



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

**Elaboración de cerveza artesanal a base de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y
pitahaya (*Hylocereus undatus*)**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Autora

Cecilia Cordova Justo

Asesor

Mg. Percy Bernardo Sulca Martinez

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Cordova Justo, Cecilia	73225712	25/07/2024
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Mg. Sulca Martinez, Percy Bernardo	44315525	0000-0003-1246-6441
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Miranda Cabrera, Danton Jorge	07046189	0000-0003-2594-4000
Dr. Vasquez Clavo, Guillermo Napoleon	06100596	0009-0008-7975-1339
M(o). Caro Degollar, Edson Max	45593669	0000-0001-7156-6691

ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE FLOR DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*) Y PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	3%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	1library.co Fuente de Internet	<1%
5	revistas.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	www.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mi madre, quien con su amor incondicional y apoyo constante ha sido mi mayor inspiración y fortaleza en este camino hacia la culminación de mis estudios y de este proyecto. Su sacrificio y dedicación son el motor que impulsa mis logros, te amo mamá.

A mi familia, por su comprensión, paciencia y aliento durante todos estos años. Su amor y respaldo han sido fundamentales para alcanzar este sueño.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Jehová por la bendición y sabiduría al haber sabido guiarme y a ver estado conmigo en todo momento a lo largo de mi vida como en la culminación de este proyecto.

A mi familia, quiero expresarles mi profundo agradecimiento por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y comprensión durante este desafiante proceso. Su aliento ha sido mi mayor motivación y fortaleza.

A mi asesor, el Mg. Percy Bernardo Sulca Martínez y al Dr. Danton Jorge Miranda Cabrera, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Sus conocimientos y consejos han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de esta tesis.

A todos mis profesores y a mi alma mater UNJFSC por nuestra formación profesional. También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a amigos por su apoyo incondicional y palabras de aliento durante esta investigación.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en cada etapa de este viaje académico, compartiendo risas, lágrimas y momentos de inspiración. Su compañía ha hecho más ligero el peso de los desafíos y más valiosos los triunfos.

INDICE

Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Resumen	XI
Abstract	XII
Introducción	XIII
Capítulo I. Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación teórica	4
1.4.2. Justificación práctica	4
1.4.3. Justificación social	4
1.5. Delimitación del estudio	5
1.5.1. Delimitación temporal	5
1.5.2. Delimitación espacial	5
1.6. Viabilidad del estudio.....	5
Capítulo II. Marco teórico	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Cerveza artesanal.....	10
2.2.2. Flor de jamaica.....	15
2.2.3. Pitahaya	18
2.3. Definición de términos básicos	20

2.4. Hipótesis de la investigación	21
2.4.1. Hipótesis general	21
2.4.2. Hipótesis específicas.....	22
2.5. Operacionalización de las variables.....	23
Capítulo III. Metodología.....	24
3.1. Diseño metodológico	24
3.1.1. Tipo de investigación	24
3.1.2. Nivel de investigación	24
3.1.3. Diseño de investigación.....	24
3.1.4. Enfoque de investigación.....	26
3.2. Población y muestra	27
3.2.1. Población.....	27
3.2.2. Muestra	27
3.2.3. Técnicas a emplear.....	27
3.3. Análisis experimentales	33
3.4. Técnicas para el procedimiento de la información.....	33
Capítulo IV. Resultados.....	34
4.1. Análisis de resultados	34
4.1.1. Análisis de la materia prima	34
4.1.2. Formulación de la cerveza artesanal para su elaboración	35
4.1.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos de la cerveza base	36
4.1.4. Evaluación sensorial	58
4.1.5. Determinación de la capacidad antioxidante de la cerveza artesanal.....	67
4.2. Contratación de hipótesis	68
Capítulo V. Discusion.....	71
5.1. Discusión de resultados	71
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones.....	73
6.1. Conclusiones.....	73
6.2. Recomendaciones.....	73
Capítulo VII. Referencias	74
Anexos.....	77

INDICE DE TABLAS

Variedades de lúpulo y sus niveles típicos de alfa ácidos.....	14
Composición nutricional por cada 100 gramos de la flor de Jamaica.....	18
Valor nutricional del fruto de la pitahaya (<i>selenicereus undatus</i>)	19
Operacionalización de variables	23
Tratamientos del diseño experimental en estudio	26
Formulación de cerveza artesanal a base de flor de Jamaica (<i>hibiscus sabdariffa</i>) y pitahaya (<i>hylocereus undatus</i>).	26
Caracterización fisicoquímica de la infusión de flor de Jamaica y extracto de pitahaya	34
Caracterización fisicoquímica del agua tratada.	34
Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base.....	35
Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base.....	35
Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base.....	36
Formulación de los tratamientos.....	36
Acidez titulable de la cerveza base durante el proceso de fermentación.....	37
Acidez inicial de maduración en la cerveza formulada con ifj y edp.....	38
Acidez final de maduración de la cerveza formulada con ifj y edp.	38
Acidez titulable del producto final por tratamiento.....	39
Anova para acidez titulable del producto final entre tratamientos	39
Prueba de rango múltiple de duncan para acidez titulable entre tratamientos	40
Grado alcohólico de la cerveza base durante la fermentación.	41
Grado alcohólico del producto final por tratamiento	42
Anova para el grado alcohólico del producto final entre tratamientos	42
Grados brix de la cerveza base durante el proceso de fermentación.....	43
Grados brix de los tratamientos al inicio del proceso de maduración.....	44
Grados brix de los tratamientos al final del proceso de maduración.	45
Grados brix del producto final por tratamiento.....	45
Anova para el brix (% m/m) del producto final entre tratamientos.....	46
Prueba de rango múltiple de duncan para brix (% m/m) entre tratamientos.....	46

Densidad de la cerveza base durante el proceso de fermentación.	48
Densidad del producto final por tratamiento.	49
Anova para la densidad del producto final entre tratamientos	49
Ph de la cerveza base durante el proceso de fermentación.....	50
Ph inicial de maduración en la cerveza formulada con ifj y edp.	51
Ph final de maduración en la cerveza formulada con ifj y edp.	52
Ph del producto final por tratamiento.....	52
Anova para la densidad del producto final entre tratamientos	53
Prueba de rango múltiple de duncan para ph del producto final entre tratamientos	53
Tds de la cerveza base durante el proceso de fermentación.....	54
Tds inicial de maduración en la cerveza formulada con ifj y edp.....	55
Tds final de maduración en la cerveza formulada con ifj y edp.	55
Tds del producto final por tratamiento	56
Anova para la densidad del producto final entre tratamientos	56
Prueba de rango múltiple de duncan para ph del producto final entre tratamientos	57
Análisis de friedman por rangos para el atributo sabor.....	58
Comparaciones múltiples para el atributo sabor	59
Subconjuntos homogéneos para el atributo sabor	60
Análisis de friedman por rangos para el atributo aroma.	60
Análisis de friedman por rangos para el atributo color.....	61
Análisis de friedman por rangos para el atributo transparencia.....	62
Comparaciones múltiples para el atributo transparencia	63
Subconjuntos homogéneos para el atributo transparencia	64
Análisis de friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad	64
Comparaciones múltiples para la apreciación general	65
Subconjuntos homogéneos para alfa=0,050 de la apreciación general.....	66
Orden de posición del tratamiento por aceptabilidad.....	67
Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de los tratamientos.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición, parámetros de calidad del lúpulo.	13
Figura 2. Pellets de lúpulo en la elaboración de cerveza.....	13
Figura 3. Cultivo de la flor de Jamaica	16
Figura 4. Flor de Jamaica en la planta	17
Figura 5. Fruto de la pitahaya.....	19
Figura 6. Esquema del diseño de investigación.....	25
Figura 7. Flujograma para la obtener infusión de flor de Jamaica y extracto de pitahaya.	28
Figura 8. Flujograma para la obtención de cerveza artesanal con extracto de pitahaya e infusión de flor de Jamaica.	32
Figura 9. Curva de acidez de la cerveza base durante la fermentación.	37
Figura 10. Comparación de la acidez del producto final entre tratamientos.	40
Figura 11. Curva del % alcohol de la cerveza base durante la fermentación.	41
Figura 12. Curva de los grados brix de la cerveza base durante la fermentación.....	44
Figura 13. Comparación de brix (% m/m) del producto final entre tratamientos.....	47
Figura 14. Curva de la densidad durante la fermentación.	48
Figura 15. Curva del potencial hidrógeno (ph) durante la fermentación.	51
Figura 16. Comparación de ph del producto final entre tratamientos.....	54
Figura 17. Curva de tds de la cerveza base durante la fermentación.....	55
Figura 18. Comparación de tds del producto final entre tratamientos.	57
Figura 19. Diagrama de nodos para las comparaciones múltiples del atributo sabor.	59
Figura 20. Diagrama de nodos para las comparaciones múltiples transparencia.....	63
Figura 21. Diagrama de nodos de comparaciones múltiples para aceptación general.	66

RESUMEN

Objetivo. Formular cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Metodología.** Se elaboró cerveza base, después de la fermentación del mosto, se agregó infusión de flor de Jamaica (IFDJ) y extracto de pitahaya (EDP) formulándose cinco tratamientos (T1: Cerveza base + 2,5% IFDJ + 1,5% EDP, T2: Cerveza base +5% IFDJ + 2% EDP, T3: Cerveza base+ 7,5% IFDJ + 2,5% EDP, T4: Cerveza base + 10% IFDJ + 3% EDP y T5: Cerveza base + 12,5% IFDJ +3,5% EDP). Estos tratamientos fueron evaluados fisicoquímicamente en su estado de maduración inicial, final y como producto terminado. También, se realizó la evaluación sensorial por ordenamiento a fin de conocer el tratamiento de mayor aceptabilidad sensorial. Finalmente se determinó la capacidad antioxidante y la cuantificación de fenoles totales. **Resultados.** El tratamiento 1 (Cerveza base + 2,5% IFDJ + 1,5% EDP), fue el de mayor aceptabilidad sensorial, sus características fisicoquímicas fueron, Acidez: 0,35%, Brix: 6,5%. densidad: 1,011 g/ml, pH: 3,30, TDS: 988,33 y %alcohol: 3,97. La capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales fueron 410,89 uMol ET/100 ml y 54,70 mg EAG/100 ml respectivamente. **Conclusión.** Se desarrolló una cerveza artesanal con flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y pitahaya (*Hylocereus undatus*) con características fisicoquímicas, sensoriales y antioxidantes aceptables.

Palabras clave: Cerveza artesanal, flor de Jamaica, pitahaya, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

Objective. To formulate a craft beer based on Hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*) and Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Methodology. Base beer was brewed, after fermentation of the wort, infusion of hibiscus flower (IFDJ) and pitahaya extract (EDP) were added, formulating five treatments (T1: Base beer + 2,5% IFDJ + 1,5% EDP, T2: Base beer +5% IFDJ + 2% EDP, T3: Base beer+ 7,5% IFDJ + 2,5% EDP, T4: Base beer + 10% IFDJ + 3% EDP and T5: Base beer + 12,5% IFDJ +3,5% EDP). These treatments were evaluated physicochemically in their initial and final stage of maturation and as a finished product. Sensory evaluation was also carried out by ranking in order to determine the treatment with the highest sensory acceptability. Finally, the antioxidant capacity and the quantification of total phenols were determined. Results. Treatment 1 (base beer + 2,5% IFDJ + 1,5% EDP) was the one with the highest sensory acceptability, its physicochemical characteristics were: acidity: 0,35%, Brix: 6,5%, density: 1,011 g/ml, pH: 3.30, TDS: 988.33 and %alcohol: 3,97. Antioxidant capacity and total polyphenol content 410,89 uMol ET/100 ml y 54,70 mg EAG/100 ml respectively. Conclusion. A craft beer was formulated and brewed with hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*) and pitahaya (*Hylocereus undatus*) with acceptable physicochemical, sensory and antioxidant characteristics.

