-style craft beer. The fruit's peel and pulp were subjected to two preservation methods: freezing and lyophilization. Based on this, four experimental treatments were designed, incorporating different fruit parts processed through the mentioned preservation methods. Changes in the properties of the produced beers were evaluated through physicochemical and organoleptic analyses, as well as antioxidant activity assays using the DPPH and ABTS methods. The results showed the presence of phenols, tannins, and coumarins, along with a significant increase in antioxidant capacity, as evidenced by an IC50 of 16.11 in DPPH and 23.04 in ABTS when incorporating lyophilized pulp at a concentration of 2 g/L. In conclusion, the addition of lyophilized S. purpurea pulp presents high potential as a functional additive in the production of craft beer, especially at concentrations higher than those evaluated in this study.

Keywords: Plum, Craft Beer, Antioxidant, Physicochemical Properties, Organoleptic Properties, Bioactive Compounds.

Índice

Capítulo 1 1
1. Antecedentes 1
1.1. Planteamiento del problema 3
1.2. Justificación 3
1.3. Objetivos 4
1.3.1. Objetivo General 4
1.3.2. Objetivos Específicos 4
Capítulo 2 5
2. Marco Teórico 5
2.1. Plantas con propiedades alimenticias 5
2.2. Productos fermentados a base de fruta 5
2.3. *Spondias purpurea* 6
2.3.1 Estructura fructífera 7
2.4. Compuestos con actividad antioxidante 10
2.5. Cerveza artesanal 10
2.6. Elaboración de la cerveza artesanal 12
2.7. Control de calidad 17
2.7.1. Propiedades organolépticas 17
2.7.2. Propiedades fisicoquímicas 19
2.8. Propiedad antioxidante 23
2.8.1. Método DPPH 24
2.8.2. Método ABTS 24
2.8.3. Índice de eficacia inhibitoria IC50 24
2.9. Análisis microbiológico 25
Capítulo 3 26
3. Materiales y Métodos 26
3.1 Obtención de material vegetal 26
3.2. Elaboración de cerveza artesanal witbier 27
3.2.1. Receta base 28

3.2.2. Procedimiento 28
3.3. Pruebas organolépticas 31
3.4. Análisis fisicoquímico 32
3.4.1. Contenido de alcohol 32
3.4.2. pH 32
3.4.3. Densidad 32
3.4.5. Tamizaje Químico 33
3.5. Análisis de capacidad antioxidante 35
3.5.1. Ensayo DPPH 35
3.5.2. Ensayo ABTS 35
3.5.3. Análisis estadístico 36
3.6. Análisis microbiológico 37
Capítulo 4 38
4. Resultados y discusión 38
4.1. Rendimiento de la obtención de material vegetal 38
4.2. Rendimiento de la cerveza artesanal 38
4.3. Descripción organoléptica 39
4.4. Caracterización de propiedades fisicoquímicas 40
4.4.1. Propiedades Físicas 40
4.4.2. Tamizaje Químico 41
4.5. Determinación de capacidad antioxidante 43
4.5.1. Ensayo DPPH 43
4.5.2. Ensayo ABTS 45
4.6. Cuantificación de UFC 46
Capítulo 5 48
5. Conclusiones y recomendaciones 48
6. Bibliografía 49
7. Anexos 57

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *S.purpurea* 7
Tabla 2. Requisitos fisicoquímicos y límites en cervezas 17
Tabla 3. Valores dispuestos en las normativas NTE INEN 1529-5 y NTE INEN 1529-10 para cervezas no pasteurizadas. 25
Tabla 4. Cantidades para realizar cerveza estilo witbier 28
Tabla 5. Concentraciones de material vegetal añadido a los tratamientos 30
Tabla 6. Volúmenes para utilizar en ensayos de DPPH 35
Tabla 7. Volúmenes para utilizar en ensayos de ABTS 36
Tabla 8. Características organolépticas 39
Tabla 9. Resultados de pruebas físicas realizadas a las cervezas 40
Tabla 10. Resultados de tamizaje químico realizado a las cervezas 42
Tabla 11. Capacidad antioxidante de los tratamientos 43
Tabla 12. Recuento de UFC/mL y UP/mL de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras 46

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación del estado de maduración de *S. purpurea.* 8
Figura 2. Ubicación del mercado donde se adquirió el fruto fresco de *S. purpurea*. 26
Figura 3. Ubicación del laboratorio en el cual se desarrolló el proceso de elaboración de la cerveza artesanal. 28
Figura 4. Diagrama básico de elaboración de la cerveza. 31
Figura 5. Fórmula para calcular densidad a partir de grados °Brix 32
Figura 6. Fórmula para calcular el % de inhibición de los ensayos de DPPH y ABTS . 36
Figura 7. Fórmula para calcular el IC50 de los ensayos de DPPH y ABTS 37
Figura 8.Gráfico de pastel del porcentaje de rendimiento posterior al proceso de obtención de material vegetal. 38
Figura 9.Gráfico de pastel del porcentaje de rendimiento posterior al proceso de elaboración de cerveza artesanal. 39
Figura 10. Gráfico de barras de valores de IC50 obtenidos del ensayo de DPPH 45
Figura 11. Gráfico de barras de valores de IC50 obtenidos del ensayo de ABTS 46

Índice de anexos

Anexo 1. Proceso de elaboración de cerveza artesanal 57
Anexo 2. Pruebas realizadas 58
Anexo 3. Resultado de análisis estadístico 59
Anexo 4. Graficos de regresión lineal de estándar y tratamiento con pulpa liofilizada en ensayos de DPPH y ABTS. 60
Anexo 5. Gráfico de barras combinadas de las características organolépticas y porcentajes de aceptación. 62

Capítulo 1

1. Antecedentes

La familia Anarcadiaceae se compone de casi 200 especies, 32 géneros presentes en el Neotrópico, se divide en los géneros *Mangifera, Anacardium, Spondias, Pistacia Schinus*; se encuentran especies como el mango (*Magnifera indica*), el marañón (*Anarcadium occidentale L.*), el pistache *(Pistacia vera L.*), que son considerados alimentos vegetales con gran importancia biológica y económica, se inlcuye la especie *Spondias purpurea* conocida como ciruela mexicana, jocote, siriguela u ovo (Mitchell, Pell, & Bachelier, 2022).

S. purpurea es un árbol frutal neotropical que se cultiva en América Latina, valorada por su riqueza en fenoles, flavonoides, antocianinas; componentes clave en la mejora de la estabilidad oxidativa y el potencial terapéutico de bebidas (Alia-Tejacal et al., 2022; Alvarez-Vargas et al., 2022). Estudios recientes han demostrado que su integración en productos fermentados, como la cerveza, puede influir de manera positiva en el perfil sensorial y la aceptabilidad del consumidor contribuyendo a la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de cultivos locales (Costa et al., 2021; Rocha et al., 2020). Estas propiedades posicionan al jocote como un ingrediente alineado con las tendencias globales hacia productos funcionales (Alia-Tejacal et al., 2022).

A lo largo de la historia, el jocote ha sido un elemento esencial en la alimentación de diversas culturas latinoamericanas, utilizado como fruto fresco, en conservas y bebidas tradicionales (Rocha et al., 2020; Ribeiro et al., 2024). Este trasfondo cultural resalta la importancia de valorizar su potencial en aplicaciones modernas, como la producción de cerveza, combinando tradición y tecnología para ofrecer productos con valor agregado (Alia-Tejacal et al., 2022). La creciente demanda de cervezas artesanales innovadoras con identidad local subraya la importancia de investigar nuevos ingredientes que puedan integrarse de manera efectiva y sostenible (Costa et al., 2021).

La producción de cerveza artesanal ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, caracterizándose por la innovación en el uso de materia prima no convencional para diversificar sabores y propiedades funcionales (Ribeiro et al., 2024; Alia-Tejacal et al., 2022). Entre los ingredientes emergentes, las frutas tropicales han ganado popularidad debido a su composición rica en compuestos bioactivos y antioxidantes, que potencian las propiedades organolépticas de la cerveza, añadiendo valor nutracéutico (Alvarez-Vargas et al., 2022; Costa et al., 2021). En este contexto, el fruto de *Spondias purpurea L.*, destaca por su perfil fisicoquímico y capacidad antioxidante, es un recurso prometedor para aplicaciones en la industria cervecera artesanal (Ribeiro et al., 2024).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar las características fisicoquímicas, junto con la actividad antioxidante de la ciruela en la elaboración de cerveza artesanal, contribuyendo al conocimiento sobre su impacto en la calidad y funcionalidad del producto final (Ribeiro et al., 2024; Costa et al., 2021). Este enfoque amplía la diversidad de opciones en el mercado cervecero artesanal, promueve el desarrollo económico local mediante la valorización de recursos naturales subutilizados (Rocha et al., 2020; Alvarez-Vargas et al., 2022). La investigación tiene como propósito abordar las oportunidades y desafíos en el manejo postcosecha de esta fruta para optimizar su integración en procesos fermentativos (Alia-Tejacal et al., 2022).

Por último, este trabajo engloba tendencias hacia el desarrollo de productos alimenticios más saludables y sostenibles (Alvarez-Vargas et al., 2022; Costa et al., 2021). La inclusión del fruto de *S. purpurea* en la elaboración de cerveza artesanal pretende diversificar los sabores disponibles, reducir el impacto ambiental a través del uso de recursos renovables (Rocha et al., 2020). Este enfoque integrado podría contribuir a fortalecer el sector cervecero y economías locales que dependen de la producción de frutas tropicales (Ribeiro et al., 2024).

Según lo descrito por Beer Judge Certification Program (BCJP) (2021), se encuentran registradas más de 100 estilos de cervezas en su base de datos, ramificadas en distintas clasificaciones que engloban a cervezas de todo el mundo.

Los estilos que se clasifican teniendo en cuenta los parámetros característicos de la cerveza como el aroma, sabor, apariencia, contenido alcohólico; son: frescas con tonalidades claras (Lager) como las Pilsner y Helles y las que poseen fuerte amargor (Ale) como la Indian Pale Ale, a su vez coexisten las obscuras como la Imperial Stout.

1.1. Planteamiento del problema

Según Balladares (2019), la producción de ciruelas a nivel mundial abarca más de 80 países, alcanzando alrededor de 11 millones de toneladas, China destaca como el país con mayor producción con alrededor de 1 millón de toneladas. En Ecuador, el cantón Nobol es el principal productor, dedica 300 hectáreas a este cultivo, generando alrededor de 7,500 toneladas de ciruelas al año. Uno de los problemas que enfrenta la producción de ciruelas, es la maduración desigual de los frutos en el árbol, provocando que parte del fruto caiga al suelo donde se reincorpora al ciclo natural como abono, otra parte se destina al consumo interno y a la venta local. Bajo este contexto, se genera una cantidad significativa de excedente que causa pérdida económica al agricultor ya que no toda la producción se comercializa.

En los últimos años se han realizado varios estudios donde se experimenta con la incorporación de frutas ricas en compuestos antioxidantes en bebidas fermentadas (Concytec, 2023). La información que existe sobre la adición del fruto de *S. purpurea* en estos productos es reducida, al igual que protocolos estandarizados; interfiriendo de manera directa en las posibles variaciones de la calidad de la bebida, como el color, la turbidez, el pH y el perfil del sabor (García & Pérez, 2024). El uso de metodologías definidas es de vital importancia para garantizar la aceptación del producto en el mercado. (Concytec, 2023).

1.2. Justificación

Esta investigación tiene su génesis en la necesidad de emplear recursos agrícolas locales, en especial el excedente de la producción de ciruela en el Ecuador (Balladares, 2019). La incorporación de la ciruela en la producción de cerveza artesanal se presenta como una solución viable e innovadora para aprovechar la sobreproducción de este fruto, dándole un valor agregado a este producto, aportando en la sostenibilidad agrícola y la economía circular.

En estudios recientes realizados por Arteaga Cevallos y Lucas Ormaza (2021) en la composición de los jocotes predominan compuestos bioactivos que brindan beneficios para la salud de los consumidores, alineándose a la tendencia de productos funcionales; esta idea mejoraría las características nutricionales del producto presentándose como una propuesta nueva para un segmento del mercado poco explorado y con grandes proyecciones de crecimiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar las propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de la adición de ciruela (*Spondias purpurea*) en la producción de cerveza artesanal.

1.3.2. Objetivos Específicos

Elaborar cerveza artesanal enriquecida con el fruto de *S. purpurea* en la Universidad Politécnica Salesiana mediante fermentación.

Comparar la actividad antioxidante de la cerveza artesanal enriquecida con ciruela y la cerveza artesanal comercial mediante ensayos de DPPH y ABTS.

Determinar características fisicoquímicas presentes en la cerveza artesanal con adición del fruto mediante técnicas cuantitativas.

1.4. Hipótesis

La adición de ciruela a una cerveza artesanal estilo witbier aumenta la capacidad antioxidante del producto final.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1. Plantas con propiedades alimenticias

Las plantas han presentado una amplia variedad de usos, desde ornamentales, medicinales y alimenticios, dentro de este último podemos rescatar el consumo directo de frutos, semillas, raíces y hojas, su transformación en productos que comprenden harinas, especias, aceites hasta bebidas fermentadas, este conjunto de prácticas fortalece la biodiversidad alimentaria, promoviendo dietas más saludables y nutricional en comunidades locales (Bortolotto et al., 2021).

Existen alrededor de 3000 géneros de plantas que han presentado un uso alimenticio para el ser humano, de estas 30.000 especies son comestibles de las cuales alrededor de 200 variedades vegetales son cultivadas de forma masiva conformando la dieta del ser humano a nivel mundial (Escalante y Chuck, 2022), las especies que más se destacan al momento de producir productos fermentados, tenemos la *Vitis vinifera, Triticum spp., Zea mays, Ananas comosus* y *Spondias purpurea* (González et al., 2021).

2.2. Productos fermentados a base de fruta

Los alimentos fermentados se derivan de procesos de conversión de distintas fuentes de carbono en diferentes productos como lo son el alcohol, CO_2, ácidos, entre otros; esto es posible gracias a la actividad presente en distintos microorganismos, que nos permiten modificar consistencias, sabores y colores de diferentes alimentos además de prolongar la conservación en el tiempo, por estas propiedades las frutas han ganado relevancia en la industria cervecera debido a su capacidad para mejorar el perfil de sabor aportando una dimensión única a las bebidas, esto ocurre porque las frutas son ricas en azúcares naturales, ácidos orgánicos y compuestos bioactivos como antioxidantes que aportan un sabor distintivo que influyen en la fermentación, dado que los azúcares de las frutas sirven como fuente adicional para las levaduras, como resultado tenemos un mayor contenido alcohólico o variación en el perfil sensorial, haciendo que los productos finales sean más atractivos para los consumidores (González et al., 2021).

Adicional de sus beneficios en el sabor y la fermentación, la incorporación de frutas en la elaboración de bebidas fermentadas ofrece ventajas nutricionales, muchas contienen compuestos bioactivos que pueden enriquecer el valor nutricional del producto, lo que aumenta su atractivo para los consumidores conscientes de la salud y permite a los productores explorar nuevas combinaciones de sabores impulsando la innovación en la creación de productos como cervezas frutales, vinos y sidras, este enfoque ha llevado a un aumento en la demanda de productos fermentados con frutas, diversificando del mercado (Ramírez et al., 2022).

2.3. *Spondias purpurea*

Es una especie arbórea con capacidad de fructificación originario de las regiones tropicales de América Latina, incluyendo zonas que van desde el norte de Colombia hasta México y las islas del suroeste del Caribe, además, se trata de un árbol caducifolio con capacidad de alcanzar hasta 25 metros de altura, aunque por lo general su altura oscila entre los 8 - 15 metros, presenta un tronco con un diámetro de 20 a 50 cm con una corteza grisácea, por otra parte las hojas se caracterizan por ser alternas e imparipinnadas entre 10 a 25 cm, con 7 a 15 folíolos de forma ovalada, sus flores presentan un color rojo o rosadas (Antropocene, 2023).

El cultivo de esta especie se realiza mediante propagación asexual utilizando estacas porque, las semillas presentan una germinación más lenta, aunque se trata de un árbol versátil las condiciones óptimas de crecimiento se encuentran en trópicos subhúmedos libres de heladas con altitudes máximas de hasta 2000 metros, además, requiere una posición favorable al sol y un suelo bien drenado (Antropocene, 2023).

La taxonomía de *S. purpurea* se encuentra descrita en la Tabla 1

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de *S. purpurea*

Taxonomía	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Filo	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Género	*Spondias*
Especie	*S. purpurea L.*

Nota. (Los autores, 2025).

2.3.1 Estructura fructífera

Los frutos, también llamado ciruela mexicana, jocote, siriguela u ovo, son drupas con forma variable y su color va cambiando del verde, pasando por el amarillo, naranja presentando color rojo o púrpura al alcanzar su maduración completa, siendo su pulpa jugosa con sabor agradable con nivel de acidez que varía dependiendo del estado de maduración de la fruta, tiene la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de suelo, incluyendo aquellos con baja fertilidad, lo que lo hace útil para la recuperación de suelos degradados influyendo en la reducción de la erosión, además, es común su implementación en cercas vivas para deliitar potreros y en huertos de zonas rurales (Del Amazonas, 2024).

Las propiedades nutricionales presentes en el jocote se evidencian en su contenido rico en vitaminas B y C, sumando minerales como hierro, fósforo y calcio, lo que permite su consumo como fruta fresca, jugo, jaleas o en otras variantes de presentación, no solo se aprovechan las frutas de este árbol, a su vez otras partes de la planta, siendo empleadas en la medicina tradicional (EcuRed, 2020).

Estado de maduración óptima de consumo

Figura 1. Clasificación del estado de maduración de S. purpurea.

Nota. Imagen obtenida de Yair E. Garcia-Pacheco (2023).

Este fruto tropical se caracteriza por su sabor distintivo además de su alto valor nutricional, por lo que la maduración es indispensable para conseguir una calidad óptima, el color del epicarpio es uno de los principales parámetros para determinar su estado de maduración, durante este proceso los frutos presentan colores que van desde el amarillo hasta el rojo o púrpura, lo cual indica un aumento en los sólidos solubles totales (SST) que varían entre 8.2 - 22.8° Brix, la acidez disminuye conforme el fruto madura, contribuyendo de manera directa al equilibrio entre dulzura y acidez (Sánchez et al., 2023; Pérez et al., 2019).

El momento ideal para la cosecha del jocote es cuando las drupas presentan un tono amarillo a naranja, debido a que en ese instante el contenido de azúcar es mayor que la acidez, lo cual favorece a la calidad sensorial y en la vida útil después de la cosecha de la fruta, por otro lado, es indispensable remarcar que la temperatura de almacenamiento desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la maduración postcosecha, puesto que el frío en exceso deteriora la calidad del fruto afectando su sabor, por esto es necesario considerar un manejo adecuado de las frutas después de la cosecha para conservar las propiedades del ovo (Pérez et al., 2019; Rodríguez et al., 2022).

La ciruela se puede consumir fresca, aunque también es valorada por su versatilidad para ser procesada transformándola en productos como jugos, jaleas hasta mermeladas, además, estudios recientes señalan la relevancia de este fruto dentro de la industria alimentaria gracias a su alto nivel nutricional, riqueza en antioxidantes y

vitaminas, el estado óptimo de maduración se logra mediante un conjunto de factores, como el manejo adecuado en toda la cosecha del fruto, considerando siempre la temperatura en que se desarrolla este proceso (Álvarez-Vargas et al., 2021; Sánchez et al., 2023).

Método de despulpado

El método de despulpado del fruto de *Spondias purpurea* es un proceso fundamental para la adquisición de su pulpa, puesto que este proceso puede realizarse de manera manual o mecánica dependiendo de la magnitud de producción, pues el despulpado manual implica la extracción de la pulpa con la ayuda de herramientas simples, lo cual es común en pequeños productores, aunque es muy probable que resulte con variabilidad en el producto, el despulpado mecanizado emplea maquinaria específica que ofrece un resultado homogéneo que reduce el tiempo de procesamiento (Rodríguez et al., 2021; Pérez et al., 2019).

Este proceso es ideal cuando la producción es a gran escala, permite separar la pulpa de la semilla de mejor manera, reduce las pérdidas de producto, lo que optimiza el proceso en general, esta técnica puede incluir el uso de despulpa-centrífugas o extractores de pulpa, elevando así la calidad del producto, evitando la oxidación y contaminación por microorganismos, es recomendable que el proceso se realice en condiciones controladas con el objetivo de minimizar el riesgo de degradación de nutrientes sensibles al calor, como las vitaminas y antioxidantes presentes en la fruta (Sánchez et al., 2022; Rodríguez et al., 2021).

Compuestos bioactivos presentes en la ciruela

El fruto de *Spondias purpurea*, reconocida por su sabor y alto valor nutricional, se estructura de varios compuestos bioactivos que infieren en su potencial funcional o terapéutico, entre los cuales se encuentran los antioxidantes, como los flavonoides, los fenoles y la vitamina C, son conocidos por sus propiedades protectoras contra el estrés oxidativo, con efectos beneficiosos en la salud cardiovascular, a su vez, los flavonoides presentes en la pulpa de la fruta como la quercetina, están asociados con la reducción de la inflamación y el riesgo de enfermedades crónicas (Álvarez-Vargas et al., 2021; Martínez et al., 2020).

Las frutas de esta especie contienen taninos y antocianinas, compuestos que contribuyen a su color característico que tienen efectos antioxidantes significativos (Sánchez et al., 2022).

La ciruela posee ácidos orgánicos como el ácido ascórbico y el ácido málico, los cuales mejoran el sabor de la fruta, de igual manera tienen propiedades antiinflamatorias que pueden contribuir al fortalecimiento del sistema inmunológico, por lo que estos compuestos bioactivos presentes en concentraciones más altas en frutos maduros, ayudan a mejorar la salud general y a prevenir la degeneración celular, la presencia de fibra dietética en la pulpa también es importante, debido a que promueve la salud digestiva, además regula los niveles de glucosa en sangre, de modo que la ciruela es valorada como un fruto sabroso, de igual manera como un alimento funcional que puede ser aprovechado en la prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento y las enfermedades metabólicas (Pérez et al., 2022; Rodríguez et al., 2023).

2.4. Compuestos con actividad antioxidante

La ciruela es rica en compuestos con actividad antioxidante, lo que la convierte en un alimento funcional valioso para la salud, estos compuestos destacan los flavonoides (quercetina y kaempferol), las antocianinas (cianidina-3-glucósido), que le dan su color característico, además poseen potentes propiedades antioxidantes que ayudan a neutralizar los radicales libres, protegiendo las células del daño oxidativo, también se encuentran fenoles (ácido p-cumárico y ácido clorogénico), conocidos por su capacidad para reducir la inflamación y el riesgo de enfermedades crónicas, además de que la vitamina C, otro potente antioxidante presente en el fruto, contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico y al retraso del envejecimiento celular, de modo que juntos, estos compuestos actúan de forma sinérgica, proporcionando beneficios a la salud cardiovascular, reduciendo el riesgo de enfermedades degenerativas y mejorando la salud general (Álvarez-Vargas et al., 2021; Martínez et al., 2020).

2.5. Cerveza artesanal

Es una bebida milenaria y la más popular en el ámbito de las bebidas alcohólicas a nivel global, se elabora a partir de cuatro ingredientes esenciales: agua, malta, lúpulo y levadura, de manera que las cervezas artesanales se diferencian de las industriales en que no contienen aditivos químicos ni conservantes, priorizando procesos naturales que

mantienen la alta calidad del producto, cada receta varía según los ingredientes seleccionados, a pesar que la producción puede ser más costosa, se enfoca en la calidad en lugar de en la reducción de costos, la cerveza es valiosa a nivel nutricional, debido a que ofrece vitaminas como la B12 y minerales, lo que la convierte en una bebida isotónica debido a sus componentes principales (Borsa et al., 2022).

El perfil nutricional de la cerveza varía según el tipo, dado que cervezas como la lager, ale y las de trigo por lo general tienen bajos niveles de proteínas, mientras que otras variedades pueden tener entre 0,3 y 0,6 g/100 mL de proteínas, los carbohidratos en las cervezas proporcionan una fuente energética significativa, en especial en las cervezas sin alcohol, que tienen concentraciones más altas que las cervezas alcohólicas, por otro lado, el enriquecimiento con frutas en algunas cervezas incrementa los niveles de compuestos bioactivos como polifenoles, entre ellos destacan los ácidos fenólicos siendo el ácido ferúlico el más relevante, en flavonoides sobresale el xantohumol y las catequinas, además presentan vitaminas E y C, además de un compuesto obtenido gracias al proceso de malteado y tostado el cual es la melanoidina, lo que mejora tanto la calidad de la bebida como sus efectos saludables, de manera que también son ricas en antioxidantes provenientes de los ingredientes como la cebada y el lúpulo o de los tratamientos que se le dan a las mismas (Rojas, 2012; Borsa et al., 2022).

La witbier es un estilo de cerveza tradicional belga que se caracteriza por incorporar una alta proporción de trigo, además de la cebada malteada, y durante su elaboración, entre el 40% y el 60% de la mezcla de granos se sustituye por trigo, que puede estar malteado o sin maltear, de manera que este uso distintivo del trigo le confiere propiedades organolépticas únicas, como un sabor suave y un poco especiado, notas cítricas y afrutadas, una textura cremosa y un cuerpo ligero que la diferencian de las cervezas elaboradas de manera exclusiva con cebada malteada (BJCP, 2021). Este estilo de bebida es reconocible por su apariencia turbia, atribuida al trigo, a la levadura en suspensión y por su color, que varía entre amarillo pálido y dorado claro, mientras que, a menudo, este estilo se complementa con la adición de cáscaras de naranja y semillas de cilantro, lo que refuerza su perfil aromático con un carácter refrescante, ideal para climas cálidos (Bortoleto, 2020).

En Ecuador, la industria de la cerveza artesanal ha mostrado un crecimiento significativo, evidenciado por la existencia de alrededor de 284 marcas diferentes, produciendo alrededor de 60.000 litros de cerveza al mes y según datos del Servicio de Rentas Internas, actualmente están registradas 160 cervecerías artesanales, lo que representa un incremento del 20% en comparación con el periodo previo a la pandemia, por lo que este crecimiento resalta la expansión de este sector en el mercado (Coba, 2021).

2.6. Elaboración de la cerveza artesanal

- Molienda

La molienda es una etapa clave en la producción de cerveza, puesto que en ella el tamaño de las partículas del endospermo se reduce sin convertirlas en harina, con el objetivo de preservar las cáscaras del grano, que actúan como filtro durante el proceso de elaboración y ayudan a evitar sabores indeseados en el producto final, de modo que este proceso es esencial para optimizar la solubilización de los componentes de la malta en agua a altas temperaturas, lo cual es crucial para la eficiencia de la maceración y para definir las características organolépticas de la cerveza (Cruz, 2023).

El grado de finura de la molienda está relacionado con el rendimiento extractivo, pero una molienda demasiado fina puede afectar de manera negativa a la filtración, por lo que es importante encontrar el equilibrio adecuado para asegurar un buen rendimiento sin comprometer la filtración, además, en casos donde se necesite una molienda más fina sin afectar la eficiencia de filtración, el uso de una prensa de filtro, en lugar de un filtro de falso fondo, puede ser una solución eficaz, debido a que permite una mejor extracción de los componentes solubles sin sacrificar la claridad o calidad del líquido final (Cruz, 2023).

- Maceración

El proceso de maceración es fundamental en la producción de cerveza, puesto que tiene como objetivo la extracción de azúcares fermentables y no fermentables, así como de otras sustancias solubles de la malta previamente molida, de modo que durante este proceso, la malta se mezcla con agua a temperaturas controladas, sometiéndola a diferentes niveles de calor durante períodos específicos, lo que activa las enzimas presentes en la malta, que son esenciales para descomponer el almidón en azúcares y otros compuestos clave, lo cual influirá en las características finales de la cerveza (Martínez et al., 2021).

En la maceración, dos tipos de enzimas juegan un papel crucial en la transformación de los ingredientes y la mejora de las cualidades de la cerveza, las proteasas descomponen las proteínas complejas en fragmentos más pequeños, lo que mejora el crecimiento y metabolismo de las levaduras durante la fermentación, también contribuye a la estabilidad de la espuma y al cuerpo de la cerveza (Gómez y Ruiz, 2022). Por otro lado, las amilasas rompen los polímeros de almidón, produciendo maltosa y dextrinas, que son azúcares solubles, además de fermentables, de manera que este proceso es esencial para asegurar que se liberen suficientes azúcares que alimentarán las levaduras durante la fermentación, lo que afectará de manera directa en el contenido alcohólico y el perfil de sabor de la cerveza (Hernández y Pérez, 2023).

- Decocción

La decocción es un proceso de maceración originario del norte de Europa, desarrollado para lidiar con las dificultades que presentaban las bajas temperaturas en esa región, las cuales afectaban el malteado adecuado del grano, de manera que esta técnica permite mejorar la modificación del grano y es útil cuando se utilizan maltas menos modificadas, además, la decocción consiste en hervir parte de la mezcla de la malta y luego reincorporarla al mosto, lo que ayuda a liberar más azúcares y mejorar la extracción de los componentes solubles (Slowbeer, 2023).

Este método es eficaz para resaltar las características organolépticas de ciertos estilos de cerveza, como las bock y lagers, que requieren una extracción más completa de los sabores de la malta, además, la decocción también es valorada por su capacidad para intensificar el perfil de sabor de las cervezas, lo que la hace popular en festividades como el Oktoberfest (Slowbeer, 2023).

- Recirculación y filtración

Después de finalizar la maceración, uno de los pasos esenciales en la producción de cerveza artesanal es separar los componentes sólidos, como el bagazo y las partículas insolubles de la malta, del líquido obtenido, conocido como mosto, de modo que este mosto será la base para la futura cerveza, además, en muchos procesos artesanales se emplea el método de recirculación para facilitar esta separación, que consiste en hacer circular varias veces el mosto a través del lecho de granos de malta, lo que tiene como objetivo mejorar tanto la claridad del mosto como la eficiencia de la filtración (Chicaiza, 2023).

El proceso de recirculación cumple dos funciones clave, puesto que primero, ayuda a acumular las partículas suspendidas sobre el bagazo, lo que facilita la clarificación del mosto, y segundo, al pasar el mosto por el lecho de granos, se van obstruyendo de forma gradual los poros del filtro natural formado por estos, mejorando así la filtración, de manera que con el tiempo, a medida que se repite el proceso, la capa de granos desarrolla una mayor capacidad para retener impurezas, lo que resulta en un mosto más limpio y claro, listo para continuar con las siguientes etapas de la producción de cerveza (Chicaiza, 2023).