Key words: Craft beer, hibiscus flower, pitahaya, antioxidant capacity.

INTRODUCCION

La cerveza artesanal ha experimentado un resurgimiento notable en los últimos años, impulsado por la creciente demanda de productos únicos y de alta calidad en la industria cervecera. Esta tendencia ha llevado a una exploración sin precedentes de ingredientes no convencionales y técnicas innovadoras en la elaboración de cerveza, con el objetivo de ofrecer experiencias sensoriales distintivas y satisfacer las preferencias cambiantes de los consumidores.

En este contexto, la incorporación de ingredientes no tradicionales, como la pitahaya (*Hylocereus undatus*) y la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), en la elaboración de cerveza artesanal representa un área emocionante y prometedora de investigación. Estos ingredientes, conocidos por sus perfiles de sabor únicos y sus beneficios para la salud, ofrecen un potencial inexplorado para la creación de cervezas artesanales innovadoras y emocionantes.

La flor de Jamaica, también conocida como "roselle", es apreciada por su sabor ligeramente ácido y sus vibrantes tonos rojos. Además de su atractivo sensorial, la flor de Jamaica es rica en antioxidantes y compuestos bioactivos, lo que la convierte en un ingrediente intrigante para la elaboración de cerveza. Por otro lado, la pitahaya, o fruta del dragón, se caracteriza por su sabor dulce y refrescante, así como por su llamativa apariencia y contenido nutricional. La combinación de estos dos ingredientes exóticos en la cerveza artesanal promete ofrecer una experiencia sensorial única y diferenciada.

Sin embargo, a pesar del creciente interés en la elaboración de cerveza con ingredientes no convencionales, la investigación científica en torno a la utilización de la flor de Jamaica y la pitahaya en la cervecería artesanal es limitada. Por lo tanto, esta tesis se propone explorar y analizar los procesos de producción de cerveza artesanal utilizando la flor de Jamaica y la pitahaya como ingredientes principales, con el fin de identificar sus efectos en las características sensoriales, funcionales y la aceptabilidad del producto final.

Al abordar esta investigación, se espera no solo ampliar el conocimiento sobre la elaboración de cerveza artesanal con ingredientes no tradicionales, sino también contribuir al desarrollo de nuevas oportunidades en la industria cervecera, fomentando la innovación y la diversidad en la oferta de productos para el beneficio de la salud del consumidor.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La cerveza, una bebida alcohólica popular a nivel global, se ubica como la cuarta más consumida tras el café, jugo de naranja y té. Su amplia diversidad y complejidad la hacen destacar: desde sabores a humo, limón, café, chocolate, pan o jengibre, hasta su amplia gama de perfiles que pueden ser desde ácidos y terrosos hasta amargos y aromáticos (David & Morales, 2019).

Según Pellegrin & Plasencia (2021) mencionan que "en el Perú, el sector de las cervezas artesanales está colaborando para cubrir las crecientes demandas de los consumidores que buscan nuevas opciones, experiencias y tendencias que reflejen un estilo de vida particular", por este motivo, las cervezas se elaboran utilizando una variedad de ingredientes como cereales, frutas, hierbas aromáticas y vegetales, que se han integrado en el proceso de fabricación artesanal con el objetivo de modificar los atributos sensoriales y nutricionales. Esta tendencia responde a la creciente preferencia por productos que ofrecen beneficios adicionales para la salud."

De acuerdo con un estudio de Euromonitor, los peruanos consumen en promedio 45,4 litros de cerveza por persona al año, lo que posiciona al país como el quinto mayor consumidor de la región. Además, la cerveza ofrece beneficios significativos debido a su contenido mineral, destacando el magnesio, fósforo y potasio, mientras que su contenido de sodio es bajo. Estas propiedades contribuyen a prevenir enfermedades cardiovasculares y proporcionan un efecto diurético importante (David & Morales, 2019).

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el Perú al año 2016, se informa que las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) fueron responsables del 69% de todas las muertes. Entre estas, las enfermedades cardiovasculares representaron el 21%, seguidas por el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes, con un 17,6% y un 4%, respectivamente. El Ministerio de Salud expresa su preocupación por la tendencia creciente en los últimos años de estas enfermedades, en particular la enfermedad isquémica del corazón y la diabetes, así como el aumento de casos de varios tipos de cáncer, como el de mama y el de colon, principalmente en áreas urbanas y en la costa peruana (García, 2023).

Dada la preocupación por la creciente incidencia de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) en la sociedad, se ha explorado una interesante alternativa en la búsqueda de opciones saludables. En este contexto, se ha optado por la elaboración de cerveza artesanal que incorpora ingredientes como la flor de Jamaica y la pitahaya. Estos ingredientes no solo añaden un sabor distintivo a la bebida, sino que también se han seleccionado debido a los beneficios potenciales que ofrecen para la salud.

Según Zanin (2024), la flor de Jamaica, comúnmente conocida como hibisco, se distingue por su alto contenido de antocianinas, un componente que le otorga su distintivo color rojo y al mismo tiempo le brinda un notable nivel de capacidad antioxidante. También incluye flavonoides, vitamina C y ácidos orgánicos, todos estos componentes que contribuyen a sus múltiples propiedades medicinales.

Por otro lado, la pitahaya, también conocido como la fruta de dragón, es una fruta tropical vibrante, junto con su refrescante sabor, aporta una carga adicional de nutrientes y antioxidantes, contiene vitamina C, fortalece el sistema inmune entre sus propiedades se resalta el contenido de captina, biocomponente que relaja el sistema nervioso (Duran & Vara, 2021).

En respuesta a la creciente tendencia global hacia un estilo de vida más saludable y a la mejora de las cualidades de los productos, el mercado de las cervezas especiales ha experimentado una notable evolución en la última década. Esto se refleja en la oferta de características adicionales del producto, tales como una mayor funcionalidad, así como nuevos sabores y gustos (Rodríguez, 2021).

En este sentido, esta iniciativa busca mostrar cómo la gastronomía y la cultura de la cerveza pueden converger con la promoción de la salud, ofreciendo a las personas una alternativa que combina el placer de disfrutar de una bebida con ingredientes beneficiosos para el bienestar general.

En muchos lugares, la oferta de cervezas comerciales tiende a ser limitada en cuanto a sabores y variedades, lo que deja a los consumidores con pocas alternativas para experimentar. Además, la mayoría de las cervezas disponibles suelen basarse en ingredientes tradicionales, lo que puede no satisfacer las preferencias de aquellos que buscan opciones más exóticas y emocionantes. Al introducir una cerveza artesanal única y creativa elaborada con ingredientes tropicales como la flor de Jamaica y la pitahaya, se puede ofrecer a los

consumidores una alternativa fresca y emocionante que satisfaga su deseo de explorar nuevos sabores y aromas. Esto no solo beneficiaría a los bebedores ávidos de aventuras culinarias, sino que también podría estimular la innovación en la industria cervecera y abrir nuevas oportunidades para los productores locales de ingredientes especializados como la flor de Jamaica y la pitahaya.

La incorporación de la flor de Jamaica y la pitahaya en la elaboración de cerveza artesanal no solo ofrece una experiencia sensorial única, sino que también puede aportar beneficios significativos para la salud del consumidor. Al integrar estos ingredientes en la cerveza artesanal, se podría ofrecer a los consumidores una opción que no solo satisfaga su paladar, sino que también les brinde potenciales beneficios para la salud, convirtiendo así el acto de beber cerveza en una experiencia aún más gratificante y saludable.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Se podrá formular cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*)?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*)?

¿Cuál es el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*)?

¿Cuál es la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) más aceptable sensorialmente?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Formular cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*).

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*).

Determinar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*).

Determinar la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) más aceptable sensorialmente.

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La investigación se apoya en la búsqueda constante de la innovación de la cerveza artesanal. En este contexto, la incorporación de la flor de Jamaica y la Pitahaya ofrece una oportunidad para explorar nuevos sabores y aromas únicos en el campo cervecero. Además, las propiedades nutricionales y saludables de estos ingredientes, pueden agregar un valor adicional al producto final. La comprensión de cómo estos insumos interactúan con los componentes tradicionales de la cerveza, es esencial para mejorar el proceso de elaboración.

1.4.2. Justificación Práctica

Esta investigación responde a las demandas cambiantes del mercado de la cerveza artesanal. La introducción de una cerveza con ingredientes regionales como la flor de Jamaica y la Pitahaya tiene el potencial de atraer a consumidores en busca de experiencias sensoriales únicas. Además, al utilizar ingredientes locales, se puede fomentar la producción a nivel regional, lo que beneficia a la comunidad local y promueve la sostenibilidad. Además, esta investigación permite a los cerveceros experimentar y desarrollar nuevas recetas, lo que contribuye a la diversificación y enriquecimiento del mercado cervecero artesanal.

1.4.3. Justificación Social

Esta iniciativa puede contribuir a la diversificación de la oferta de productos locales, lo que puede ser especialmente relevante en regiones donde la economía se basa en actividades limitadas. Además, al introducir ingredientes únicos en la elaboración de cerveza, se puede estimular el interés y la curiosidad de la comunidad, promoviendo una mayor apertura a la experimentación y la innovación en la industria alimentaria local. Esta

investigación también puede generar oportunidades de colaboración y desarrollo en la comunidad, ya que puede requerir la participación de agricultores locales en la producción de los ingredientes necesarios para la cerveza. Esto, a su vez, puede impulsar la economía local y fortalecer los lazos entre los diversos actores de la comunidad.

1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. Delimitación Temporal

El estudio se llevó a cabo desde mayo hasta octubre de 2023 para la planificación del proyecto de tesis, seguida por la fase experimental que abarcó desde noviembre de 2023 hasta marzo de 2024, durante un período de cuatro meses. Durante este tiempo, se contó con la materia prima necesaria y se ejecutó un plan de trabajo para obtener los resultados finales que luego serían analizados en el estudio correspondiente.

1.5.2. Delimitación Espacial

La investigación se llevó a cabo en dos laboratorios distintos: el Laboratorio de Procesos e Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, y el Laboratorio de Análisis Instrumental e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Este último se encuentra ubicado en la Provincia de Huaura, región Lima Provincias, en la Av. Mercedes Indacochea N° 609-631-679 (Ciudad Universitaria).