- Lavado

Esta fase del proceso cervecero es esencial para maximizar la extracción de azúcares fermentables que aún permanecen atrapados en los residuos sólidos, conocidos como bagazo, después de haber completado la recirculación, dado que el objetivo de este paso adicional es extraer la mayor cantidad posible de estos componentes para aumentar la eficiencia global del proceso y mejorar la rentabilidad de la producción, por lo que para ello, se introduce de forma gradual el agua de lavado, cuyo volumen se determina de manera anticipada, de manera que es crucial seguir de manera estricta este protocolo para

asegurar la eliminación completa de azúcares y otros compuestos solubles restantes en el bagazo, lo que optimiza la extracción de recursos valiosos y contribuye a una producción cervecera más eficiente (Cervecistas, 2023; Slowbeer, 2023).

- Cocción

En esta fase, se lleva a cabo un proceso crítico en la elaboración de la cerveza, puesto que permite la sedimentación de las proteínas presentes en el mosto, la eliminación de microorganismos, la esterilización del mosto y la concentración de los azúcares extraídos durante la maceración para alcanzar el grado alcohólico deseado y conferir el cuerpo característico a la cerveza, además, en este punto, se incorpora el lúpulo, cuya cantidad se ajusta según las Unidades Internacionales de Amargor (IBU), determinadas por el estilo de cerveza a elaborar (Turc, 2018).

Tras la adición del lúpulo, se genera un remolino en el centro de la caldera con el propósito de precipitar las partículas de lúpulo y otros sólidos suspendidos hacia el centro, de modo que este procedimiento reduce el riesgo de un amargor excesivo en la cerveza, previo a esto, el mosto es sometido a ebullición durante aproximadamente una hora, consolidando así el perfil organoléptico deseado y asegurando la eliminación de cualquier contaminante residual (Turc, 2018).

- Enfriamiento

En esta fase, el enfriamiento del mosto puede realizarse mediante el uso de un “chiller”, un tipo de intercambiador de calor, debido a que estos dispositivos, en especial los de placas, son utilizados debido a su eficiencia en manejar altos volúmenes de cerveza, minimizando el desperdicio de agua, optimizando tanto los recursos como el tiempo, una vez que el mosto alcanza la temperatura adecuada, se debe proceder a la adición de la levadura, asegurando condiciones óptimas para su actividad, por lo que es fundamental evitar someter las células de levadura a estrés térmico o a temperaturas elevadas de la fase anterior, puesto que esto podría causar su inactivación o muerte, lo que hace que este control sea esencial para garantizar una fermentación eficiente y uniforme (Cruz, 2023).

- Fermentación

Durante la etapa de fermentación tiene lugar la reacción clave en el proceso de elaboración de cerveza y otras bebidas alcohólicas, puesto que en esta fase los azúcares extraídos de las maltas son transformados en etanol y dióxido de carbono (CO_2) mediante la actividad metabólica de las levaduras, además, tras la inoculación de las levaduras, realizada una vez que el mosto ha sido enfriado, estos microorganismos comienzan a consumir los azúcares presentes en el medio una vez que se ha agotado el oxígeno disuelto, de manera que a medida que avanza la fermentación, los niveles de azúcar disminuyen de manera gradual, mientras que la concentración de etanol aumenta se libera CO_2 como subproducto, el cual es evacuado del fermentador a través de una trampa de aire o válvula de aireación, lo que permite la salida del CO_2 evitando al mismo tiempo la entrada de oxígeno del ambiente, lo que garantiza un entorno anaeróbico esencial para una fermentación óptima (Turc, 2018).

- Maduración

La correcta realización de esta etapa es crucial para prevenir la aparición de perfiles y aromas indeseados en la cerveza, dado que, si esta etapa es omitida, las levaduras al quedarse sin nutrientes podrían comenzar a metabolizar las células muertas sedimentadas, generando compuestos organolépticos adversos que deterioran la calidad del producto, dicha fase de maduración, por lo general es carente de actividad visible y suele extenderse entre 1 a 2 semanas (Ferreyra, 2014).

- Acondicionamiento

Este paso puede realizarse de forma forzada o natural, en el caso de la cerveza witbier, el proceso ocurre de manera natural mediante una segunda fermentación, en la que se emplea una levadura distinta a la inicial y se añade azúcar como sustrato para la nueva levadura, de modo que este procedimiento tiene como objetivo generar la carbonatación requerida a través del CO_2 producido durante la fermentación secundaria (Oddone, 2022).

2.7. Control de calidad

De acuerdo con la normativa 2262 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2013), las bebidas alcohólicas tienen tras categorías mismas que se diferencian por el grado de alcohol que poseen las mismas, el nivel bajo se ubica en un rango de entre 1.1%-3%, son consideradas medias las bebidas con una graduación de alcohol entre el 3.1%-10%, cuando superan el 10%, entonces se dice que su nivel es alto, la norma INEN, descrita en la Tabla 2, establece una serie de requisitos fisicoquímicos y límites contaminantes que debe cumplir la cerveza:

Tabla 2.

Requisitos fisicoquímicos y límites en cervezas

	Tipo	**Rango**
Grados de alcohol	Sin alcohol	0% - 1%
	Bajo contenido	1,1% - 3%
	Mediano contenido	3,1% - 10%
	Alto contenido	10% -> 10%
Otros parámetros	Acidez total	0% - 1,7%
	CO2	0,9% - 4%
	pH	2,8% - 5%

Nota. Datos obtenidos de Instituto Ecuatoriano de Normalización y ASOCERV, 2023.

2.7.1. Propiedades organolépticas

La cerveza artesanal posee diversas propiedades organolépticas que deben cumplir con las características que corresponden al estilo witbier basándonos en las directrices proporcionadas por Beer Judge Certification Program (Program, 2021).

Apariencia

La cerveza artesanal exhibe una amplia gama de colores, que van desde un amarillo pálido hasta tonos marrones oscuros, incluyendo matices rojizos o cobrizos (Program, 2021). Esta diversidad cromática depende del tipo de malta utilizado y del grado de tostado aplicado durante su elaboración. Los consumidores suelen preferir cervezas con una espuma abundante, densa y de buena persistencia (Bokulich y Bamforth, 2022).

Sabor

El nivel de amargor en la cerveza artesanal varía según su estilo, pudiendo ser desde suave y ligero hasta intenso o marcado, lo cual está determinado por el tipo de lúpulo empleado, los cerveceros se enfocan en equilibrar el amargor del lúpulo con el dulzor de la malta, así como en lograr una adecuada sensación de cuerpo en el paladar (Cortés-Gómez et al., 2020). Bokulich y Bamforth (2022) señalan que los sabores derivados de la malta en estas cervezas son variados, abarcando desde notas dulces y melosas hasta tostadas con toques ahumados (Program, 2021).

Aroma

La riqueza aromática de la cerveza artesanal proviene del lúpulo, aunque también puede incluir matices frutales, cítricos o herbales, dependiendo de los ingredientes utilizados (Program, 2021). Las variedades de lúpulo empleadas determinan gran parte del perfil aromático, aunque la malta también contribuye, ofreciendo aromas que van desde dulces y caramelizados hasta tostados (Cortés-Gómez et al., 2020).

Sensación en boca

La textura y densidad de la cerveza artesanal pueden variar, desde sensaciones ligeras, delicadas hasta robustas o consistentes (Program, 2021). Algunas variedades pueden generar experiencias térmicas, como una sensación cálida o, por el contrario, un efecto refrescante, el diacetilo puede aportar una textura untuosa, incluso en pequeñas cantidades, la efervescencia equilibrada contribuye a que la bebida sea suave y agradable (Bokulich y Bamforth, 2022).

Impresión general

Las cervezas de trigo suelen tener un color claro, un carácter refrescante, dado que su sabor y aroma recuerdan al pan recién horneado o la masa fresca, el proceso de fermentación produce un perfil limpio, mientras que las notas de lúpulo y el nivel de amargor pueden variar, por lo que la carbonatación abundante y la textura ligera hacen de este tipo de cerveza una opción fácil de beber y agradable al paladar (Program, 2021).

2.7.2. Propiedades fisicoquímicas

Tratamiento previo de la muestra

Según Merck (2021), para analizar muestras de cerveza deben pasar de manera obligatoria por un tratamiento previo compuesto por la filtración y eliminación del CO2; la filtración es necesaria para la eliminación de partículas en suspensión y levaduras que pueden interferir en los resultados debido a que el espectrofotómetro es sensible a estímulos como este, por su parte, la desgasificación consiste en la eliminación del dióxido de carbono que se encuentra disuelto en la muestra que influye en los resultados que se obtienen de equipos analíticos que miden pH y densidad.

pH

El pH es un parámetro esencial en la producción de cerveza artesanal, dado que influye en las reacciones químicas durante la maceración, fermentación y almacenamiento, por lo que un pH adecuado asegura una buena actividad enzimática durante la maceración contribuye a la estabilidad microbiológica del producto. Además, el pH de la cerveza, que por lo general oscila entre 4.0 y 4.5, también afecta sus características sensoriales, como el sabor y el nivel de acidez. (Mussatto et al., 2020; Rathore et al., 2021).

Grados de alcohol

El contenido alcohólico es una característica clave en las cervezas artesanales, variando según el estilo y las preferencias del consumidor, el porcentaje de alcohol por volumen (ABV) puede oscilar entre el 3 % y el 12 %, influenciado por los azúcares fermentables y la eficiencia de las levaduras durante la fermentación; la diversificación en los niveles de ABV está vinculada con las tendencias de innovación en el mercado cervecero, buscando atender la demanda de cervezas de baja graduación, así como variedades con mayor contenido alcohólico que enfatizan sabores intensos y complejos (Grand View Research, 2023; Rathore et al., 2021).

Densidad

Según García y Perez (2024), la densidad hace referencia a la cantidad de masa que contiene un volumen determinado. En la industria alimenticia juega un papel importante, dado que influye de manera directa en la consistencia y textura del producto, modificando en la aceptación del producto por parte del consumidor (Arteaga Cevallos & Lucas Ormaza, 2021).

Colorimetría

El análisis colorimétrico se refiere a la medición y cuantificación del color de la cerveza, señalado como un atributo sensorial relevante que incluye en la percepción del consumidor y la identificación del estilo de la cerveza, puesto que puede variar desde tonalidades claras como amarillo pálido, hasta obscuros como el negro o marrón y su variación depende de las maltas utilizadas durante el proceso de producción de la cerveza (Smith & Brown, 2021).

La colorimetría es de vital importancia para obtener consistencia en lotes de producción y a su vez cumplir con los estándares relacionados a cada estilo de cerveza, el cual se rige con los sistemas EBC (European Brewery Convention) y el SRM (Standard Reference Method), donde se asignan valores numéricos en relación de la intensidad de la luz que absorbe la muestra, el color se presenta como el principal indicador durante el proceso de elaboración de cerveza artesanal (García et al., 2023).

Tamizaje químico

Fenoles

Los fenoles son compuestos bioactivos importantes en la cerveza artesanal, infieren de manera directa en sus propiedades sensoriales y antioxidantes, tomando mayor relevancia cuando en estudios recientes se ha demostrado que las cervezas artesanales, en comparación con cervezas industriales, presenta alta concentración de polifenoles, fortaleciendo el perfil antioxidante y los beneficios que este producto presenta para la salud de sus consumidores, así mismo, los fenoles incurren en el aroma y sabor del producto, aportando notas desde la astringencia hasta una complejidad especiada.(Revistas UNJFSC, 2021).

Flavonoides

Los flavonoides, pertenecientes al grupo de compuestos bioactivos presentes en gran variedad de alimentos contribuyendo en su composición con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, se ha demostrado en estudios recientes que influye en la prevención de enfermedades crónicas, en especial a las neurodegenerativas, mejoran la capacidad cognitiva y protege ante el envejecimiento celular, todo esto sustentado de un estudio realizado el 2020, donde enfatizan en la mejora significativa de la salud cardiovascular y cerebral al tener una dieta rica en flavonoides.(Birt et al., 2020).

Carbohidratos

Los carbohidratos son biomoléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno, poseen un rol protagónico en la cerveza artesanal abarcando propiedades del producto y beneficio que adquieren los consumidores, durante el proceso de producción, los almidones presentes en los granos se convierten en azúcares fermentables que las levaduras transforman en dióxido de carbono y alcohol, gracias a este proceso se puede determinar el contenido alcohólico, la dulzura y cuerpo de la bebida; los carbohidratos residuales aportan a la sensación de saciedad dado que aportan energía al organismo, teniendo claro el moderado consumo en especial de personas que padezcan diabetes.(Beyond Type 1, 2021).

Taninos

Los taninos perecen al grupo de compuestos fenólicos, divididos en hidrosolubles o condensados, presente en todas partes de las plantas, caracterizados por su sabor amargo y astringente, a pesar de que se manifiestan como protectores de las plantas frente a depredadores, también tiene aplicaciones en la salud humana, debido a que la ingesta moderada asegura el aprovechamiento de sus propiedades antiinflamatorias. (CIAD, 2023). En la alimentación, estos compuestos de interés se encuentran en alimentos y bebidas de consumo masivo, como el café, las, uvas, chocolate, vino tinto, té, entre otros, aportando en el sabor amargo característico de estos alimentos (Rivas et al., 2020). En el caso de las bebidas fermentadas, como el vino, contribuyen a la preservación de la calidad del producto, debido a las propiedades antioxidantes que poseen los taninos, manteniendo la estabilidad de las bebidas (CIAD, 2023).

Saponinas

Según García (2023), las saponinas son metabolitos secundarios presentes en gran diversidad de plantas estructuradas de manera anfifílica ensamblada por un segmento hidrofóbico y otro hidrofílico. Contar con esta estructura le confiere la propiedad de comportarse como emulsionante, aportando efectos como hipocolesterolémicos, antimicrobianos e inmunoestimulantes; por todas las estas propiedades, las saponinas, han despertado el interés en diversas industrias como la farmacéutica, alimentaria, inmunoestimulantes y en la agrícola, en el caso de esta última, presentándose como opción de bioinsecticida natural; cabe recalcar, debido a su toxicidad presente en altas concentraciones se sugiere una dosificación adecuada (García et al., 2023).

Esteroides

Los esteroides vegetales, conocidos como fitoesteroles, son compuestos lipídicos que tienen estrecha relación con la estructura química de los esteroides animales. (González et al., 2024). Los esteroides vegetales se presentan en altos niveles en granos, cereales, frutas, verduras o en aceites vegetales, recibiendo las características bioactivas de ser antioxidantes y antiinflamatorios (Rodríguez et al., 2021). En los últimos años se han realizado estudios donde se evidencia que los fitoesteroles ayudan a la reacción de colesterol LDL en sangre, resaltando su impacto en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Martínez et al., 2023). Además, se ha demostrado que su inclusión en la dieta regula niveles de colesterol y glucosa en sangre (González et al., 2024).

Cumarinas

Las cumarinas se hallan en gran diversidad de plantas y se presentan como metabolitos secundarios, su estructura está relacionada al ácido benceno-cumarínico, lo que le brinda propiedades biológicas de alto interés en la industria de la medicina, dado que funge como anticoagulantes, antitumorales, entre otros (Sánchez et al., 2020).

En últimas investigaciones se ha comprobado que las cumarinas que se encuentran en plantas como la canela y el apio modulan vías bioquímicas del organismo, incluyendo en la regulación del sistema inmune y la prevención de enfermedades cardiovasculares (Gómez et al., 2021). Debido a sus propiedades citotóxicas selectivas en células tumorales descubiertas en estudios recientes, se lo considera una opción viable en el tratamiento de ciertos tipos de cáncer. (Martínez & Pérez, 2023).

Alcaloides

Los alcaloides son compuestos cuya estructura es nitrogenada, presente en amplia variedad de plantas muy apetecidas en el área de la salud por sus efectos farmacológicos en los humanos; Se particularizan por su compleja estructura química, además de su capacidad de interacción con receptores biológicos especializados, confiriéndole propiedades curativas relevantes, como antipsicópatas, antitumorales, antimicrobiana y analgésica (González et al., 2022). Como ejemplo, la codeína y la morfina están presentes en terapias del dolor, a su vez contra la malaria se emplea quinina en el tratamiento (Martínez & Sánchez, 2024). No obstante, el consumo desmedido de ciertos alcaldes, como la nicotina y cafeína, puede detonar en una adicción que tiene gran impacto en la salud del habitual consumidor. (Pérez et al., 2023).

Lactonas sesquiterpénicas

Según Martínez (2021), las lactonas sesquiterpénicas son compuestos bioactivos reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y anticancerígenas, caracterizadas por su estructura comprendida por un anillo lactónico que se inserta en un esqueleto de 15 átomos de carbono, debido a su gran potencial terapéutico su actividad biológica destaca en los últimos años. Se ha demostrado que estos compuestos bioactivos, como parthenolida que se encuentra en la planta *Tanacetum parthenium*, cuenta con efectos inmunomoduladores (Rodríguez & González, 2023). También, en últimas indagaciones se demuestra que en la medicina tradicional se la puede emplear en tratamientos antiinflamatorios y enfermedades metabolómicas (Sánchez et al., 2024).

2.8. Propiedad antioxidante

Antioxidantes se refieren a compuestos cuyo rol principal es la protección de las células del daño que le causan los radicales libres, moléculas con baja estabilidad que pueden desarmonizar la estructura y función de las células, participando en el envejecimiento en ciertas enfermedades consideradas crónicas (Ramírez-Rojo et al., 2019). Se hallan en verduras, frutas, especias y frutos secos; como ejemplo en frutas la ciruela se encuentra en su presentación de flavonoides (Arteaga Cevallos & Lucas Ormaza, 2021). Los antioxidantes cuentan con estructuras químicas distintas, por lo general poseen grupos como fenoles o hidroxilos, los que le dan la capacidad de contrarrestar la acción de los radicales libres; su principal acción es donar electrones a los radicales libres, brindándoles estabilidad erradicando el daño celular. Como señalan

García y Pérez (2024), el habitual consumo de antioxidantes se relaciona con la reducción de inflamaciones, la protección a ciertos tipos de cáncer y la prevención de enfermedades degenerativas.

En el mundo de las bebidas fermentadas, la cerveza artesanal contiene antioxidantes naturales como polifenoles, flavonoides y compuestos fenólicos, provenientes del lúpulo y la malta. Estos compuestos contribuyen a la estabilidad sensorial y química del producto, ofrecen beneficios potenciales para la salud, reduciendo el estrés oxidativo, se ha explorado cómo las técnicas de producción y la selección de ingredientes pueden optimizar el contenido antioxidante, destacando la importancia de los procesos de malteado y lupulado (Mussatto et al., 2020; Siqueira et al., 2021).

2.8.1. Método DPPH

El DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) es utilizado para medir la capacidad antioxidante en cervezas, evalúa la capacidad de los compuestos antioxidantes para neutralizar radicales libres mediante un cambio de color, proporcionando un indicador rápido y confiable de actividad antioxidante; la utilidad del DPPH se mantiene vigente en estudios recientes para analizar variaciones en cervezas con diferentes perfiles de ingredientes y técnicas de elaboración (Jerez-Martel et al., 2020; Rathore et al., 2021).

2.8.2. Método ABTS

El ensayo ABTS (2,2’-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) es otra técnica esencial para evaluar la actividad antioxidante, a diferencia del DPPH, este método puede medir antioxidantes hidrosolubles y liposolubles, lo que lo hace útil en matrices complejas como la cerveza; estudios recientes confirman su relevancia para cuantificar el impacto de diferentes tipos de malta y lúpulo en las propiedades antioxidantes de la bebida (Siqueira et al., 2021; Mussatto et al., 2020).

2.8.3. Índice de eficacia inhibitoria IC50

De acuerdo con Ramírez-Rojo (2020) el IC50 (concentración inhibitoria 50%) se refiere al valor empleado para medir la potencia de una sustancia en su capacidad para inhibir una respuesta biológica especializada, como la actividad antioxidante; expresa la concentración ideal de un compuesto para minimizar la actividad de un objetivo biológico a la fracción de su valor máximo. Este parámetro se lo emplea en estudios enfocados a la

eficiencia de antioxidantes, debido a que estipular la concentración de una sustancia de interés que tiene la capacidad de reducir la actividad de los radicales libres (García & Pérez, 2024).

Los valores de IC50, dentro de una investigación, cobran mayor importancia, puesto que compara la eficiencia de los distintos compuestos antioxidantes y esto permite seleccionar los que presenten mayor capacidad inhibitoria en beneficio de la protección celular; un IC50 bajo se refiere a que es necesario menor concentración del compuesto para la obtención de efecto inhibitorio representativo lo que señala su alta eficacia (Arteaga Cevallos & Lucas Ormaza, 2021).

2.9. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos son vitales al momento de elaborar cerveza, tanto de manera artesanal como industrial, gracias a ellos podemos asegurar la inocuidad alimentaria de esta bebida fermentada, estos análisis deben regirse por la normativa INEN (2013) descritas en la Tabla 3:

Tabla 3.

Valores dispuestos en las normativas NTE INEN 1529-5 y NTE INEN 1529-10 para cervezas no pasteurizadas.

	Mínimo	**Máximo**
Aerobios mesófilos	-	80 UFC/mL
Mohos y levaduras	-	50 UP/mL

Nota: Datos obtenidos de INEN (2013).

Capítulo 3

3. Materiales y Métodos

3.1 Obtención de material vegetal

El fruto se adquirió en el cantón Nobol en el "Mercado Municipal" (1°54'50.6"S 80°00'39.0") que se visualiza en la Figura 2, para su posterior tratamiento y obtención del mesocarpio y pericarpio, que son las partes del fruto que presenta una mayor cantidad de antioxidantes.

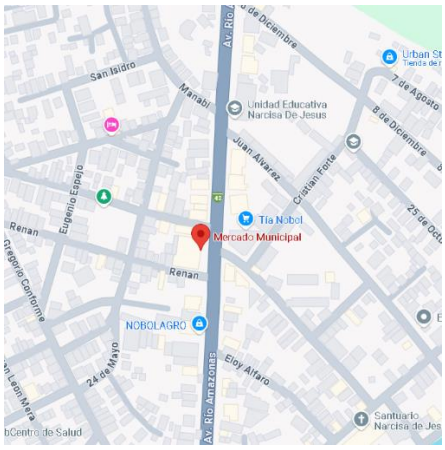


Figura 2. Ubicación del mercado donde se adquirió el fruto fresco de S. purpurea.

Tomado de Google maps, 2025.

La obtención de la materia prima se llevó a cabo siguiendo la normativa vigente INEN 2337:2008 la cual indica lo siguiente:

El proceso inició con una selección manual de los frutos que presentaban madurez fisiológica. Aquellos que no cumplían con este parámetro o que presentaban golpes o contaminación fueron descartados.

En la siguiente etapa se enjuagó con abundante agua para eliminar la tierra y se realizaron lavados con hipoclorito de sodio a una concentración de 70 ppm, con un pH entre 6.5 y 7. El tiempo de contacto no debe ser mayor a 5 minutos para evitar la formación de subproductos nocivos. El ácido peracético debe usarse en concentraciones de 2000 ppm para evitar la aparición de *E. coli*.

Para el escaldado, se realizó un corte en cruz a la fruta y se sumergió en una olla con agua hirviendo a una temperatura constante de 100 °C durante 4 minutos para inactivar enzimas que podrían causar cambios indeseados en la textura y el sabor. El mesocarpio se separó del epicarpio gracias al escaldado, lo que facilitó su obtención mediante la aplicación de fuerza mecánica de la fruta con un colador de malla gruesa. En este proceso, se reservaron y separaron tanto la semilla como el pericarpio.

En la siguiente etapa el epicarpio y el mesocarpio se conservó a un pH de 4.5 utilizando ácido cítrico o ascórbico para acidificar el medio o bicarbonato de sodio como base. Se utilizaron soluciones con concentraciones de 1 N con un potenciómetro Mettler Toledo, S220-K-US para poder realizar una pasteurización previa a 95 °C sometiendo la materia vegetal durante 2 minutos a baño María Daihan Scientific, WB-6, eliminando microorganismos patógenos y extendiendo la vida útil del producto. Para después proceder a envasarla en bolsas plásticas aptas para alimentos esterilizadas utilizando luz UV durante 15 minutos.

Se reservaron 250gr de pulpa y cascara para someterlos a un proceso de liofilización con el equipo Martin Christ, Alpha 1- 4LSC plus, a las siguientes condiciones: secado principal, -39 °C y 0,144 mbar por 48 horas para el secado final, -50 °C y 0,039 mbar por 22 horas.

Tanto como el producto liofilizado y el congelado se almacenaron a -20 °C, mientras que el producto liofilizado se almacenó utilizando tubos Falcon de 50 mL cubiertos con papel aluminio, el producto fresco sin liofilizar se mantuvo a -20 °C en las bolsas plásticas estériles, ambos fueron almacenados en un congelador Biobase BDF-60V608

3.2. Elaboración de cerveza artesanal witbier

Siguiendo la normativa INEN 2262, se elaboró seis lotes de cerveza artesanal de trigo estilo witbier, caracterizada por un amargor bajo. El proceso se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, campus María Auxiliadora, en el km 19 de la vía a la Costa (2°11'31.1"S 80°02'44.7"W), dicha ubicación se puede ver en la Figura 3.

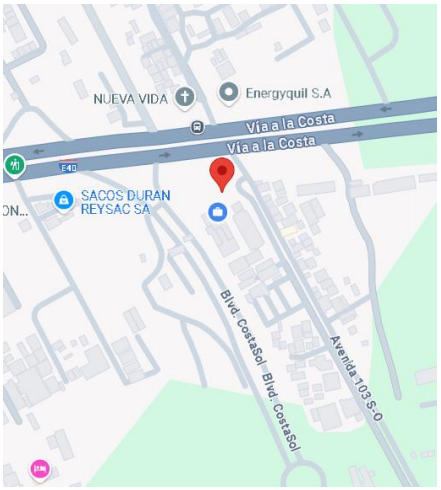


Figura 3. Ubicación del laboratorio en el cual se desarrolló el proceso de elaboración de la cerveza artesanal. Tomado de Google maps, 2025.

3.2.1. Receta base

La receta base para realizar una cerveza estilo witbier va a estar detallada en la Tabla 4, la cual indica peso de maltas, lúpulo, concentraciones de levaduras y volumen de agua para realizar 13 litros de cerveza finales.

Tabla 4.

Cantidades para realizar cerveza estilo witbier

Materia prima	Cantidades
Malta Pilsner	4.37Kg
Malta Carapils	0.625Kg
Trigo Torrificado	1.25Kg
Levadura Saf-Brew S-33	0.5g/L
Levadura Saf-Brew WB-06	0.5g/L
Lúpulo Saaz	25gr
Agua	25 litros

Nota. (Los autores, 2025)

3.2.2. Procedimiento

El proceso se basó en la metodología descrita por Cruz (2023) y fue simplificada en la Figura 4, la cual nos indica lo siguiente:

1. Molienda: Se pesaron y se molieron los granos con un espaciado de 1 mm utilizando un molino marca “Malt Master”

2. Maceración: Se colocó 20 L de agua purificada en la olla de calentamiento y se controló que la temperatura del agua no supere los 70 °C, después se pasaron 10 litros de agua desde la olla de calentamiento a la olla de maceración y se colocaron las maltas. Posterior a la introducción de toda la malta se controló la temperatura, la cual osciló entre 66 y 68 °C por 1 hora, una vez culminado el tiempo, se pasó el mosto a la olla de cocción utilizando una rejilla para que el líquido se filtre de forma correcta.

3. Lavado: Se realizó el lavado de azúcares presenten en la olla de maceración utilizando los 5 litros de agua previamente calentada a 80 °C en la olla de calentamiento.

4. Cocción: Se calentó el mosto en la olla de cocción y se esperó su ebullición. Cuando el mosto empezó a hervir se determinó el min 00 de la ebullición, así como el final el min 60 y se agregó el lúpulo de manera pausada para evitar un aumento de burbujas de ebullición. Terminado el tiempo de cocción, se agitó el mosto lupulado hasta formar un remolino, esto se realiza con el objetivo de lograr un sedimento de lúpulo en el centro de la olla.

5. Enfriamiento: El mosto lupulado se enfrió hasta llegar a los 25 °C, para ello se ensambla el sistema de enfriamiento con ayuda de la bomba y el chiller hacia el fermentador, sin permitir el paso del lúpulo sedimentado

6. Fermentación: Se controló la temperatura (25°C) del fermentador “Fastferment” el cual cuenta con un termómetro incorporado, a este paso se colocaron los gramos correspondientes de levadura Saf-Brew S-33 en el fermentador se colocó el airlock en el fermentador con una trampa de alcohol al 70%, se cubrió las paredes del fermentador con un material oscuro para impedir su fotooxidación y se dejó reposar en lugar seco y fresco, en donde la temperatura se mantenga homogénea de entre 20 a 25 °C durante los 7 días que dura este proceso. .

7. Adición de ciruela: Al tercer día de fermentación se dividió los tratamientos en los distintos fermentadores y se añade la ciruela siguiendo las concentraciones de la Tabla 5 y se deja fermentar por 4 días más.

Tabla 5.

Concentraciones de material vegetal añadido a los tratamientos

Tratamiento	Tipo de conservación fruta	Concentración
PL	Liofilizada	2g/L
CL	Liofilizada	2g/L
PC	Congelada	120g/L
CC	Congelada	120g/L

Nota: PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada. (Los autores, 2025)

8. Maduración: Terminada la fermentación se retiró el aire y los airlock de los fermentadores, se realiza una maduración a 4°C durante 14 días utilizando un refrigerador “Biobase”.

9. Acondicionamiento: Pasada la etapa de maduración la cerveza se trasvasó a botellas color ámbar lavadas y autoclavadas, luego se añade sacarosa en una concentración de 6g/L, además de la levadura Saf-Brew WB-06, luego son selladas con sus respectivas tapas y se deja fermentar a 25°C por 14 días para poder realizar una gasificación natural.