1.6. Viabilidad del Estudio

Es viable en el aspecto económico: la tesista pudo asumir con sus recursos las diversas etapas de la investigación. Es viable en el aspecto institucional: la tesista tuvo el apoyo de las autoridades, docentes y asesor, siendo oportuno para el cumplimiento de la investigación. Es viable en el aspecto temporal: dado que se sujetó a la propuesta del cronograma de actividades y tareas que se presenta en el proyecto de investigación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Camelo et al. (2022) en su tesis titulada “Elaboración de cerveza artesanal tipo lager mediante la infusión de pitahaya y reutilización de la biomasa como fuente de aprovechamiento”, cuyo objetivo fue elaborar una cerveza artesanal tipo lager mediante la infusión de pitahaya como sabor principal en la bebida, en paralelo, reutilización de los residuos orgánicos de la cebada (Bagazo) para la creación de papel reciclado. La cerveza obtenida se presentada en botellas de 330 ml, su contenido de alcohol es del 12,5% volumen, con un pH de 5,5 y una densidad de 1,1067 g/cm³ según el análisis fisicoquímico. En cuanto al análisis sensorial, exhibe un color rubio con tonos cobre y rojizos, un sabor amargo, suave y cítrico, así como un aroma amargo con características de malta y lúpulo, sin sedimentos, pero ligeramente turbia. Para su consumo óptimo, se recomienda servirla y consumirla a temperaturas bajas, entre 4 y 8 °C, y consumir todo el producto una vez abierta la botella. Los resultados evidencian que gracias a la aportación de los ácidos de la pitaya la cerveza tuviera un toque cítrico, además de contener un alto nivel de grados de alcohol. Por otro lado, el sabor amargo es gracias al lúpulo que se usó debido que este se especializa en aromatizar la cerveza.

Cabezas & Uribe (2021) en su tesis “Evaluación de la tonalidad y pureza de color cie L* a* b de una bebida alcohólica de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con maíz morado (*Zea Mays L*) y flor de Jamaica” analizaron el color de una bebida alcohólica no destilada elaborada a partir de pitahaya, diluida en una infusión de flor de Jamaica y maíz morado utilizando el espacio de color CIE Lab. Se empleó un diseño experimental basado en un arreglo factorial ABC, donde A representaba diferentes concentraciones de pulpa de pitahaya (12,5%, 15%, 17,5% y 20%), B representaba tipos de levadura (levadura de cerveza y levadura de vino), y C representaba los ingredientes adicionales (maíz morado y flor de Jamaica), con tres repeticiones, lo que resultó en 48 unidades experimentales. Los resultados obtenidos se sometieron a pruebas de normalidad, mostrando una distribución no normal, por lo que se aplicaron pruebas no paramétricas de Friedman y Holm. El tratamiento más efectivo fue la combinación: 12,5% de pulpa + levadura de cerveza + maíz morado, con valores de color definidos por tonalidad (19,59), luminosidad (35,83) y pureza (1,28), indicando una tonalidad roja dentro del plano cromático +b*+a*. Además, se establecieron

indicadores físico-químicos y sensoriales de la bebida alcohólica, con un rendimiento del 88,95% para el mejor tratamiento. Esto significa que por cada 12,5% de pulpa en 4 litros de agua, se obtuvieron 3,56 litros de bebida alcohólica fermentada. Posteriormente, este tratamiento óptimo fue analizado en cuanto a su contenido de metanol y polifenoles.

Dalla et al. (2020) en su artículo científico “Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja” [Estudio de la adición de pitaya en la producción de cerveza] tuvo como objetivo evaluar la posibilidad de agregar la pulpa roja del fruto de pitaya como ingrediente en la elaboración de cerveza. El experimento constó de las siguientes formulaciones: control – sin adición de pitaya y formulaciones que contenían 20 y 30 g de pitaya por litro de mosto para cada método (Pitaya 20 g/L (Fer); Pitaya 30 g/L (Fer); Pitaya 20 g/L (Mat); Pitaya 30 g/L (Mat)). Las unidades experimentales estuvieron compuestas por galones que contenían 4 L de mosto. La fermentación del mosto de cerveza se realizó a 18 °C/5 días. Después de esto durante en este período ocurrió la maduración, donde se redujo la temperatura y el mosto fermentado se mantuvo a 4 °C/21 días. La cerveza obtenida fue carbonatada mediante carbonatación forzada (CO₂) y envasada en botellas de 500 mL. La cerveza producida se caracterizó en relación a compuestos fenólicos, pH, acidez, sólidos totales, contenido de alcohol y color. La inclusión de pitaya no generó un cambio significativo ($p < 0,05$) en la acidez total de la cerveza, con valores que variaron entre 28,57 y 35,06 (mEq/L). Respecto al pH, se observaron valores entre 4,00 y 4,16, los cuales no mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). En relación a los compuestos fenólicos, la muestra control obtuvo un valor menor (2,41 mgGAE/g) en relación a los demás tratamientos agregados al fruto como el tratamiento de Pitaya 30 g/L(mat) con 2,77 mgGAE/g, difiriendo significativamente ($p < 0,05$). Esto se debe a la migración de compuestos fenólicos presentes en la fruta hacia la cerveza. Los compuestos fenólicos y otros compuestos bioactivos presentes en las cervezas, debido a la adición de diversos complementos, como las frutas, son importantes para el metabolismo humano, contribuyendo a la salud. La incorporación de pitaya de pulpa roja en la producción de cervezas estilo "fruitbier" es una alternativa para la diversificación de la oferta de cervezas especiales. En este estudio, la pitaya aporta características deseables en la cerveza, especialmente color y una mayor concentración de fenólicos totales, sin comprometer otras características importantes de la cerveza ni interferir negativamente con el proceso.

Díaz (2018) en su trabajo de investigación titulado “Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales” se llevaron a cabo pruebas

con las maltas obtenidas, combinadas con los ingredientes principales de la cerveza, incluyendo malta de cebada tipo Pale Ale, lúpulo Cascade, levadura Safale S,04 de alta fermentación y agua purificada. Como resultado, se lograron dos estilos de cerveza: Amaranto Pale Ale (rubia) con una graduación alcohólica del 4% y Amaranto Porter (oscura) con una graduación alcohólica del 3,5%. Para preservar la calidad de la cerveza artesanal, esta se envasó en botellines de vidrio marrón de 350 ml, ya que, al contener levaduras vivas en constante transformación, es preferible protegerla de la exposición al sol. En conclusión, se determinó que es viable introducir e incluso reemplazar otras maltas especiales con malta de amaranto en la elaboración de cerveza artesanal, ya que su uso aportó aromas y sabores distintivos sin comprometer las cualidades esenciales de la cerveza.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Solano (2023) en su tesis “Cerveza artesanal de pitahaya (*selenicereus undatus* fruta, *Hylocereus undatus* planta), a nivel piloto para la creación de pequeños emprendimientos o microempresas” se propuso detallar un proceso innovador para elaborar cerveza utilizando pitahaya mediante fermentación tipo alcohólica con *Saccharomyces cerevisiae* a nivel piloto en reactores Brewmart. Las fermentaciones se realizaron con dos tipos de mosto no estériles de pulpa de pitahaya. Estas fermentaciones se llevaron a cabo en frascos de 20 litros con un volumen de mosto de 18 litros, manteniendo una temperatura entre 22°C y 25°C. Durante las fermentaciones naturales con *Saccharomyces cerevisiae*, se observaron cambios en los parámetros fisicoquímicos, que incluyeron un pH inicial de $4,34 \pm 0,021$ y final de $4,67 \pm 0,19$, una densidad inicial de 1053,81 y final de 1049,00, sólidos disueltos iniciales de 16 y finales de 6, y un grado alcohólico de 6,1% ABV (volumen de alcohol) o 3,75% GL (grado alcohólico).

Viteri et al. (2022) publicaron su trabajo titulado “Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo Blonde Ale con infusión de Flor deshidratada de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)” observaron una significativa variación en los parámetros fisicoquímicos ($p < 0,05\%$), con valores que oscilaron entre 0,40% y 0,55% para la acidez, 6,17% y 6,66% para el grado alcohólico, 3,27 y 3,71 para el pH, y 2,7 y 3,5 L CO₂/Litro de bebida para la carbonatación. En cuanto a los aspectos sensoriales, se encontraron diferencias significativas en color, persistencia de espuma, transparencia y vivacidad, mientras que otros atributos no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Así mismo, la totalidad de los tratamientos demostraron una aceptable calidad microbiológica. Sin

embargo, en términos fisicoquímicos, el grado alcohólico y la carbonatación cumplieron con los estándares de la norma INEN 2262, mientras que la acidez superó el límite establecido y solo el tratamiento T1 (5% IFDJ) alcanzó un pH aceptable. Según el análisis sensorial, el tratamiento T1 fue el más preferido, destacándose por su color dorado, espuma persistente, transparencia y vivacidad equilibrada.

Espinoza (2022) en su tesis “Caracterización de vino de pitahaya roja (*Hylocereus polyrhizus*) con la inclusión de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y dos tipos de levaduras” se propuso examinar cómo la incorporación dos tipos de levaduras y la flor de Jamaica afecta las cualidades del vino de pitahaya roja. Sus objetivos comprendieron determinar la mejor concentración de flor de Jamaica (0%, 5%, y 15%) y la levadura más adecuada (Fermivin P21 vs levapan) en el proceso del vino, analizar las propiedades químicas y físicas del mosto y del vino como producto durante la fermentación, también evaluaron características organolépticas mediante una ficha de aceptación con una escala hedónica. Tras llevar a cabo los análisis fisicoquímicos, se concluyó que todos los tratamientos cumplían con los estándares de la normativa INEN 374 para vinos de frutas, excepto el tratamiento con levadura lavapan y 0% de flor de Jamaica, que no cumplió con el parámetro de acidez total. En el análisis sensorial, se observaron valoraciones que oscilaban entre "me gusta mucho" y "ni me gusta ni me disgusta", destacando como el más apreciado el vino elaborado con levadura Fermivin P21 y con 0% de flor de Jamaica.

Echia (2018) en su trabajo de investigación titulado “Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla Tumbay”, investigó la elaboración de cerveza artesanal utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla Tumbay, con variaciones en las cantidades de lúpulo y azúcar añadidas. Los resultados obtenidos se situaron dentro de los estándares típicos tanto de las cervezas artesanales como industriales. Para la producción de esta cerveza combinada, se determinó una proporción final de 91% de malta de cebada y 9% de papa amarilla Tumbay. Además, se sugiere incorporar 0,8 gramos de lúpulo por litro de mosto y 8 gramos de azúcar por litro de cerveza para obtener el perfil deseado de la bebida.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Cerveza artesanal

En la investigación bibliográfica se ha encontrado que la cerveza artesanal es aquella que está elaborada siguiendo una “receta” propia, por maestros cerveceros que le dan un sabor distinto y personal.

La producción de cerveza artesanal se limita debido a la atención especial que se presta a los sabores y texturas únicos, en contraste con las marcas industriales. El proceso artesanal permite la elaboración de diversos tipos de cerveza, adaptándose a las estaciones para resaltar los sabores característicos de cada época. Generalmente, la formulación de cervezas especiales es utilizando especias o frutas, esto resulta en características muy atractivas para el paladar. En esta secuencia de elaboración, no se requiere el uso de conservantes u otros ingredientes no esenciales, ya que se emplean únicamente agua, cereales malteados, lúpulo, levaduras y adjuntos. Por ende, la cerveza artesanal es un producto innovador elaborado en cantidades controladas y limitadas. A pesar de esto, ha experimentado en la mayoría de los países un notable éxito, inicialmente en naciones europeas, pero su popularidad ha crecido significativamente en Latinoamérica (Campoverde, 2019, citado por Solano, 2023).