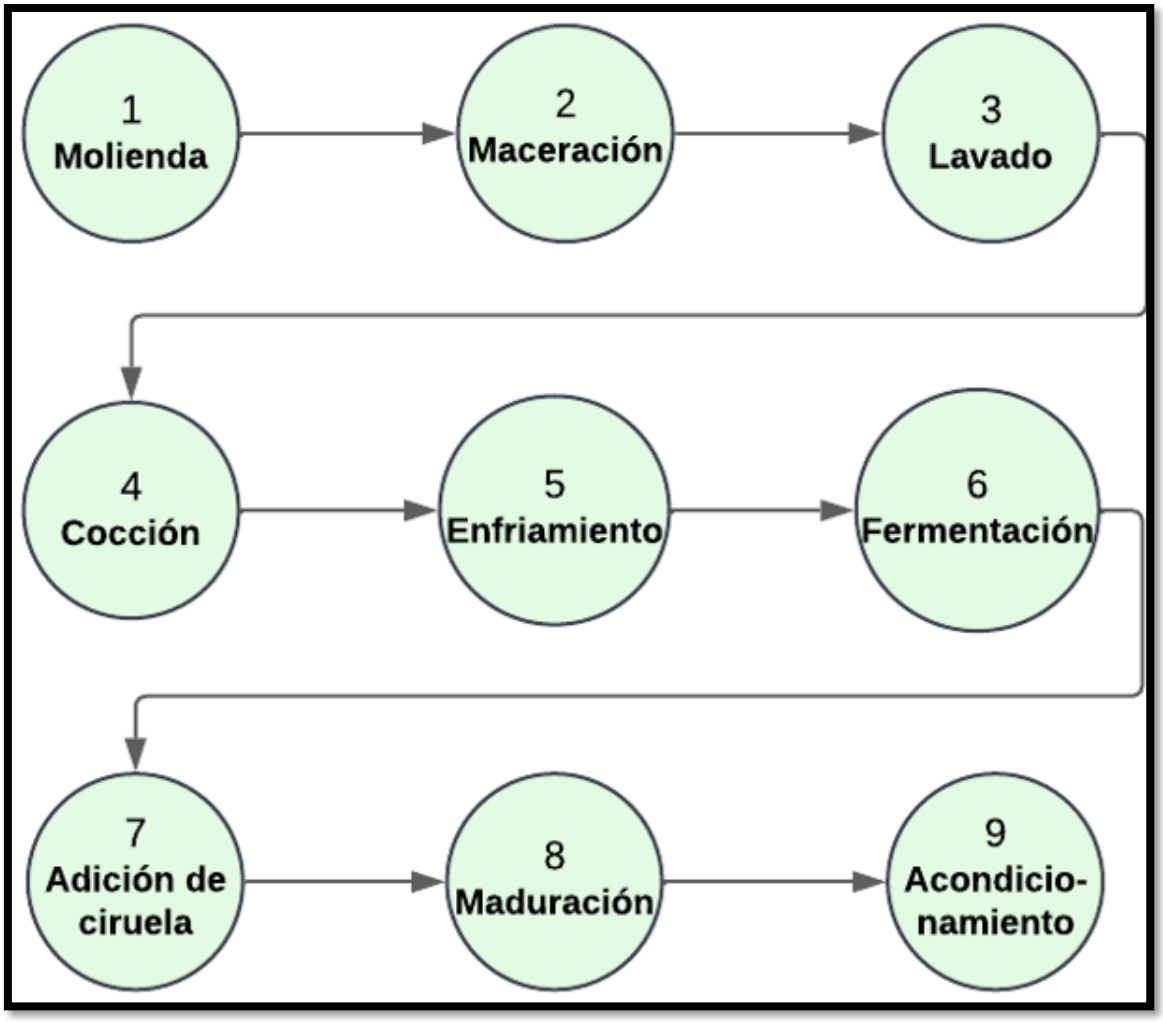


Figura 4. Diagrama básico de elaboración de la cerveza. (Los autores, 2025).

3.3. Pruebas organolépticas

Se llevaron a cabo pruebas organolépticas con la participación de 10 catadores, de acuerdo con el procedimiento del "Beer Sensory Evaluation Program" de (Association, 2021).

En estas pruebas se evaluaron los siguientes aspectos: apariencia, aroma, sabor, sensación en boca, regusto, aceptación general, atributos específicos, los datos obtenidos se sometieron a análisis estadísticos para identificar diferencias significativas y evaluar la percepción sensorial del producto.

3.4. Análisis fisicoquímico

Para analizar las muestras se realizó la filtración mediante membranas de 0.45 µm para desintegrar las partículas que se encuentren en suspensión, mientras que la eliminación del dióxido de carbono se llevó a cabo por el ultrasonido BioFree en lapso de 10 minutos con la temperatura regulada a 25 °C de acuerdo con el protocolo establecido por Merck (2021).

3.4.1. Contenido de alcohol

La medición del contenido alcohólico se realizó conforme a la norma INEN 2322, utilizando un densímetro digital Density2Go – Mettler Toledo en la configuración de v/v% para alcohol.

3.4.2. pH

El pH se midió según la norma INEN 2325, empleando un potenciómetro digital Mettler Toledo S220-K-US.

3.4.3. Densidad

Para la medición de la densidad, se usó el refractómetro MA871 de la marca Milwaukee, encerándolo con agua, posterior se añadió la muestra con una pipeta Pasteur para su posterior lectura, cabe recalcar que este procedimiento se realiza después del proceso de fermentación, para con los valores obtenidos calcular la densidad utilizando la fórmula que se aprecia en la Figura 5 (METTLER TOLEDO, 2023).

$$Densidad = 1 + (°Brix * 0.00385)$$

Figura 5. Fórmula para calcular densidad a partir de grados °Brix

Nota. Información obtenida de AOAC (2000).

3.4.4. Colorimetría

El análisis se realizó mediante el espectrofotómetro HACH DR6000, el cual mide la absorbancia de la cerveza a una longitud de onda de 430 nm. Para ello la muestra filtrada se coloca en una celda, tras calibrar el equipo con agua destilada, se registra el valor de absorbancia, dicho valor se multiplica por un factor estándar de 12.7 para la escala SRM, obteniendo así el valor final del color de la cerveza. (Smith & Brown, 2021).

3.4.5. Tamizaje Químico

Las pruebas de tamizaje químico a realizar están basadas en la metodología propuesta por García et al., (2019):

Fenoles

Se tomaron 5 mL de muestra de cerveza, se añadió 3 gotas de cloruro férrico para identificar fenoles. Un cambio de color a azul oscuro sugiere la presencia de fenoles o tipo pirogálicos, si el cambio es a verde oscuro indica la presencia de fenoles o taninos que pertenecen al tipo catecol.

Flavonoides

Se tomó 5 mL de muestra, evaporados a 100°C utilizando una estufa Memmert Universal U. El residuo obtenido se disolvió en 2 mL de metanol caliente, seguido de la adición de limadura de Mg y 1 mL de HCL. Posteriormente, la mezcla se incubó por 10 minutos, si la prueba es positiva se aprecia un cambio de color a naranja, rosa, azul o violeta.

Carbohidratos

Se tomó 5 mL de muestra y se le agregó 1 mL de Reactivo de Fehling, se dejó en reflujo 30 min, un sedimento color café indica la presencia de azúcares reductores.

Taninos

Se tomó 3 mL de muestra y se añadió a una solución de 2 mL de agua se le añadieron de 3 a 4 gotas de $FeCl_3$. Un cambio de color a azul revela la presencia de taninos gálicos, mientras que una tonalidad verde indica la presencia de taninos catéquicos.

Saponinas

Se diluyó 1 mL de muestra en 9 mL de agua destilada, colocándolo en un tubo Falcon de 15 mL, se agitó durante 30 segundos y se dejó reposar 15 min. Si la altura de espuma es menor a 5 mm se considera negativo para saponinas, si la espuma presenta una altura de 5-10 mm presenta un contenido moderado y una altura 15 mm o más significa un alto contenido en saponinas.

Esteroides

Se seleccionó 1 mL de muestra y se la colocó en una estufa Memmert Universal U a 100 °C, al residuo se le añadieron 4-5 gotas de cloroformo, se integraron bien y se distribuyeron a 2 tubos de vidrio con tapa. Se agregaron 2 gotas de anhídrido acético a cada tubo y una gota de ácido sulfúrico a uno de los tubos para que el restante sirva decontrol negativo, en caso de presentar una coloración azul o verde indica presencia de esteroides, en caso de ser rojo, rosado o violeta es presencia de triterpenos y amarillo pálido para esteroides

Cumarinas

Se tomó 5 mL de muestra y se evaporó a 100 °C utilizando una estufa Memmert Universal U, el residuo se disolvió en 1 mL de agua hirviendo, aplicando la muestra con capilar 2 gotas en papel filtro, se aplicó en una de las dos manchas 1 gota de KOH 0.5 M, la prueba es positiva si presenta fluorescencia a una longitud de onda de 366 nm utilizando una lámpara UV Spectroline ENF-240C.

Alcaloides

Se tomó una alícuota de 10 mL de cerveza y se la deja secar a baño Maria Daihan Scientific WB-6 hasta obtener un residuo el cual se diluye con 3 mL de HCL a una concentración del 2%. Se alicuotaron en 3 tubos distintos y se les añadió 2 gotas del reactivo de Mayer, Wanger y Dradendoff por separado. El resultado positivo para el reactivo de Dradendoff es un precipitado de color o marrón anaranjado, para Mayer un precipitado blanquecino y Wanger un marrón rojizo

Lactonas sesquiterpénicas

Se tomaron 5 mL de muestra y se adicionó de 3 a 4 gotas del reactivo de Baljet, el cual presentará un cambio de coloración de naranja a rojo en presencia de lactonas sesquiterpénicas.

3.5. Análisis de capacidad antioxidante

3.5.1. Ensayo DPPH

El procedimiento está basado en la metodología propuesta por Williams et al. (1995). Se preparó el reactivo de DPPH (en ausencia de luz) a una concentración de 0.5 mg/mL en etanol 96%, también se preparó una solución de ácido ascórbico al 0.5 mg/mL en etanol 96% que será utilizado como estándar, ambos reactivos se disolvieron utilizando el ultrasonido BioFree.

Las muestras de cerveza se diluyeron con etanol al 96% hasta llegar a una concentración de 4mg/mL

Para determinar la curva de calibración tanto estándar como muestra se pasaron a viales ámbar y se añadieron las cantidades correspondientes descritas en la Tabla 6:

Tabla 6.

Volúmenes para utilizar en ensayos de DPPH

#	Muestra uL	Etanol 96% uL	DPPH uL
Blanco	0	100	2900
1	5	95	2900
2	10	90	2900
3	20	80	2900
4	50	50	2900
5	80	20	2900
6	100	0	2900

Nota: Datos obtenidos de Williams et al. (1995).

Se añadió 2900 uL del reactivo de DPPH en todos los viales procurando realizarlo de la manera más rápida posible para que todos tengan el mismo tiempo de incubación de 5 a 10 minutos a temperatura ambiente, pasado el tiempo configuramos el espectrofotómetro UV VIS HACH DR6000 a 517 nm y se procedió a leer las muestras utilizando las celdas respectivas del equipo.

3.5.2. Ensayo ABTS

El procedimiento está basado en la metodología propuesta por Roberta et al. (1999). Se inició preparando el reactivo (en ausencia de luz) con 48 mg de ABTS y 8 mg

de persulfato de sodio, disueltos en 25 mL de agua destilada, esta solución se dejó reposar por 12 a 16 horas a temperatura ambiente. También se preparó el estándar con ácido ascórbico a 0.5 mg/mL en etanol al 96% y se disolvió utilizando el ultrasonido BioFree. Por otra parte, las muestras se diluyeron en una relación de 3.84 uL/mL de etanol 96%.

Una vez transcurridas las 12-16 horas del reactivo de ABTS, a este mismo se le añadió etanol al 96% hasta llegar a una absorbancia de 0.7 a 0.02 nm utilizando espectrofotómetro UV VIS HACH DR6000 a 734 nm.

Listas las soluciones de muestras, estándar y reactivos, se procedió a pasar a viales ámbar y se añaden las cantidades correspondientes descritas en la Tabla 7:

Tabla 7.

Volúmenes para utilizar en ensayos de ABTS

#	Muestra uL	Etanol 96% uL	ABTS uL
Blanco	0	100	2900
1	5	95	2900
2	10	90	2900
3	20	80	2900
4	50	50	2900
5	80	20	2900
6	100	0	2900

Nota: Datos obtenidos de Williams et al. (1995).

Se añadió 2900 uL del reactivo de ABTS en todos los viales procurando realizarlo de la manera más rápida posible para que todos tengan el mismo tiempo de incubación el cual es de 5 a 10 minutos a temperatura ambiente, pasados el tiempo configuramos el espectrofotómetro UV VIS HACH DR6000 a 734 nm y se procedió a leer las muestras utilizando las celdas respectivas del equipo.

3.5.3. Análisis estadístico

Una vez obtenidas las absorbancias se procedió a calcular los porcentajes de inhibición utilizando la formula detallada en la figura 6:

$$\%\ inhibici\grave{o}n = 1 - \left(\frac{AA}{AB}\right) \cdot 100$$

Figura 6. Fórmula para calcular el % de inhibición de los ensayos de DPPH y ABTS

Nota. AA= Absorbancia de la muestra, AB= Absorbancia del blanco. Información obtenida de Roberta et al. (1999).

Con estos valores se realizó la regresión lineal entre el porcentaje de inhibición y la concentración de la muestra, obteniendo así la ecuación de la recta y los coeficientes de a y b.

Para calcular el IC50 se utilizó la formula descrita en la Figura 7:

$$IC50 = \frac{(50 - b)}{a}$$

Figura 7. Fórmula para calcular el IC50 de los ensayos de DPPH y ABTS

Nota. a y b corresponden a los coeficientes de la recta obtenida de la regresión lineal. Información obtenida de Roberta et al. (1999).

Para el análisis de los resultados obtenidos del IC50 se utilizó el software estadístico SPSS Statistics versión 30.0.0.0. Se evaluaron los resultados con la prueba de normalidad de Shapiro & Wilk y un valor de nivel de significancia de 0,05. Se empleó la prueba de Kruskal Wallis con categorización por comparación (DATAtab, 2025).

3.6. Análisis microbiológico

Se siguió la metodología especificada por 3M (2017). Se realizaron diluciones seriadas en tubos Falcón de 15 mL por duplicado hasta 10^{-3} poniendo 1 mL de muestra por cada 9 mL de agua destilada estéril. Se colocó 1 mL de cada dilución en placas rápidas de Petrifilm 3M para recuento de aerobios y para recuento de mohos y levaduras, se extendió con el aplicador para posteriormente incubarlas a 30 °C por 48 horas para el caso de aerobios mesófilos, en el caso de mohos y levaduras se incuba 25 °C por 5 días.

Capítulo 4

4. Resultados y discusión

4.1. Rendimiento de la obtención de material vegetal

Se obtuvo un rendimiento del 82% producto del despulpado y descascarado del fruto, dado que cierta parte se pierde en el peso de la semilla lo que concuerda el proceso realizado por Akram et al. (2021), la representación gráfica se aprecia en la Figura 8:

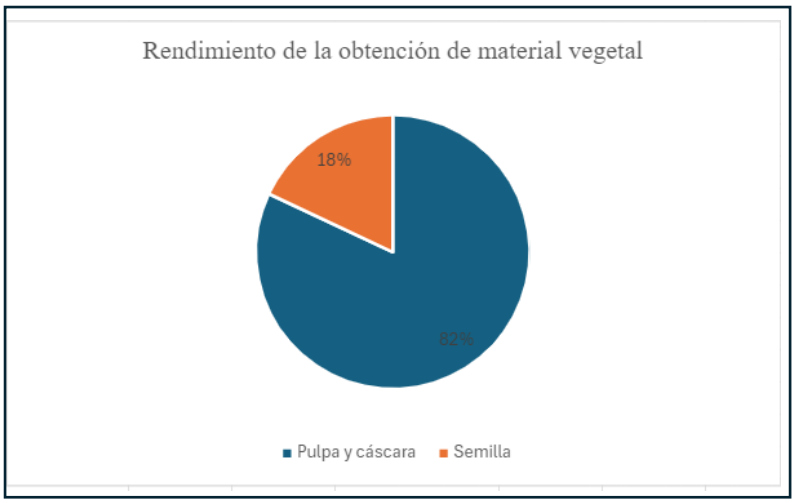


Figura 8.Gráfico de pastel del porcentaje de rendimiento posterior al proceso de obtención de material vegetal.

Nota. (Los autores, 2025).