2.2.1.1. Diferencia entre Cerveza artesanal y cerveza industrial

En concreto, se distinguen por el hecho de que la cerveza artesanal se fabrica conforme a una receta adaptable y conveniente por cada productor, lo que contrasta con la industrial, que se produce siempre según una receta estándar. Esta notable disparidad influye en que las cervezas artesanales tienen un costo más elevado que las cervezas obtenidas industrialmente (Coudyoudjian, 2019, citado por Solano, 2023).

Una diferencia crucial radica en que, en la cerveza artesanal, el proceso de carbonatación se produce de manera natural, debido a la fermentación en la botella. Por lo general, en las cervezas obtenidas de forma artesanal se utilizan levaduras de alta fermentación, lo que implica un procesamiento más delicado que resulta en un producto notablemente superior, con aromas más intensos y sabores más complejos. Mientras que, las cervezas industriales se carbonatan artificialmente mediante la inyección de dióxido de carbono, puesto que no experimentan una segunda fermentación. Generalmente, se suele emplear levaduras de baja fermentación debido a su proceso más rápido y económico. Sin

embargo, esto a menudo resulta en una cerveza con un sabor y aroma más suaves (Cueva & Morán, 2019, citado por Solano, 2023).

2.2.1.2. Clasificación de la cerveza

“La fermentación es una de las características más relevantes en la clasificación de la cerveza, lo que resulta en dos tipos principales: las cervezas Ale (fermentación alta) y lager (fermentación baja)” (Tirado, 2018, citado por Solano, 2023).

- **Cerveza tipo ALE:** Las cervezas ale, a diferencia de las lagers, se caracterizan por su fermentación alta, lo que implica que la fermentación ocurre en la superficie del fermentador. Por lo general, se fermentan a temperaturas que oscilan entre los 19°C y 26°C durante cortos periodos de 5 días a una semana, comúnmente se realiza una segunda fermentación para reducir la turbidez. Estas cervezas suelen tener un alto contenido de lúpulo (Cárdenas, 2019, citado por Solano, 2023). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada en este tipo de cerveza produce un aroma más pronunciado en comparación con las lagers, lo que permite una mayor diversidad de sabores y graduaciones alcohólicas debido a la amplia gama de ingredientes utilizados en su elaboración y los procesos de maduración (Lizárraga, 2018, citado por Solano, 2023). Aunque se elaboran principalmente con maltas pálidas, el color puede cambiar desde un dorado profundo hasta un ámbar.

- **Indian Pale Ale (IPA):** Formulada y creada por cerveceros británicos, la IPA es una cerveza ale con un color que va desde dorado claro hasta ámbar rojizo. Se caracteriza por su fuerte amargor, lo que limita su popularidad entre los consumidores. Las IPAs pueden tener un contenido de IBU (Unidad Internacional de Amargura) superior a 45 (Hernández & Muñoz, 2019, citado por Solano, 2023).

- **Cerveza tipo lager:** Las cervezas lager, conocidas por su fermentación baja, se distinguen por el comportamiento de la levadura, que se deposita en el fondo del fermentador a medida que progresa la fermentación. Las levaduras utilizadas, *Saccharomyces carlsbergensis* y *Saccharomyces uvarum*, suelen producir cervezas claras con tonalidades doradas oscuras y un sabor notable a lúpulo. Estas cervezas son fermentadas por levaduras que tienen una tendencia a sedimentarse en el fondo de los tanques de fermentación, lo que les otorga el nombre de "baja fermentación". Estas levaduras llevan a cabo el proceso de fermentación a temperaturas más bajas,

generalmente entre 4°C y 9°C, a diferencia de las levaduras de alta fermentación, como las que se utilizan en las cervezas ale (Barreto, 2021, citado por Solano, 2023).

2.2.1.3. Materias primas en la elaboración de cerveza artesanal

- **El agua.** El agua es un componente de suma importancia en la elaboración de la cerveza, representando aproximadamente el 95% de su peso total. Por este motivo, es crucial que cumpla con los estándares de calidad después de someterse al tratamiento necesario. En la producción de cerveza, el agua desempeña un papel crucial y es considerado el ingrediente más significativo, ya que constituye del 93% al 96% del total de los ingredientes empleados. La alcalinidad del agua resulta ser un factor determinante para la calidad de la cerveza, siendo óptimo mantener un pH entre 5,2 y 6,2. Esto es esencial para garantizar que procesos clave como la actividad enzimática, la adición de lúpulo y la fermentación de levaduras se lleven a cabo de manera adecuada. La temperatura idónea para que las enzimas realicen eficientemente el proceso de maceración se sitúa entre 65°C y 75°C. Mantener un pH cercano a 5,5 resulta crucial para facilitar la transformación y extracción del lúpulo durante la cocción, así como para la clarificación del mosto, la precipitación de proteínas y el proceso de fermentación (Calleja, 2013, Couyoumdjian, 2019, Jiménez & Vargas, 2019).
- **Lúpulo (*Humulus lupulus L*).** Los expertos cerveceros dividen el lúpulo en dos categorías principales: lúpulos amargos y aromáticos. Durante el proceso de cocción, estos se añaden con el fin de agregar aroma y contrarrestar la dulzura del extracto fermentable, llamado "mosto". El lúpulo se emplea para aromatizar la cerveza y darle el distintivo sabor amargo que la caracteriza (Calleja, 2013, citado por Solano, 2023).

El lúpulo es un componente esencial para la elaboración de la cerveza. El lúpulo no solo aporta amargor sino sabor, aroma, actúa como preservante natural y además ayuda a mantener una estabilidad adecuada de la espuma en la cerveza. Existen diferentes técnicas de uso que dependen del estilo de cerveza que se va a realizar. Es muy delicado, y debe conservarse siempre congelado a -10 C, sin presencia de oxígeno y sin luz.

Existen más de 150 clases de lúpulo y es cultivado únicamente en algunos puntos del planeta. Las American Pale Ale o APA son propiamente un estilo de cerveza,

caracterizado por ser cervezas de alta fermentación (Ale), rubias (Pale) y elaboradas al estilo americano con lúpulos cultivados allí.

En la tabla 1 se puede observar las variedades de lúpulos más conocidos y su relación con su alfa ácidos según Bamforth (2008).



Figura 1. Composición, Parámetros de calidad del Lúpulo.

Fuente: Burini J, Trochine Andrea, Libkind Diego.



Figura 2. Pellets de lúpulo en la elaboración de cerveza.

Fuente: Leonel-Ferreyra (2020).

Tabla 1

Variedades de Lúpulo y sus niveles típicos de alfa ácidos

Cultivar	Alfa - Ácidos (%)
Cascade	4 - 7
Centennial	10 - 12
Chinook	12 - 14
Columbus	14 - 16
Crystal	2 - 4,5
Eroica	11 - 13
Fuggle	3,5 - 5,5
Galena	12 - 14
Liberty	3 - 5
Lublin Polaco	3 - 4,5
Mallertau Northem brewer	7 - 10
Norththern brewer	8 - 10
Nugget	12 - 14
Perle	7 - 9,5
Pride of Ringwood	7 - 10
Saez Checo	3 - 4,5
Spalt	3 - 6
Spalt	3,5 - 5,5
Super Styrian	8 - 10
Tettnanger	3 - 5,5
Willamette	3 - 6
Wye target ingles	10 - 13

Fuente: Bamforth (2008).

Se preparan mezclando hasta un 2% en peso de óxido de magnesio (o de calcio) con el polvo de lúpulo antes de la pelletización, este proceso convierte los ácidos en sus sales, las cuales son más estables (Bamforth, 2008).

- **Cebada.** La cebada, según Canto y Campoverde (2019), la cebada es un grano germinado con atributos particulares que la hacen idónea para la elaboración de la cerveza. Durante su germinación, una variedad de amilasas facilita la descomposición de la cadena de carbohidratos del almidón. La malta se forma mediante la transformación de la cebada a través del proceso de malteado, que comprende etapas como el remojo, la germinación, el secado, el tostado y la desgerminación.

- **Levadura.** “La levadura es un hongo unicelular capaz de realizar la fermentación alcohólica con un rango de 4-12% vol. de alcohol, principalmente a partir de azúcares que se encuentran en el mosto” (Arroyo, 2019).

Durante el proceso de fermentación en los tanques, se requiere un control minucioso de varios factores, que van desde la temperatura hasta los ingredientes empleados en la elaboración del mosto. Una de las cepas de levadura más destacadas en la producción de cerveza es la *Saccharomyces cerevisiae*, especialmente adecuada para las cervezas de tipo ale, mientras que para las variedades lager se opta por levaduras como *Saccharomyces pastorianus* o *Saccharomyces carlsbergensis*. Estas levaduras realizan la fermentación en intervalos de tiempo y a temperaturas distintas. Además, las levaduras pueden presentarse en forma seca, con menos del 7% de humedad, y pueden contener más de 5 mil millones de células vivas por gramo. Asimismo, existen cepas de levadura silvestre que se encuentran de manera natural en el entorno y pueden intervenir en la fermentación de los mostos, convirtiendo los azúcares en alcohol; sin embargo, su utilización suele ser limitada debido a su comportamiento impredecible (Boffill y Gallardo, 2014).

2.2.1.4. Capacidad antioxidante de la cerveza artesanal

“Los antioxidantes en la cerveza artesanal provienen principalmente de la malta y el lúpulo, los cuales contienen polifenoles y flavonoides que poseen propiedades antioxidantes” (González-Palomares et al., 2018).

La cantidad promedio de polifenoles totales (0,96 frente a 0,53 mg EAG mL) y la capacidad antioxidante (3,63 frente a 1,16 μ Mol DPPH mL) resultaron ser más altas en las cervezas artesanales en contraste con las industriales, evidenciando que las cervezas artesanales presentan una concentración mayor de polifenoles y exhiben una capacidad antioxidante superior a la de las cervezas industriales (Pachas, 2019).

2.2.2. Flor de Jamaica

La rosa o flor de Jamaica, pertenece a la familia malváceas y su nombre científico es *Hibiscus sabdariffa* L. y *Hibiscus cruentus* Bertol. Conocida comúnmente como: Rosa de Jamaica, flor de dardo, rosa de Jericó, té rojo, rosella, flor de Jamaica, flor roja.



Figura 3. Cultivo de la Flor de Jamaica

Fuente: Industria Agroecológica (2019)

Es reconocida como una planta originaria de la India y fue introducida en nuestro país por personas de ascendencia Jamaiqueña, por lo que también se conoce como rosa de Jamaica. Cultivada localmente por sus frutos y cálices carnosos de color rojo, ricos en ácido málico, se aprovecha para la elaboración de diversos productos derivados, como vinos, jaleas, conservas, mermeladas y refrescos (Urbina, 2009).

La Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) presenta una variedad de propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo efectos antihipertensivos, antidiabéticos, vasodilatadores, nefroprotectores, antioxidantes, antimicrobianos, hipolipemiantes, hepatoprotectores, antiinflamatorios y antiobesidad. Estas propiedades se atribuyen a la riqueza de la planta en diversos compuestos fitoquímicos, como antocianinas, flavonoides, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y fibras, que se potencian al ser consumidos como alimento (Zanin, 2024).

2.2.2.1. Descripción botánica

La planta de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es un arbusto que puede alcanzar alturas de hasta 2 metros o más. Sus flores son carnosas, con una corola de color blanco, mientras que el cáliz, al madurar, adquiere un tono rojizo y está compuesto por 4 o 5 pétalos, rodeados por largas espinas que se distribuyen a lo largo de la flor y el tallo. Esta planta es sensible al frío y, al alcanzar aproximadamente 1,5 metros de altura, se recomienda podarla para permitir que las ramas se extiendan lateralmente. La cosecha se lleva a cabo cuando la planta comienza a madurar, lo que ocurre generalmente dentro de un ciclo de 6 a 7 meses. Se siembra en julio, florece en octubre y se cosecha entre diciembre y enero. Aunque es un

cultivo de temporada, su producto está disponible durante todo el año. A nivel mundial, existen más de 150 variedades de esta planta (Urbina, 2009).



Figura 4. Flor de Jamaica en la planta

Fuente: Organic life Perú

2.2.2.2. Propiedades medicinales

La flor de Jamaica posee una amplia gama de propiedades beneficiosas para la salud humana, como la reducción de la presión arterial, lo que la convierte en un tónico cardíaco. Además, se ha demostrado que tiene efectos diuréticos, antisépticos, analgésicos, antiinflamatorios, antimicrobianos, astringentes, cicatrizantes, digestivos, depurativos, emolientes, sedantes, laxantes suaves, reductores de peso, desintoxicantes, antioxidantes, tónicos, estimulantes y afrodisíacos (Rusvel, 2019).

Investigaciones científicas han confirmado que la Flor de Jamaica contiene una variedad de compuestos nutraceuticos, como antocianinas y procianidinas, que son potentes antioxidantes responsables de su intenso color rojo. Además, la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es rica en vitaminas A y C, así como en diversos minerales, ácido cítrico y málico, entre otros componentes. Estos antioxidantes presentes en la Jamaica la convierten en un alimento capaz de combatir varias enfermedades (Rusvel, 2019). Los beneficios para la salud de la flor de Jamaica son: Disminuir la presión arterial, cuidar la salud del corazón, regular el azúcar en la sangre, favorecer la pérdida de peso, cuidar la salud del hígado. posee propiedades antioxidantes, ayudar a combatir bacterias y prevenir las infecciones urinarias.

Tabla 2

Composición nutricional por cada 100 gramos de la flor de Jamaica.

Composición nutricional	100 g de cálices de flor de Jamaica
Proteínas	2g
Carbohidratos	10,2g
Grasas	0,1 g
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,07mg
Vitamina B3	0,06 mg
Vitamina C	17 mg
Calcio	150 mg
Hierro	3 mg

Fuente: (Zanin, 2024).

2.2.2.3. Usos de la Flor de Jamaica

Se utiliza en una variedad de formas en la gastronomía y la medicina tradicional. En la cocina, se emplea principalmente para hacer una bebida refrescante llamada "agua de Jamaica" o "Hibiscus tea", que se obtiene al infundir las flores secas en agua caliente con azúcar ya menudo se consume como té frío. También se utiliza como ingrediente en salsas, aderezos para ensaladas, postres y cócteles. Desde una perspectiva medicinal, se utiliza en infusiones para mejorar la salud cardiovascular, reducir la presión arterial y ayudar en la digestión, entre otros posibles beneficios para la salud.

2.2.3. Pitahaya

La pitahaya (*Hylocereus undatus*) es una planta cactácea originaria de la región amazónica, tanto en su forma silvestre como cultivada. Pertenece al género *Selenicereus* y, además de la variedad *undatus*, existen otras especies de *Hylocereus* con características como piel roja y pulpa blanca o violeta. Sus condiciones óptimas de cultivo se encuentran en las áreas de las estribaciones exteriores de la cordillera y en zonas subtropicales y de pie de monte, típicas de la región amazónica. Sin embargo, también se han implementado iniciativas de producción en otras áreas de Perú, como la selva central (Chanchamayo), la costa de Piura y la costa central (Lima, Huaral y Cañete). El cultivo de pitahaya ha experimentado un notable crecimiento en América del Sur, especialmente en países como Colombia, Ecuador y Perú. Este aumento se debe en parte a la demanda creciente de frutas exóticas y saludables en los mercados internacionales. La pitahaya se ha convertido en una

fruta popular tanto por su sabor único como por sus propiedades nutricionales, lo que ha impulsado su producción y comercialización en la región. (Vásquez & Bacalla, 2018).

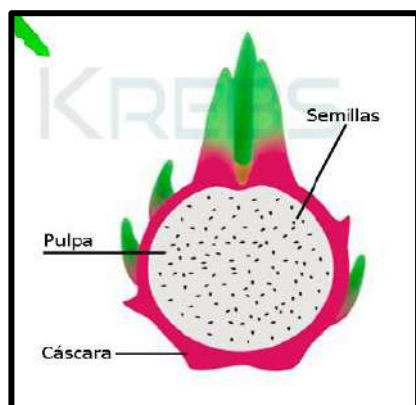


Figura 5. Fruto de la Pitahaya.

Fuente: Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*), INIA

2.2.3.1. Valor nutricional

Las propiedades medicinales de la pitahaya se deben a su alto contenido de antioxidantes, así como a su riqueza en vitamina C, fósforo y calcio. Según el Instituto Nacional de la Amazonía Peruana (2002), el valor nutricional de la pitahaya se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 3

Valor nutricional del fruto de la Pitahaya (*Selenicereus undatus*)

Componente	Contenido
Calorías	36,00%
Agua	89,40%
Materia seca	10,60%
Proteínas	0,50%
Grasa	0,10%
Carbohidratos	9,20%
Fibra	0,30%
Cenizas	0,50%
Calcio	6,00 mg
Fósforo	19,00 mg
Ácido ascórbico	25,00 mg
Tiamina	0,01 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	0,02 mg

Fuente: Instituto Nacional de la Amazonia Peruana (IIAP) (2002).

2.2.3.2. Propiedades medicinales de la Pitahaya

Es un fruto exótico por su color y sabor, contiene fibra, fósforo, calcio, vitamina C, mucílagos, ácido ascórbico, fenoles. La cual ayuda en la formación de los huesos, dientes y glóbulos rojos, favorece la absorción de hierro de los alimentos, resistencia a las infecciones y tiene acción antioxidante.

La pitahaya, también conocida como fruta del dragón, ofrece una amplia gama de beneficios para la salud. Se ha demostrado que tiene efectos positivos en el retraso del envejecimiento celular, estimula la producción de glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas y fortalece el sistema inmunológico. Además, ayuda a prevenir la arterioesclerosis y regula el tránsito intestinal, lo que disminuye el riesgo de sufrir infartos cerebrales y cardíacos, así como los niveles de ácido úrico o gota. También se ha observado que ayuda a prevenir la formación de cálculos renales y es una fruta que proporciona sensación de saciedad. Sus altos niveles de vitaminas B1, B2 y B3 contribuyen a hidratar la piel y combatir enfermedades cutáneas, mientras que sus semillas comestibles son ricas en fibra y ácidos grasos, principalmente del tipo monoinsaturado. Estudios recientes han identificado la presencia de captina, una sustancia capaz de regular las contracciones musculares del corazón, lo que ayuda a combatir arritmias y accidentes cardíacos.

2.2.3.3. Usos de la Pitahaya

La pitahaya se utiliza principalmente como fruta fresca para consumo directo, así como en la preparación de jugos, batidos, ensaladas de frutas y como ingrediente decorativo en postres. También puede ser procesada para la producción de mermeladas, sorbetes y yogures.

2.3. Definición de Términos Básicos

A. Cerveza Artesanal

“La cerveza artesanal es aquella producida en cantidades limitadas por cerveceros independientes que se enfocan en la calidad, la innovación y el uso de técnicas tradicionales” (Brewers Association, 2005).

B. Malta

La malta se logra mediante un procedimiento regulado que involucra el tratamiento del grano de cebada a través de fases como la remojarlo, permitir su germinación, secarlo y, ocasionalmente, tostarlo. En cuanto a las maltas derivadas de diferentes granos, es esencial categorizarlas según su procedencia, ya sea como malta de trigo o malta de maíz (INACAL, 2016).

C. Lúpulo

El lúpulo es una planta trepadora cuyas flores, o conos, se utilizan en la elaboración de la cerveza para dar sabor, aroma y amargura, así como para actuar como conservante natural (Charles W. Bamforth, 2003).

D. Flor de Jamaica

La flor de Jamaica es la flor seca de la planta *Hibiscus sabdariffa*, utilizada para hacer infusiones de sabor agrícola y apreciada por sus posibles beneficios para la salud (Enciclopedia Británica, 1985).

E. Pitahaya

La pitahaya es una fruta tropical de América Central y América del Sur, conocida por su sabor dulce y su piel escamosa o espinosa. También se llama "fruta del dragón" (Alvarado, 2017).

2.4. Hipótesis de la Investigación

2.4.1. Hipótesis General

Formulando la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) se obtendrá un producto aceptable y de buenas características fisicoquímicas.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Determinando las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica y Pitahaya se obtendrá un producto aceptable.

Determinando el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) se encontrará un alto nivel aceptable.

Determinando la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) más aceptable sensorialmente se podrá estandarizar la formulación final.

2.5. Operacionalización de las Variables

Tabla 4

Operacionalización de Variables

Tipo de Variable	Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de Medición	Unidad de Medida
Independiente	Formulación de la Cerveza base con infusión de flor de Jamaica y extracto Pitahaya	La flor de Jamaica es una planta con flores rojas utilizada en infusiones y bebidas por su sabor refrescante y propiedades saludables.	Análisis Físicoquímico	°Brix Acidez pH	Refractómetro Titulación Volumétrica Potenciómetro	°Bx % 0-14
		La pitahaya es una fruta tropical con cáscara espinosa y pulpa dulce y jugosa. Se consume por su sabor refrescante y es rico en fibra y vitamina C.				
Dependiente	Características físicoquímicas, sensoriales y funcionales	Las características físicoquímicas se refieren a las propiedades físicas y químicas de una sustancia o material	Análisis Físicoquímico	°Brix Acidez pH Grado Alcohólico TDS Densidad	Refractómetro Volumétrico Potenciómetro Alcoholímetro Medidor de TDS Densímetro	°Bx % 0-14 v/v ppm g/ml
		Las características sensoriales se refieren a las cualidades percibidas por los sentidos humanos	Análisis Sensorial	Color Aroma Sabor Transparencia Aceptabilidad general	Ficha sensorial (Panelistas)	Evaluación por Ordenamiento (1 a 5).
		Las características funcionales se refieren a cómo se desempeña una sustancia o producto en su uso previsto	Capacidad Antioxidante	Capacidad antioxidante total Fenoles totales	Método ABTS Método de Folin-Ciocalteu	uMol ET/100 ml mg EAG/100 ml

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación

Tecnológico, este estudio implicó la aplicación de procedimientos tecnológicos para la elaboración de cerveza artesanal que combina la Pitahaya (*Hylocereus Undatus*) y la Flor de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*).

Asimismo, tuvo un enfoque experimental y prospectivo, ya que se desarrollaron diversas formulaciones, mediciones con el fin de determinar las características físico-químicas, sensoriales y funcionales para posteriormente evaluar su aceptación sensorial como cerveza artesanal.