4.2. Rendimiento de la cerveza artesanal

El rendimiento de la elaboración de cerveza fue 52%, gran parte del agua que ingresa al proceso se pierde tanto en forma de absorción en las maltas y trigo, cierta parte se pierde en forma de evaporación al momento de la cocción y en trasvases para eliminar gran parte de sedimentos, lo que concuerda el proceso realizado por Fanari et al. (2020) la representación gráfica se aprecia en la Figura 9:

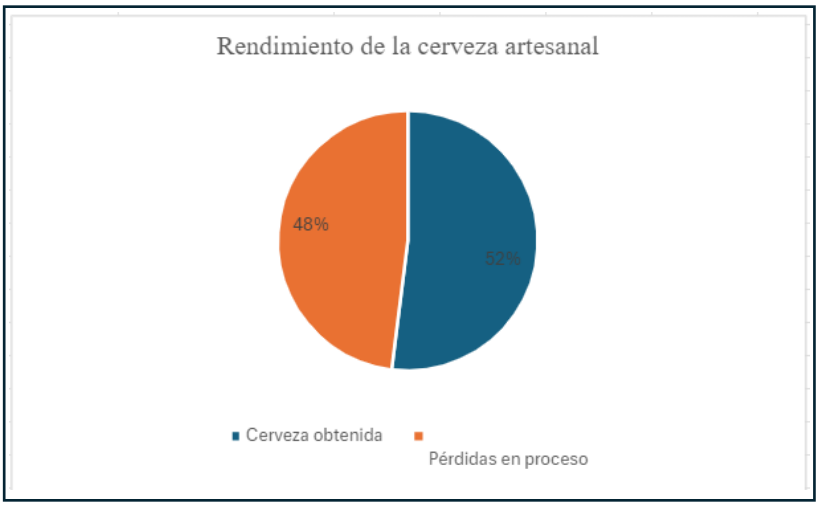


Figura 9.Gráfico de pastel del porcentaje de rendimiento posterior al proceso de elaboración de cerveza artesanal.

Nota. (Los autores, 2025).

4.3. Descripción organoléptica

La evaluación sensorial de la cerveza artesanal refleja resultados que van sincronizadas con las características ideales del estilo witbier según lo establecido en BJCP (2021) y descrito en la Tabla 8.

Tabla 8.

Características organolépticas

Parámetro	Característica	Aceptación
Aroma	Herbal	90%
Color	Amarillo	95%
Apariencia	Pálida	100%
Sabor	Pan	90%
Sensación en boca	Ligero	100%

Nota. (Los autores, 2025).

El 90% de los catadores destacan el aroma herbal, el cual se complementa con las notas frutales de la ciruela, es importante conseguir un equilibro entre los aromas presentes en la cerveza para no opacar una de sus características principales. El 95% de los encuestados la encasilló en color amarillo y el 100% de apariencia pálida, ratificando que de manera visual la cerveza se consiguió, complementado por la turbidez esperada en una cerveza artesanal estilo witbier.

Por otro lado, el 90% de los catadores percibieron como predominante al sabor a pan, lo que refleja la consecución de balance esperado entre la malta y notas aportadas por la ciruela. Esto indica que los ingredientes usados tuvieron una interacción adecuada. Todos los encuestados coinciden que la sensación en boca es ligera, cumpliendo a cabalidad con la textura deseada en una witbier. En conjunto, estas características visuales y sensoriales conseguidas en la cerveza artesanal coinciden con la guía descrita en BJCP (2021)

4.4. Caracterización de propiedades fisicoquímicas

4.4.1. Propiedades Físicas

La adición de frutas en la producción de cervezas artesanales importante en referencia de los parámetros fisicoquímicos; en este análisis, los valores obtenidos de la densidad guardan estrecha relación con el control (1.0431 g/mL), lo que interpreta que los azúcares fermentables de la fruta adicionada se metabolizaron con éxito, menos en el caso del tratamiento de la cáscara liofilizada (CL, 1.0462 g/mL), donde la existencia de estructuras no fermentables interfiere. En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos durante las pruebas físicas:

Tabla *9*.

Resultados de pruebas físicas realizadas a las cervezas

	PL	**CL**	**PC**	**CC**	**C**
Densidad g/mL	1.0416	1.0462	1.0404	1.0416	1.0431
% Alcohol	8	8	7	7	8
pH	4.3	4.3	3.5	3.5	4
Colorimetría	18.18	8.81	15.64	8.77	10.92

Nota. PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada, C: Control. (Los autores, 2025)

Por otro lado, el contenido de alcohol las cervezas con la cáscara y pulpa liofilizada (PL y CL) presentan el mismo porcentaje que el control (C, 8%), mientras que las cervezas de cáscara y pulpa liofilizada (CC y PC) presentan menor porcentaje de alcohol (7%) lo que deja en evidencia la posible fermentación incompleta.

Estos resultados se relacionan con estudios como el realizado por Gaviria (2019), donde se resalta la importancia de ajustar la cantidad de fruta que se añadirá al proceso para optimizar la fermentación, garantizar la calidad y estabilidad del producto

La colorimetría y el pH sufren alteraciones importantes dependiendo del tratamiento. Las cervezas con cáscara, pulpa liofilizada y control (PL, CL , C) presentan pH óptimo igual o mayor a 4 acorde al estilo de cerveza escogido, los tratamientos de pulpa y cáscara congelada (PC y CC) presentan menor pH (3.5) difiriendo de lo ideal para considerarse witbier. Los tratamientos de CL Y CC mantienen valores claros, acorde a los rangos establecidos del estilo, mientras que PL y PC registran valores mayores debido a la transferencia de pigmentos por parte de la fruta. De acuerdo con Ciencia y Tecnología Alimentaria (2024), estas variaciones son normales en cervezas artesanales con frutas, realzando la importancia de la necesidad de mantener un equilibrio de los perfiles sensoriales para llenar las expectativas del producto sin atentar contras las características únicas del estilo.

4.4.2. Tamizaje Químico

Los resultados que se obtuvieron del tamizaje químico de las cervezas artesanales señalan gran concentración de carbohidratos y fenoles, incluso los tratamientos de fruta liofilizada (PL y CL) lo que se relaciona con lo obtenido por Fernández et al. (2020), quienes resaltan los fenoles que aporta la fruta influyen en el perfil antioxidante de las cervezas, en especial los tratamientos que emplean concentración de compuestos bioactivos, como la liofilización. La fruta aporta carbohidratos que influyen en el cuerpo y la sensación en boca de la cerveza, lo que coincide con Lee y Kim (2021), quienes o reaccionaron con la densidad perceptible del producto.

Las cumarinas y los taninos se constata una presencia moderada en las cervezas elaboradas con frutas congelada (PC y CC), esta información obtenida se relaciona con lo descubierto por Silva y Almeida (2019), quienes demostraron que el tratamiento de las frutas puede generar alteraciones en la liberación de estos compuestos al mosto; Mientras las cumarinas contribuyen con matices dulces, característicos de la ciruela, los taninos aportan astringencia al perfil sensorial. La ausencia de flavonoides y otros compuestos bioactivos importantes se puede deber al método de fermentación realizado, como se registra en el trabajo de García et al. (2022), quienes indican que ciertos metabolitos secundarios pueden verse sujetos a la degradación al someterse a una fermentación

alcohólica prolongada. la baja presencia de lactonas, ausencia de esteroides y alcaloides señalan una estabilidad química ideal en las cervezas analizadas. Según Zhang et al. (2021), la ausencia o baja concentración de estos compuestos bioactivos indican el manejo adecuado de las frutas durante el proceso de producción de la cerveza artesanal, evitando que el producto final adquiera características no deseadas, lo cual Müller Hoffman (2023) respaldan, señalando como importante este tipo de pruebas para garantizar la estabilidad del producto, los resultados de las pruebas se encuentran detallados en la Tabla 10:

Tabla *10*.

Resultados de tamizaje químico realizado a las cervezas

	PL	CL	PC	PC	C
Fenoles	+++	+++	++	++	++
Carbohidratos	+++	++	+	+	++
Taninos	++	+	+	++	+
Cumarinas	+	++	+++	++	+++
Lactonas sesquiterpenicas	-	-	-	-	-
Flavonoides	-	-	-	-	-
Esteroides	-	-	-	-	-
Alcaloides	-	-	-	-	-

Nota. +: Poca presencia, ++: Presencia moderada, +++: Presencia alta, -: Ausencia. PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada, C: Control. (Los autores, 2025)

4.5. Determinación de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de cada uno de los tratamientos se detalla a continuación en la tabla 11:

Tabla 11.

Capacidad antioxidante de los tratamientos

Tratamiento	IC 50 DPPH (µg/mL)	IC50 ABTS (µg/mL)
Estándar ácido ascórbico	6,27	3,93
PL	16,11	23,04
CL	84,41	70,16
PC	86,02	74,76
CC	145,9	120,05
C	66,69	63,83
Comercial	56,9	41,75

Nota. PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada, C: Control. (Los autores, 2025)

4.5.1. Ensayo DPPH

Los resultados obtenidos del análisis del IC50 presentan variaciones significativas en la capacidad antioxidante de los distintos tratamientos evaluados mediante el ensayo de DPPH, los cuales se aprecian en la Figura 10. La curva de calibración del estándar arrojó el valor más bajo de IC50 (6.27 µg/mL, ácido ascórbico) presentando mayor capacidad antioxidante, por otro lado, la cerveza con adición de cáscara congelada destacó con el valor más alto (145.90, CC), demostrando menor actividad antioxidante. Las cervezas que presentaron resultados similares son de pulpa congelada (86.02 µg/mL, PL) y cáscara liofilizada (84.41 µg/mL, CL) lo que pone en manifiesto su concentración media de compuestos bioactivos que aporten a la actividad antioxidante. Mientras que los mejore resultados los obtuvo la cerveza con adición de pulpa liofilizada (16.11 µg/mL, PL) de *S. purpurea*, destacando que la adición de esta fruta influye en la actividad antioxidante del producto, debido a la alta concentración de fenoles y otros antioxidantes naturales que la componen (González-Pérez et al., 2021). La inestabilidad en los resultados demuestra que tanto el tratamiento de la fruta previo a la adición, como la

estabilidad de los compuestos bioactivos afectan de manera directa al IC50 (Widyasari et al., 2023).

Comparando los resultados del tratamiento con menor IC50 (16.11 µg/mL, PL) y la cerveza comercial (56.90 µg/mL, Comercial), se ratifica que la adición de ciruela mejora de forma significativa la capacidad antioxidante. Existen más factores influyentes como el tratamiento previo de la fruta, tiempo de contacto y proporción de aditivo que repercuten en el resultado final. Así mismo, el uso de antioxidantes estándares sintéticos, como el ácido ascórbico, fortalece la importancia de experimentar con ingredientes naturales para darle valor agregado a productos como la cerveza artesanal (Li et al., 2022).

En el análisis estadístico, mediante una prueba de normalidad se demuestra que los datos no cumplen con distribución normal, debido a que el valor de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk fue menor a 0.05, el cual se aprecia en la Anexo 3. Por ende, se empleó la prueba para datos no paramétricos de Kruskal-Wallis, que corroboró la existencia de la presencia de diferencias significativas entre los datos evaluados ($p=0.005$) que se aprecia en la Anexo 3. Con esto, se corrobora que la adición de ingredientes y procesos en la producción artesanal de cervezas repercute de manera significativa en el estadístico de la capacidad antioxidante. Los resultados obtenidos realzan la importancia de realizar un análisis idóneo para interpretar de la mejor manera las diferencias, para evitar desenfoques metodológicos (Zielińska et al., 2020).

Para finalizar, es importante destacar que la capacidad antioxidante de una cerveza artesanal no solo depende de los ingredientes incorporados, también de efectores externos, como las condiciones de almacenaje, exposición a la luz, entre otros, que corren el inferir en la degradación de compuestos bioactivos, además los resultados están relacionados por la interacción de los antioxidantes con los demás compuestos que estructuran la cerveza, repercutiendo en la bioactividad del producto (Gómez-Caravaca et al., 2019).

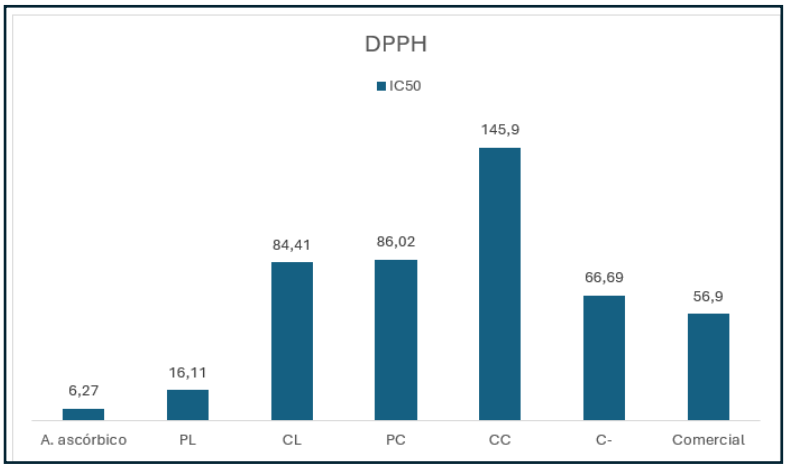


Figura 10. Gráfico de barras de valores de IC50 obtenidos del ensayo de DPPH

Nota. PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada, C: Control. (Los autores, 2025)

4.5.2. Ensayo ABTS

Los valores de IC50 conseguidos en los ensayos de ABTS revelan diferencias significativas en la capacidad antioxidante de las muestras procesadas, los cuales se aprecian en la Figura 11. El estándar de referencia presenta el IC50 más bajo (3.93 µg/mL, ácido ascórbico), ratificando su potencial. Las cervezas producidas con cáscara congelada (120.05 µg/mL, CC) y cáscara liofilizada (70.16 µg/mL, CL) presentan su IC50 elevado, influyendo en su baja capacidad antioxidante, por otro lado, la cerveza elaborada con pulpa liofilizada (23.04 µg/m, PL) de *Spondias purpurea* presenta un IC50 menor a comparación de la cerveza comercial (41.75 µg/mL, comercial), lo que permite apreciar que la adición de pulpa liofilizada (PL) brinda mejoras significativas en la capacidad antioxidante, gracias a los compuestos bioactivos que posee la fruta como, fenoles, flavonoides y vitamina C (González-Pérez et al., 2021; Li et al., 2022).

El análisis estadístico arroja que, los resultados de la prueba de normalidad muestran que los datos no cumplen con una distribución normal ($p < 0.05$) calculado en la prueba de Shapiro-Wilk que se puede observar en el Anexo 3. Es por esto que, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que ratificó diferencias significativas existentes en los tratamientos ($p = 0.005$) el cual es evidenciable en el Anexo 3. Esto resalta que la adición de ciruela aporta de manera significativa en los resultados del IC50. El uso de análisis estadísticos es de vital importancia en estudios que generan datos no paramétricos, asegurando una interpretación robusta y confiable (Zielińska et al., 2020).

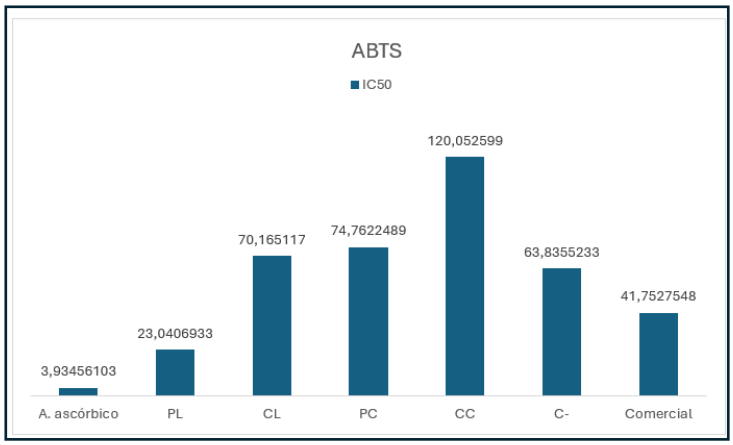


Figura 11. Gráfico de barras de valores de IC50 obtenidos del ensayo de ABTS

Nota. PL: Pulpa liofilizada, CL: Cáscara liofilizada, PC: Pulpa congelada, CC: Cáscara congelada, C: Control. (Los autores, 2025).