3.1.2. Nivel de Investigación

La investigación abordó aspectos tanto descriptivos como explicativos. Se enfocó en la descripción de la formulación de la mezcla y en la determinación de sus parámetros físico-químicos y sensoriales en la cerveza artesanal, lo que constituyó la parte descriptiva del estudio. Además, se llevó a cabo un análisis explicativo al evidenciar, detallar y comparar los resultados obtenidos de todos los análisis realizados.

3.1.3. Diseño de Investigación

El estudio se desarrolló dentro de un marco de diseño experimental, lo que facilitó la recopilación de información relevante sobre las variables investigadas.

Se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA) el cual utiliza un ANOVA para ver la diferencia significativa entre los tratamientos, se estudió 5 tratamientos y por triplicado, tal y como se presenta en la tabla 5. Posteriormente, se usó una prueba de rango múltiple de Duncan. Para analizar los datos de evaluación sensorial se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman. A continuación, se presenta en la Figura 6 el diseño utilizado en este estudio.

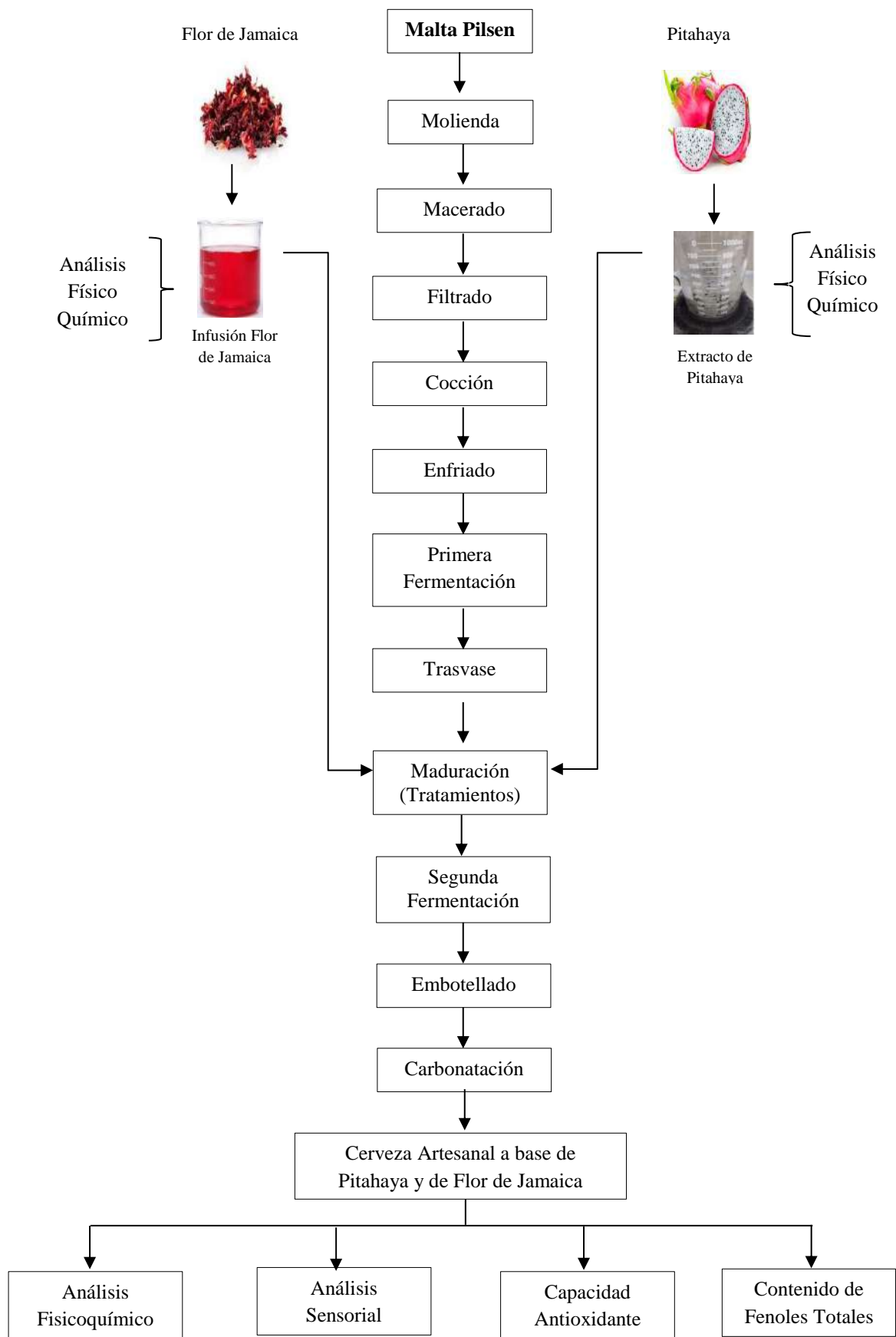


Figura 6. Esquema del diseño de investigación

A continuación, en las tablas 5 y 6 se muestran los tratamientos y formulaciones de la cerveza artesanal a base de flor de Jamaica y Pitahaya que se desarrolló en esta investigación.

Tabla 5

Tratamientos del diseño experimental en estudio

Tratamientos	Concentración de infusión de Flor de Jamaica	Concentración de extracto de Pitahaya	Réplicas
T1	2,5% IFDJ	1,5% EDP	3
T2	5% IFDJ	2% EDP	3
T3	7,5% IFDJ	2,5% EDP	3
T4	10% IFDJ	3% EDP	3
T5	12,5% IFDJ	3,5% EDP	3

IFDJ = Infusión de Flor Deshidratada de Jamaica.

EDP = Extracto de Pitahaya.

Tabla 6

Formulación de cerveza artesanal a base de flor de Jamaica y pitahaya.

Cerveza Base	Tratamientos en estudio				
	T1	T2	T3	T4	T5
(0% IFDJ)	(2,5% IFDJ)	(5% IFDJ)	(7,5% IFDJ)	(10% IFDJ)	(12,5% IFDJ)
(0% EDP)	(1,5% EDP)	(2% EDP)	(2,5% EDP)	(3% EDP)	(3,5% EDP)
L/ Agua	5	5	5	5	5
ml/ FDJ	125	250	375	500	625
ml/ EDP	75	100	125	150	175
g/ Malta Pilsen	800	800	800	800	800
g/ Lúpulo	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92
g/ Floculante	10	10	10	10	10
g/ Levadura	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30

L= Litros, g = gramos, mL= mililitros.

3.1.4. Enfoque de Investigación

El estudio tiene como objetivo obtener datos sobre la cerveza artesanal elaborada con Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) en cinco tratamientos distintos. Se eligió la cerveza artesanal con mayor aceptación, lo que implicó un enfoque que combina aspectos cualitativos y cuantitativos.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población estuvo conformada por el conjunto de las siguientes materias primas: Flor de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus Undatus*).

3.2.2. Muestra

Se tomó en cuenta un muestreo no probabilístico y de conveniencia, con el fin de seleccionar las materias primas de mejor calidad para el desarrollo de la investigación. Las muestras de flor de Jamaica y pitahaya fueron adquiridas en el Mercado Modelo de la ciudad de Huacho. Los demás insumos fueron adquiridos en la empresa cervecera “The Home Brew Perú” en la ciudad de Lima.

3.2.3. Técnicas a emplear

A. Obtención de la Infusión de Flor de Jamaica (IFDJ) y Extracto de Pitahaya (EDP).

a) Selección:

Se llevó a cabo la selección de frutos en su punto ideal de maduración. Se escogen aquellos que presenten las mejores cualidades, eliminando cualquier desperdicio o materia extraña.

b) Lavado y desinfección:

Se procede a limpiar los frutos mediante un lavado con agua potable, eliminando cualquier residuo adherido a la cáscara. Se remueve la suciedad y la materia orgánica presente. La esterilización se hace mediante el uso de hipoclorito de sodio, en una solución de 100 ppm, en un período de 3 a 5 minutos.

c) Maceración (flor de Jamaica):

La maceración implica un procedimiento fisicoquímico que utiliza alcohol etílico para extraer compuestos fenólicos, como aromas, sabores, colorantes y otros elementos derivados presentes en materias primas como plantas, frutas o vegetales.

Para la flor de Jamaica, se llevó a cabo en agua a temperatura de entre 90 - 95 °C y se dejó macerar por un tiempo de 10 minutos. Para obtener la infusión se empleó 200 gramos de flor de Jamaica deshidratada y 2 litros de agua, así obteniendo 2 litros de infusión, una vez obtenida la infusión, los residuos se separan mediante filtración.

d) Pelado (pitahaya):

Se cortaron los extremos de la pitahaya de forma manual. También se eliminaron las espinas y se cortó por la mitad de la pitahaya para extraer la cascara.

f) Extracción (pitahaya):

La extracción se realizó usando un extractor, en el cual la pitahaya ingresa partidas en mitades.

g) Filtración:

Se procedió a utilizar papel filtro para separar los residuos y obtener la infusión de flor de Jamaica, por otro lado, se procedió a utilizar papel filtro para filtrar la pulpa de la pitahaya.

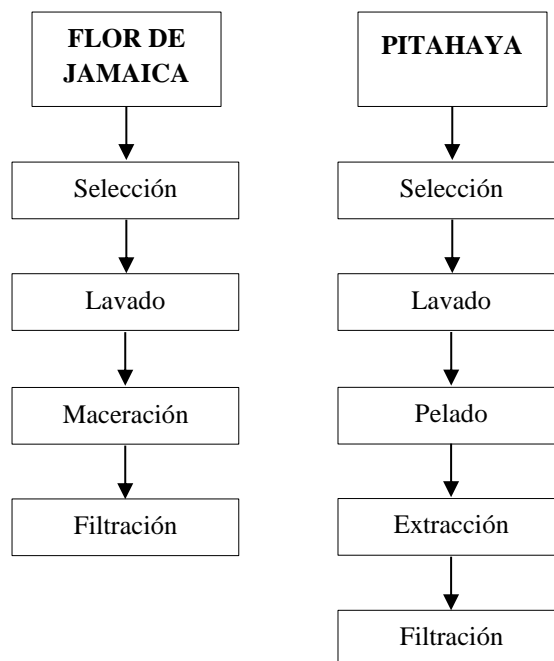


Figura 7. Flujograma para la obtención de infusión de flor de Jamaica (IFDJ) y extracto de pitahaya (EDP).

B. Obtención de la Cerveza Artesanal con IFDJ y EDP

- **Recepción de la materia prima**

Se empleó 4 kg de cebada de malta tipo Pilsen como materia prima, siguiendo las proporciones indicadas en los factores de mezclado.

- **Molienda**

Se llevó a cabo la molienda utilizando un molino manual para obtener una malta con una textura granulada adecuada.

- **Maceración**

Este proceso implicó la combinación de la malta molida con agua, manteniéndola a una temperatura específica entre 60 y 65 °C durante una hora. Se utilizó dos termos tipo Cooler, cada uno conteniendo agua hervida, para un total de 25 litros de agua. Se ajustó el pH a un valor ligeramente ácido por debajo de 6 para ello se hará uso de ácido fosfórico o cítrico este con la finalidad de iniciar y acelerar la hidrólisis para la conversión del almidón en azúcares fermentables.

Terminado el tiempo se procedió a realizar la prueba del yodo para ver si se convirtió el almidón en azúcares fermentables por completo, en caso contrario se dejará macerar otros 15 minutos regulando la temperatura, y nuevamente se hizo la prueba del yodo para indicar si se logró la conversión en su totalidad del almidón en azúcares fermentables.

- **Filtrado**

Transcurrido la maceración se procedió a filtrar el mosto (etapa de maceración). El producto se colocó en una olla donde se tomó una muestra para determinar la densidad y que esté entre 1,050-1,060.

Los residuos del filtrado pueden ser reutilizados como abonos o como alimentos destinados a los animales después del proceso del secado.

- **Cocción**

El mosto se sometió a ebullición durante 1 hora y se agregó el lúpulo en 3 tiempos distintos

Las adiciones del lúpulo serán en el siguiente orden y tiempo:

- Al comenzar a hervir: 8,19 gr de lúpulo para amargor.
- A los 30 minutos después de hervir: 8,19 gr de lúpulo para sabor.
- A los 50 minutos después de hervir: 8,19 gr de lúpulo para aroma.

Para obtener el amargor, el aroma y el sabor distintivos de la cerveza, así como para esterilizar el mosto, fue esencial llevar a cabo una agitación regular del mismo y eliminar la espuma que se forme. Al final de la cocción, se añadió un agente floculante para ayudar a sedimentar las impurezas y los sólidos en suspensión, con el objetivo de clarificar la cerveza.

- **Enfriado**

La olla se sumerge en una bandeja con agua fría y hielo para reducir la temperatura de 95° a la temperatura requerida para la inoculación de la levadura (22-29 °C).

- **Primera Fermentación**

Una vez enfriado el mosto a una temperatura entre 22° y 29°C, se vierte en un fermentador previamente desinfectado con alcohol para evitar la contaminación bacteriana.

Se regula los grados brix hasta alcanzar el rango de 15 a 20 que es lo necesario para que se lleve a cabo de forma óptima el proceso de fermentación y a continuación se procedió a agregar la levadura activada en la dosis indicada por el proveedor.

Se instala un airlock para permitir la liberación de dióxido de carbono generado durante la fermentación anaeróbica, y se deja reposar durante una semana.

- **Transvase y clarificado**

Culminado la fermentación durante 7 días, se procedió a cambiar de envase del fermentador primario al secundario con el fin de eliminar los residuos sedimentados por la acción de la propia levadura y del floculante.

Se paso a clarificar con el papel filtro con la finalidad de obtener un líquido más cristalino y refinado que el anterior.

- **Maduración**

Antes de proceder a madurar la bebida se adicionó la infusión de la flor de Jamaica y el extracto de pitahaya según descrito en la tabla 5 para posteriormente sellar el envase y dejarlo

reposar de 7 días a una temperatura ambiente y esto permitirá que los sabores, aromas de la bebida se acentúen mucho más.

- **Segunda Fermentación**

Para alcanzar el nivel deseado de alcohol y promover la carbonatación, se reactiva la levadura después de que haya consumido todo el azúcar disponible en el mosto. Se agrega aproximadamente 5 gramos de azúcar (sacarosa o dextrosa) por litro de cerveza.

- **Embotellado**

La cerveza se envasa en botellas de color ámbar para prevenir la oxidación durante el proceso de maduración y se esterilizan para evitar la proliferación de bacterias que podrían alterar el producto.

- **Carbonatación**

Las botellas se taparon y se dejó reposar durante 5 días a temperatura ambiente, que debe estar entre 18° y 25°C, para permitir que se desarrolle la fermentación dentro de la botella y se genere dióxido de carbono. Es importante colocar las botellas en un lugar oscuro y alejado de la luz.

- **Almacenamiento**

Terminado el proceso de carbonatación, se pasó a almacenar a una temperatura de 4°C en un refrigerador.

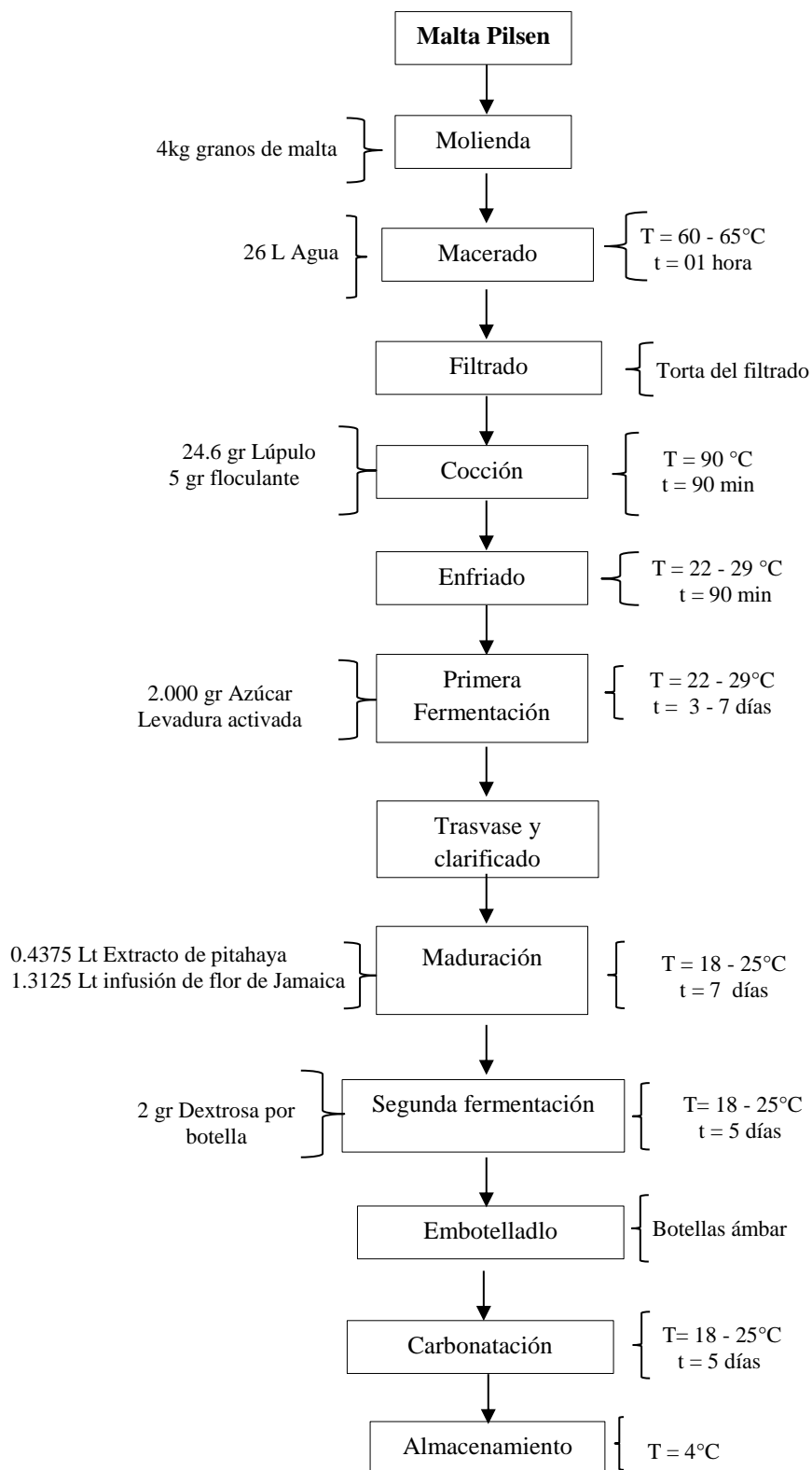


Figura 8. Flujograma para la obtención de Cerveza Artesanal con Extracto de Pitahaya e infusión de Flor de Jamaica.

3.3. Análisis Experimentales

A. Análisis Físicoquímicos

Determinación de Acidez: Método de 2,6 diclorofenol – indofenol (AOAC, 2005).

Determinación del Grado Alcohólico: Método Alcoholímetro (AOAC, 2005).

Determinación de Grados Brix: Método Indirecto por refractometría (AOAC, 2019).

Determinación de pH: Método del potenciómetro (AOAC, 2005).

B. Análisis Sensorial

El análisis sensorial de todas las variantes de la cerveza artesanal se llevó a cabo en el aula-taller de evaluación sensorial utilizando un sistema de ordenamiento de las muestras. Se contó con un total de 100 participantes de diferentes grupos demográficos, incluyendo hombres y mujeres de diversas edades. Se consideraron diversas características, como el color, aroma, sabor, transparencia y la aceptación general de las muestras de cerveza artesanal. Cada muestra fue identificada con números aleatorios.

C. Capacidad Antioxidante

Se realizó por el método ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) para la capacidad antioxidante de la cerveza artesanal con IFDJ y EDP.

D. Contenido Fenólico Totales

Se realizó por el método de Folin-Ciocalteu para el análisis de fenoles totales de la cerveza artesanal con IFDJ y EDP.

3.4. Técnicas para el procedimiento de la información

Se utilizó los siguientes softwares para el procesamiento estadístico de la información:

- **Excel 2019:** Para compilar información obtenida de los Análisis Físicoquímicos, Análisis Sensorial, Capacidad Antioxidante y Contenido Fenólico.
- **IBM SPSS Statistics (versión de prueba):** Para el procesamiento de la información obtenida.

De manera similar se procedió a identificar los parámetros fisicoquímicos del agua tratada (Tabla 8) la cual se obtuvo de la red de distribución sometida a un proceso de osmosis inversa y desinfectada mediante un ozonizador.

4.1.2. *Formulación de la cerveza artesanal para su elaboración*

En la tabla 9 se describe cada una de las materias primas que fueron necesarias para obtener la cerveza base

Tabla 9

Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base

Materia	Cantidad	Características
Agua	1,1 Litro/Litro de cerveza	Agua potable tratada por osmosis inversa y ozonizada.
Malta Pilsen	0,2Kg/Litro de cerveza	Proveedor “The Home Brew Perú”
Malta Chocolate	2,5 g/Litro de cerveza	Proveedor “The Home Brew Perú”
Levadura SafAle™ US-05	0,46g/Litro de cerveza	Proveedor “The Home Brew Perú”
Lúpulo Tradicional	0,984 g/Litro de Cerveza	Proveedor “The Home Brew Perú”
Carbonato de Calcio	Situacional para regular el Ph y aportar iones de Calcio.	Proveedor “The Home Brew Perú”
Ácido Fosfórico	Situacional regular pH	Proveedor “The Home Brew Perú”

Tabla 10

Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base

Materia	Cantidad	Características
Agua	1 litro/litro de infusión	Agua potable tratada por osmosis inversa y ozonizada.
Flor de Jamaica	100 gramos/Litro de Infusión	Hoja lavada y secada.

Tabla 11

Descripción de las características de los ingredientes de la cerveza base

Materia	Cantidad	Características
Pitahaya	1 litro /1,5Kg de pitahaya	Procesada con extractor.

Tabla 12

Formulación de los tratamientos

Materia prima	Formulación de los Tratamientos en Estudio					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
L/ Agua	5	5	5	5	5	5
ml/ IFDJ	0	125	250	375	500	625
ml/ EDP	0	75	100	125	150	175
g/ Malta Pilsen	800	800	800	800	800	800
g/ Lúpulo	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92
g/ Floculante	10	10	10	10	10	10
g/ Levadura	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30

Nota: Para los análisis fisicoquímicos de un estado inicial a un estado final se considera un tratamiento control (T0).