4.6. Cuantificación de UFC

Conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262, los productos como cervezas o similares deben cumplir con estándares microbiológicos mínimos o inexistentes para asegurar la calidad, estabilidad y seguridad del producto. De todas las muestras procesadas solo la del tratamiento de pulpa congelada (PC) presentó 10 UFC/mL de aerobios mesófilos (AM) estando por debajo de lo establecido por la norma para estos productos 80 UFC/mL, mientras que en las otras muestras no se detectó crecimiento, esto se aprecia en la Tabla 12. Con estos resultados se pone en manifiesto la buena manipulación del producto (INEN, 2019).

Tabla 12.

Recuento de UFC/mL y UP/mL de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras

	PL	**CL**	**PC**	**CC**	**C-**
UFC/mL AM	0	0	10	0	0
UP/mL MyL	2.8×10^4	2.9×10^4	3.0×10^4	5.0×10^4	5.0×10^4

Nota. AM: Aerobios mesófilos, MyL: Mohos y levaduras (Los autores, 2025)

Al analizar los resultados microbiológicos de las muestras, todos los resultados de Aerobios Mesófilos (AM UFC/mL) se posicionan en un rango de 0-10, considerado como apropiado según la noma NTE INEN2262. Por otro lado, los valores obtenidos de Mohos y Levaduras (MyL UFC/mL) presentan valores oscilan desde 2.8×10^4 hasta 5.0×10^4 siendo resultados esperados para el tipo de muestras analizadas, debido a que no han sido pasteurizadas, excediendo lo que establece la normativa, cabe recalcar que la NTE INEN 2262 funge como referencia, ya que esta norma rige a Bebidas Alcohólicas industrializadas, dejando de lado las artesanales; con el auge que experimenta este sector de la industria cervecera, se presenta como una necesidad que exista una normativa específica para este tipo de cervezas (Carvalho et al., 2020; Smith et al., 2021).

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de la cerveza artesanal en los laboratorios de "Procesos Industriales" nos permitió adaptar el proceso de fermentación para colocar el fruto de *S. Purpurea,* evitando la contaminación y obteniendo un producto apto para el consumo.

Las técnicas aplicadas en la cerveza artesanal enriquecida con *S. purpurea* durante el proceso de fermentación, nos permitieron analizar los compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, potenciando la bebida ancestral y brindando una alternativa sustentable para la sobreproducción de ciruela presente en el territorio ecuatoriano.

Gracias a la adición de esta fruta, se determinó mediante ensayos de DPPH y ABTS que el tratamiento con pulpa liofilizada presentó una mayor capacidad antioxidante con un IC50 de 16,11 para DPPH y 23,04 para ABTS y en comparación con el resto de los tratamientos, el control negativo y la cerveza comercial estilo witbier.

En cuanto a las características físicas, se obtuvo una cerveza que cumplía con la normativa INEN 2262, a su vez, con las cualidades típicas de una cerveza witbier. En el aspecto químico, se evidenció la ausencia de metabolitos no deseados, como alcaloides; sin embargo, se encontraron los metabolitos típicos de una cerveza, los cuales aportan propiedades beneficiosas a esta bebida. Siguiendo la normativa vigente para bebidas alcohólicas, se realizaron ensayos microbiológicos para garantizar la inocuidad alimentaria de la cerveza.

En general, la cerveza tuvo una buena aceptación en la cata realizada. No obstante, se identificó como punto de mejora la baja cantidad de gas y espuma. Por ello, se recomienda variar la levadura y la cantidad de azúcar añadida durante el proceso de gasificación para corregir y mejorar las falencias observadas en la cerveza.

6. Bibliografía

3M, P. (2017). *Placas para el Recuento de Aerobios, Mohos y Levaduras*.

Akram, M. E., Khan, M. A., Khan, M. U., Amin, U., Haris, M., Mahmud, M. S., ... & Lorenzo, J. M. (2021). Desarrollo, fabricación y evaluación del rendimiento de un extractor de pulpa de mango para la industria artesanal. *AgriEngineering*, *3*(4), 827-839. https://doi.org/10.3390/agriengineering3040052

Alia-Tejacal, C., et al. (2022). Antioxidant properties of tropical fruits in beer production: A review. *ScienceDirect*.

Álvarez-Vargas, F., et al. (2022). Bioactive compounds from Spondias purpurea and their role in functional foods. *ResearchGate*.

Álvarez-Vargas, J. E., Alia-Tejacal, I., Chavez-Franco, S. H., Colinas-León, M. T., Nieto-Ángel, D., Rivera-Cabrera, F., & Aguilar-Pérez, L. A. (2021). Ciruelas mexicanas (Spondias purpurea L): calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia*, *42*(10), 653-660.

Antropocene. (2023, 15 de octubre). *Spondias purpurea*. Recuperado de https://antropocene.it/es/2023/10/15/spondias-purpurea-3/

AOAC International. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed.). AOAC International.

Arteaga Cevallos, J. A., & Lucas Ormaza, M. J. (2021). Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (Artocarpus heterophyllus). *Revista Dominio de las Ciencias*, *7*(1), 112-120.

Arteaga Cevallos, M., & Lucas Ormaza, M. (2021). Incorporación de frutas ricas en antioxidantes en bebidas fermentadas: mejoras en las propiedades funcionales y fisicoquímicas. *Revista de Investigación Agroalimentaria*, *10*(2), 142-156.

Arteaga Cevallos, M., & Lucas Ormaza, M. (2021). Estudio de la capacidad antioxidante de compuestos bioactivos y su IC50 en modelos celulares. *Revista de Investigación Agroalimentaria*, *11*(3), 220-233.

Association, B. (2021). *Beer Sensory Evaluation Program*.

Balladares, L. (2019). Producción de ciruelas en el cantón Nobol: características y retos de su comercialización en Ecuador. *Estudio Agrícola del Ecuador*, *15*(1), 89-95.

Beyond Type 1. (2021). *¡Cerveza!*. Recuperado de https://beyondtype1.org/es/cerveza/

Birt, D. F., Hendrich, S., & Wang, W. (2020). *Flavonoids in health and disease*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429281393

BJCP. (2021). *BJCP Style Guidelines*. https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/

Bokulich, N. A., & Bamforth, C. W. (2022). *Brewing Microbiology: Current Research and Omics Techniques*. Caister Academic Press.

Borsa, D., et al. (2022). Impacto del uso de ingredientes naturales y bioactivos en la calidad de la cerveza artesanal. *Revista de Investigación Cervecera*, *12*(2), 95-102.

Bortoleto, G. G., & Gomes, W. P. C. (2022). Monitoring of Organic Volatile Compounds in Craft Beers During Fermentative Process. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, *11*(4). https://doi.org/10.55251/jmbfs.4761

Bortolotto, I. M., de Cássia Avellaneda Guimarães, R., Campos, R. P., da Silva Lopes, M. R., da Silva, L. P. R., Silva, R. H., Damasceno-Junior, G. A., Pott, A., & Hiane, P. A. (2021). Food Composition Data: Edible Plants in Pantanal. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69139-4_14

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1). https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Carvalho, L. F., Costa, M. J., & Ribeiro, A. C. (2020). Microbial quality and control measures in beer production. *Journal of Brewing Science*, *126*(5), 321-330.

Cervecistas. (2023). Optimización del rendimiento en la producción de cerveza: La importancia de la recirculación y el lavado del mosto. *Revista Cervecera*, *25*(1), 80-85.

Cerveza Ancestrales. (2024). *Beneficios para la salud*. Recuperado de https://www.cerveza-ancestrales.cl/beneficios-para-la-salud

Chicaiza, J. (2023). Técnicas de filtración en la producción artesanal de cerveza: Recirculación y clarificación del mosto. *Revista de Tecnología Cervecera*, *15*(3), 225-230.

Ciencia y Tecnología Alimentaria. (2024). *Vol. 9 Núm. 1 (2024): Enero-junio 2024*. Recuperado de https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/issue/view/6

Concytec. (2023). La investigación sobre la incorporación de Spondias purpurea en procesos fermentativos es escasa; sin embargo, se han realizado estudios relacionados con la producción de bebidas alcohólicas utilizando esta fruta.

Cortés-Gómez, G., Robles-Ozuna, L., & Castañón-Olivares, L. R. (2020). Sensory evaluation of craft beers: A review. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(10), 3499-3513.

Costa, J., et al. (2021). Integration of tropical fruits like Spondias purpurea into the beer industry. *Wiley Online Library*.

Cruz, D. (2023). *Diseño de un sistema de molienda para la empresa Heisenbeer*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

DATAtab. (2025). *Prueba de Kruskal-Wallis*.

Del Amazonas. (2024). *Jocote (Spondias purpurea)*. Recuperado de https://delamazonas.com/plantas/frutas/jocote/

EcuRed. (2020). *Spondias purpurea*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Spondias_purpurea

FAO. (2022). *La producción y exportación de frutas en Ecuador: Enfoque en la ciruela*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de www.fao.org.

Fanari, M., Forteschi, M., Sanna, M., Piu, P. P., Porcu, M. C., D'hallewin, G., Secchi, N., Zinellu, M., & Pretti, L. (2020). Pilot plant production of craft fruit beer using Ohmic-treated fruit puree. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(2). https://doi.org/10.1111/jfpp.14339

Ferreyra, P. (2014). Maceración: Procesos enzimáticos y su influencia en la producción cervecera. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *21*(1), 44-50.

García, M., Pérez, J., & López, R. (2023). The role of colorimetry in the sensory and quality assessment of craft beer. *BrewTech Research*, *16*(1), 50-63.

García, R., & Pérez, A. (2024). Antioxidantes en alimentos funcionales: Mediciones de IC50 y su aplicabilidad en la industria alimentaria. *Journal of Food and Chemical Biology*, *18*(4), 142-153.

García, R., & Pérez, A. (2024). Impacto de los antioxidantes en la salud humana y su potencial en la industria alimentaria. *Journal of Health and Nutrition*, *15*(3), 233-245.

García-Granados, R. U., Cruz-Sosa, F., Alarcón-Aguilar, F. J., Nieto-Trujillo, A., & Gallegos-Martínez, M. E. (2019). ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO DE LOS EXTRACTOS ACUOSOS DE *Thalassia testudinum* BANKS EX KÖNING ET SIMS DE LA LOCALIDAD DE CHAMPOTÓN, CAMPECHE, MÉXICO, DURANTE EL CICLO ANUAL 2016-2017. *Polibotánica*, *0*(48). https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.12

Gaviria, M., Rodríguez, J., & Pérez, L. (2019). *Elaboración de cerveza artesanal inspirada en el fruto carambola (Averrhoa carambola L.)*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Gómez, J., & Ruiz, F. (2022). El papel de las proteasas en la producción de cerveza artesanal: Implicaciones para la calidad del producto. *Revista Internacional de Tecnología Cervecera*, *18*(4), 342-348.

Gómez-Caravaca, A. M., et al. (2019). Phenolic content and bioactivity of functional beers.

González, J., et al. (2021). El impacto del uso de frutas en la fermentación y sabor de cervezas artesanales. *Revista de Innovación Cervecera*, *16*(2), 112-118.

González-Pérez, J., et al. (2021). Antioxidant properties of Spondias purpurea in food applications.

Grand View Research. (2023). *Craft beer market size, share & trends analysis report by product (ale, lager, stout, porter, pilsner), by age group, by distribution channel, by region, and segment forecasts, 2023-2025*. Recuperado de https://www.grandviewresearch.com

Hernández, M., & Pérez, L. (2023). La acción de las amilasas durante la maceración y su impacto en el perfil sensorial de la cerveza. *Cerveza y Ciencia*, *15*(1), 58-65.

INEN. (2013). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 262:2013*.

INEN. (2019). *Norma Técnica Ecuatoriana 2262: Cerveza. Requisitos microbiológicos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Infosalus. (2023). Los polifenoles presentes en frutas tropicales, como Spondias purpurea, tienen efectos favorables para la salud y potencial en la industria de alimentos funcionales. Recuperado de Infosalus.com.

Jackson, R. (2023). The role of flavonoids in the brewing process and product quality. *Journal of Brewing Science*, *45*(2), 115-123. https://doi.org/10.1016/j.jbrewsci.2023.02.010

Jerez-Martel, I., García-Castellano, J. M., López-Gutiérrez, A. C., & Ortega-Nieto, J. M. (2020). Polyphenols in craft beer: Impact on quality and health. *Food Chemistry*, *330*, 127145. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127145

Johnson, P. M., & Lee, A. R. (2023). Quality control in craft beer: Tools for precise gravity measurement. *BrewTech International*, *12*(1), 45-57.

León Figueroa, N. M., & Luna Coello, S. M. (2023). *Evaluación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de las hojas de ciruela (Spondias purpurea. L) en crema dermocosmética*.

Li, X., et al. (2022). Natural antioxidants in beverage production: Trends and challenges.

M. M., Zaldaña, J., Gálvez, A., Castillo, U. G., Menjívar, J., Martínez, M. L., & Nuñez, M. J. (2020). Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de la flora salvadoreña. *Revista Minerva*, *3*(2), 21-33.

Martínez, J., et al. (2021). Procesos de maceración en la producción cervecera: Un enfoque enzimático. *Estudios Cerveceros Internacionales*, *22*(3), 203-210.

Martínez, R., Pérez, A., & Castillo, J. (2023). Turbidez y su impacto en la calidad visual y sensorial de la cerveza artesanal. *Journal of Brewing and Beverage Science*, *47*(3), 89-103.

METTLER TOLEDO. (2023). *Guía de medición de densidad*. Recuperado de https://www.mt.com/mx/es/home/library/tips-and-tricks/lab-analytical-instruments/density-measurement-guide.html

Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2020). Brewing technology innovations: Opportunities to enhance quality and sustainability. *Journal of Food Engineering*, *277*, 109707. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109707

Oddone, S. (2022). *Beer Carbonation*. Editorial Autores de Argentina.

Pérez, A., Cruz, A., & Colinas, M. T. (2019). Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (Spondias purpurea L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, *38*(4), 377-384.

Program, B. J. (2021). *BJCP Style Guidelines*. https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/

Ramírez, M., et al. (2022). Frutas en la producción de bebidas fermentadas: Nuevas tendencias y beneficios nutricionales. *Journal of Fermentation Studies*, *14*(4), 145-151.

Ramírez-Rojo, F., Rodríguez, L., & Sánchez, M. (2019). Propiedades antioxidantes de los flavonoides y su aplicación en la alimentación funcional. *Journal of Food Science and Technology*, *12*(5), 420-431.

Ramírez-Rojo, F., Rodríguez, L., & Sánchez, M. (2020). El uso del IC50 en la evaluación de la capacidad antioxidante de plantas y extractos naturales. *Journal of Food Science and Technology*, *13*(1), 89-97.

Ramírez-Rojo, M. I., Vargas-Sánchez, R. D., Hernández-Martínez, J., Martínez-Benavidez, E., Sánchez-Escalante, J. J., Torrescano-Urrutia, G. R., & Sánchez-Escalante, A. (2019). Actividad antioxidante de extractos de hoja de mezquite (Prosopis velutina). *Biotecnia*, *21*(1), 113-119.

Rathore, A. S., Pagano, M., Capozzi, V., & Spano, G. (2021). Craft beers: Chemistry, sensory profiles, and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, *112*, 27-37. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.010

Re, R., Nicoletta, P., Anna, P., Ananth, P., Min, Y., & Catherine, R.-E. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, *26*(9-10).

Revistas UNJFSC. (2021). Estudio comparativo de la capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales.

Ribeiro, A., et al. (2024). Chemical properties and potential applications of Spondias purpurea in functional foods and beverages. *MDPI*.

Rocha, L., et al. (2020). Sustainability of tropical fruit-based fermentation in craft brewing. *SpringerLink*.

Rodríguez, L., Gutiérrez, J., & Pérez, A. (2022). Calidad postcosecha de Spondias purpurea en diferentes etapas de maduración. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *13*(2), 120-130.

Sarıtaş, S., Mondragon, A., Miranda, J., Lombardo, M., Koch, W., Raposo, A., ... & Karav, S. (2024). The Impact of Fermentation on the Antioxidant Activity of Food Products.

Siqueira, F. G., Oliveira, M. S., & Soares, C. M. (2021). Influence of hop and malt varieties on antioxidant activity of craft beers. *Food Research International*, *141*, 110156. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110156

Slowbeer. (2023). Técnicas tradicionales de maceración: La decocción y su impacto en la producción de cerveza. Recuperado de [Slowbeer.com Smith, J. R., & Brown, K. L. (2022). Advances in brewing science: Monitoring specific gravity in craft beer production. *Journal of Brewing Science and Technology*, *38*(2), 124-135.

Smith, J. R., Lee, T. Y., & Gomez, H. M. (2021). Contamination risks in craft beer production: A microbiological review. *International Journal of Food Microbiology*, *145*(4), 112-119.

Turc, X. (2018). *Diseño de una planta de cerveza artesanal*. ETSIEB.

Widyasari, A., et al. (2023). Impact of natural extracts on functional beverages.

Yair E. Garcia-Pacheco, D. C. (2023). Determinación de los grados de maduración de la ciruela (Spondias purpurea L.) cultivada en Baranoa-Colombia. Prospectiva, 21(1).

YoLong Brewtech. (2020). ¿Cuáles son los beneficios de la cerveza artesanal? Recuperado de https://yolongbrewtech.com/es/what-are-the-benefits-of-craft-beer/

Zielińska, D., et al. (2020). Application of statistical models in antioxidant research.

7. Anexos

Anexo *1*.

Proceso de elaboración de cerveza artesanal

Fase 1

Elaborado por: Los autores (2024)

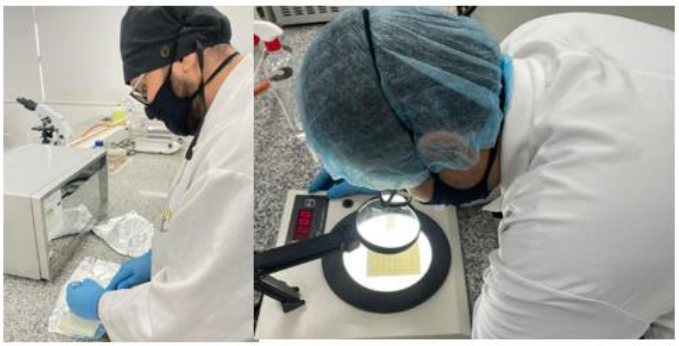
Fase 2

Elaborado por: Los autores (2025)

Anexo *2*.

Pruebas realizadas

Pruebas microbiológicas

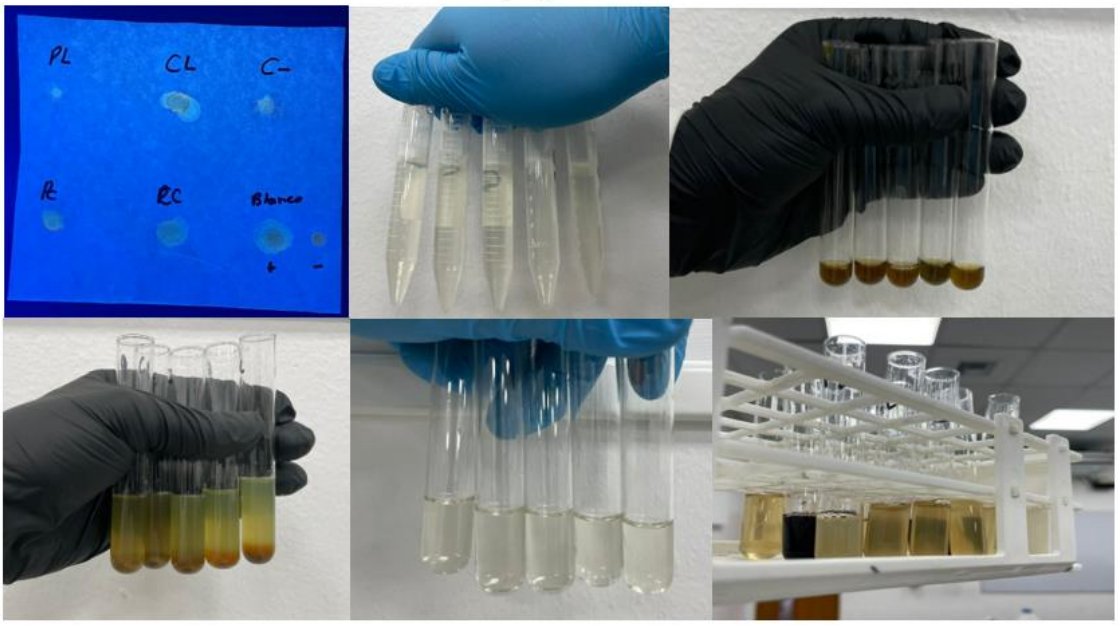


Elaborado por: Los autores (2025)

Pruebas organolépticas

Elaborado por: Los autores (2025)

Tamizaje químico



Elaborado por: Los autores (2025)

Anexo 3.

Resultado de análisis estadístico

DPPH

Estadísticos de prueba[a,b]

	IC50
H de Kruskal-Wallis	16,579
gl	5
Sig. asin.	,005

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IC50	,182	21	,067	,895	21	,029

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaborado por: Los autores (2025)

ABTS

Estadísticos de prueba[a,b]

	IC50
H de Kruskal-Wallis	16,579
gl	5
Sig. asin.	,005

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS

Pruebas de normalidad

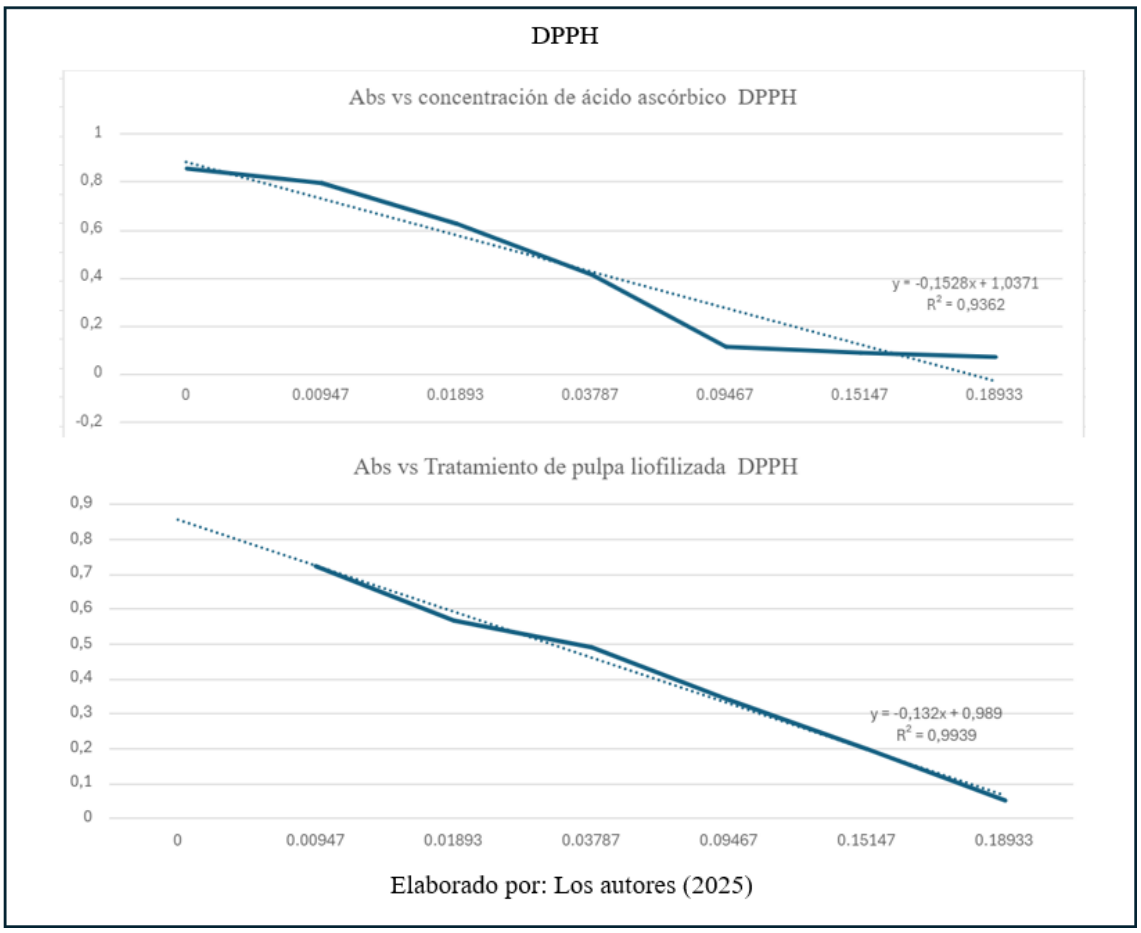
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IC50	,210	18	,035	,890	18	,039

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaborado por: Los autores (2025)

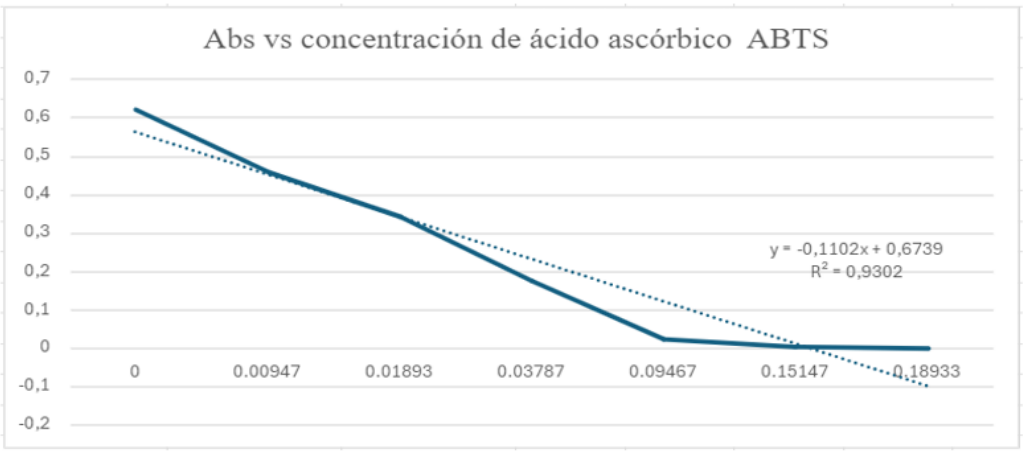
Anexo 4.

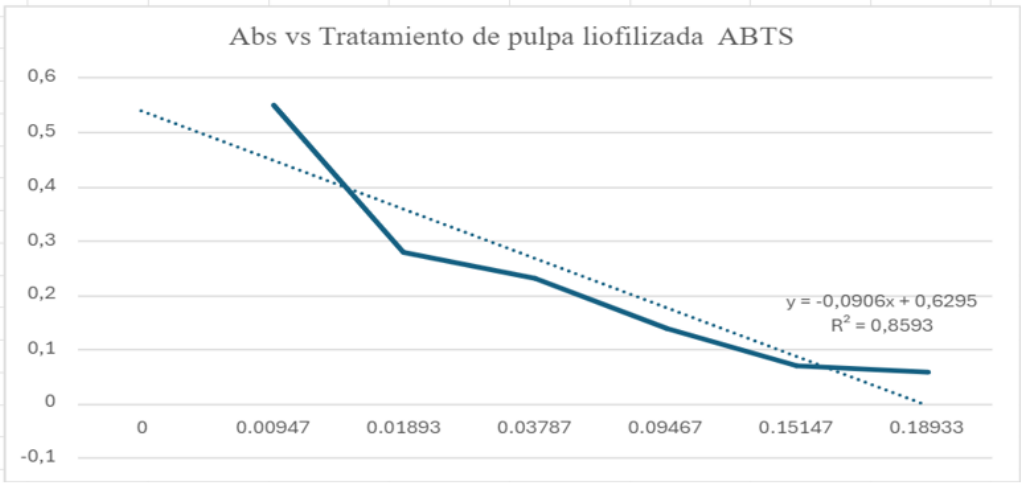
Gráficos de regresión lineal de estándar y tratamiento con pulpa liofilizada en ensayos de DPPH y ABTS.



Elaborado por: Los autores (2025)

ABTS

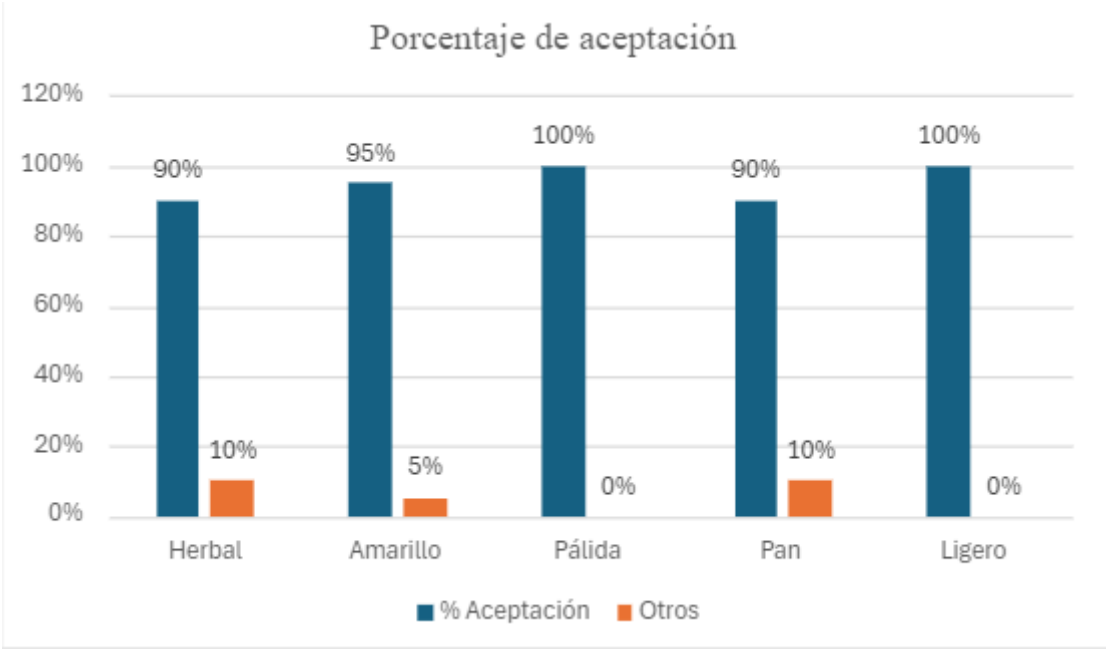




Elaborado por: Los autores (2025)

Anexo 5.

Gráfico de barras combinadas de las características organolépticas y porcentajes de aceptación.



Elaborado por: Los autores (2025)