4.1.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos de la cerveza base

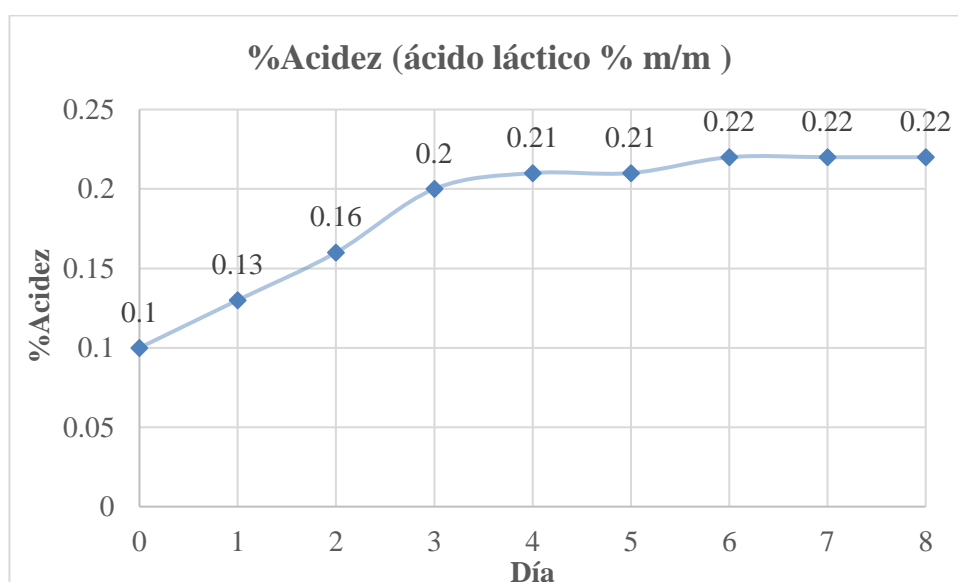
4.1.3.1. Acidez Titulable (%m/m de ácido Láctico)

Durante la fermentación se obtuvieron los resultados que se esperaban, la curva de acidez titulable se incrementaba en función del tiempo siendo en los primeros días el crecimiento a mayor escala esto debido a que la levadura estaba en pleno crecimiento y al sustrato ricos en azúcares que favorecen el metabolismo de la levadura. Al agotarse el sustrato la curva de acidez iba aplanándose hasta mantenerse constante lo cual es indicativo de que la fermentación ha culminado.

Tabla 13

Acidez titulable de la cerveza base durante el proceso de fermentación.

Día	Fecha	%Acidez Titulable			%Acidez Promedio	Desviación
0	06/11/2023	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
1	07/11/2023	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
2	08/11/2023	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00
3	09/11/2023	0,21	0,20	0,21	0,20	0,00
4	10/11/2023	0,24	0,23	0,23	0,21	0,00
5	11/11/2023	0,21	0,22	0,21	0,21	0,01
6	12/11/2023	0,22	0,22	0,22	0,22	0,00
7	13/11/2023	0,22	0,22	0,22	0,22	0,00
8	14/11/2023	0,22	0,22	0,23	0,22	0,00

*Figura 9. Curva de Acidez de la cerveza base durante la fermentación.*

Terminada la fermentación de la cerveza se procede a realizar el añadido de la infusión de flor de Jamaica y el extracto de pitahaya para iniciar la maceración, proceso en el cual previamente se ha filtrado y eliminado el exceso de sedimentos, así como la levadura, durante este tiempo se acentúan los sabores y olores de la bebida. En esta etapa no se realizará el monitoreo diario de la bebida debido a que durante el proceso se debe evitar la contaminación biológica, así como la presencia de oxígeno para evitar la formación de ácido acético. Se cundiera un tratamiento control (blanco: T0), el cual es la cerveza base sin añadir

infusión de flor de Jamaica y extracto de pitahaya. Se realizó el control inicial de la acidez de los 5 tratamientos más el del control para poder evaluar y compararlo con su estado final.

Tabla 14

Acidez inicial de maduración en la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tratamientos	%Acidez Tit.			Promedio	Desviación
T ₀	0,22	0,22	0,23	0,22	0,00
T ₁	0,23	0,23	0,24	0,23	0,00
T ₂	0,28	0,29	0,28	0,29	0,00
T ₃	0,29	0,29	0,28	0,29	0,00
T ₄	0,37	0,36	0,36	0,36	0,01
T ₅	0,40	0,38	0,41	0,40	0,01

Nota: Se presenta el porcentaje de acidez de inicio de Maduración (Fecha 14/11/2023).

Tabla 15

Acidez final de maduración de la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tratamientos	%Acidez Tit.			Promedio	Desviación
T ₀	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
T ₁	0,30	0,30	0,30	0,30	0,01
T ₂	0,33	0,33	0,34	0,33	0,01
T ₃	0,35	0,35	0,35	0,34	0,01
T ₄	0,39	0,39	0,39	0,39	0,00
T ₅	0,40	0,40	0,40	0,40	0,01

Nota: Se presenta el porcentaje de Acidez al final de la Maduración (Fecha 21/11/2023).

Durante el análisis en el inicio y final de la maceración la acidez incrementa debido a la infusión y el extracto de pitahaya. En el inicio del proceso esta aumenta debido principalmente a la infusión de flor de Jamaica que contiene gran variedad de ácidos orgánicos siendo una sustancia de característica acida. Durante el final de la maceración esta aumenta principalmente debido a que la levadura residual disuelta en la cerveza se vuelve a activar debido a los azúcares fermentables que contiene la pitahaya, volviendo a activar su metabolismo y liberando ácidos en la cerveza, así mismo también producen alcohol, pero una cantidad despreciable respecto al que se produjo durante la fermentación. En la tabla 13 se presenta la acidez del producto final, medida que queda estable debido a las condiciones de almacenamiento del producto terminado.

Tabla 16

Acidez titulable del producto final por tratamiento.

Tratamientos	%Acidez Tit.			Promedio	Desviación
T ₀	0,27	0,27	0,27	0,27	0,00
T ₁	0,35	0,34	0,36	0,35	0,01
T ₂	0,36	0,36	0,36	0,36	0,00
T ₃	0,36	0,36	0,36	0,36	0,00
T ₄	0,46	0,45	0,46	0,46	0,01
T ₅	0,48	0,47	0,47	0,47	0,00

Nota: Se presenta el porcentaje de Acidez del Producto Final (Fecha 04/12/2023).

Con los resultados presentados en la tabla 13, se realizó un análisis de varianza, en este caso para la acidez del producto final bajo 5 tratamientos y 1 tratamiento control.

Tabla 17

ANOVA para acidez titulable del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	0,0843	5	0,0169	708,30	5,14x10 ⁻¹⁴	3,11
Dentro de los grupos	0,0003	12	2,40x10 ⁻⁵			
Total	0,0855	17				

La hipótesis nula (H₀) a aceptar o rechazar, así como la hipótesis alternativa (H₁) se presenta a continuación:

H₀: No existe diferencia significativa en los tratamientos respecto a su % de acidez final.

H₁: Existe diferencia significativa entre los tratamientos en al menos 1 tratamiento respecto a su % de acidez final.

De acuerdo al análisis ANOVA donde $F_0 > F_{crítico}$ debemos rechazar la hipótesis nula h_0 , por lo tanto, existen diferencias significativas al menos entre un par de media de los tratamientos. Dado el rechazo de la h_0 debemos recurrir a realizar la prueba de Duncan para

determinar entre que grupos emparejados de medias existen diferencias significativas. Los resultados obtenidos mediante este procedimiento son los siguientes:

Tabla 18

Prueba de rango múltiple de Duncan para acidez titulable entre tratamientos

Tratamientos	Número de replicas	Sub conjunto para $\alpha = 0.05$				
		A	B	C	D	E
T_0	3	0,27				
T_1	3		0,35			
T_2	3			0,36		
T_3	3			0,36		
T_4	3				0,46	
T_5	3					0,47
Sig.		1,00	1,00	0,51	1,00	1,00

*Las medias que no tienen letras en común presentan diferencias significativas.

Realizada la prueba de rango múltiples de Duncan podemos concluir que los T_2 y T_3 son estadísticamente iguales obteniendo 5 subgrupos (A, B, C, D, E). El menor valor se obtuvo con el T_0 el cuál era el esperado debido a la ausencia de todo tipo de añadido ya que es la cerveza base solamente madurada, mientras el valor más alto se obtuvo con el T_5 el cual contiene la mayor cantidad de infusión de Jamaica así como el extracto de pitahaya. A continuación, se presenta el gráfico de medias (pH del producto final) de los 5 tratamientos estudiados y el tratamiento control (cerveza artesanal base).

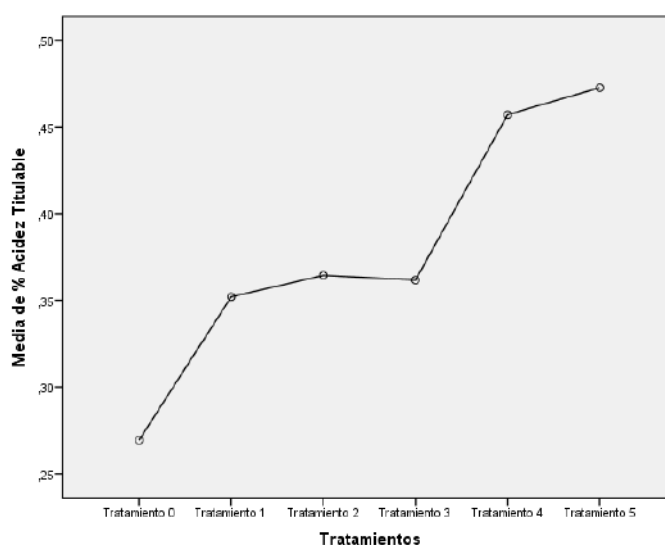


Figura 10. Comparación de la Acidez del producto final entre tratamientos.

4.1.3.2. Grado alcohólico de la cerveza (% Alcohol v/v)

Todos los datos recopilados respecto al porcentaje de Alcohol (% Alcohol v/v) durante la fermentación coinciden con la literatura, empezando en 0% y escalando en gran medida durante los primeros días donde la levadura esta activa y metabolizando el azúcar para generar etanol. A medida que los azúcares se agotan y la densidad desciende la generación de alcohol también disminuye observándose en la curva el descenso de la pendiente.

Tabla 19

Grado alcohólico de la cerveza base durante la fermentación.

Día	Fecha	% Alcohol v/v			%Alcohol Promedio	Desviación
0	06/11/2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	07/11/2023	1,48	1,35	1,48	1,44	0,08
2	08/11/2023	2,14	2,14	2,14	2,14	0,00
3	09/11/2023	2,79	2,93	2,93	2,88	0,08
4	10/11/2023	3,19	3,06	3,19	3,14	0,08
5	11/11/2023	3,32	3,32	3,32	3,32	0,00
6	12/11/2023	3,58	3,71	3,58	3,62	0,08
7	13/11/2023	3,97	3,97	3,84	3,93	0,08
8	14/11/2023	3,97	3,97	3,97	4,02	0,00

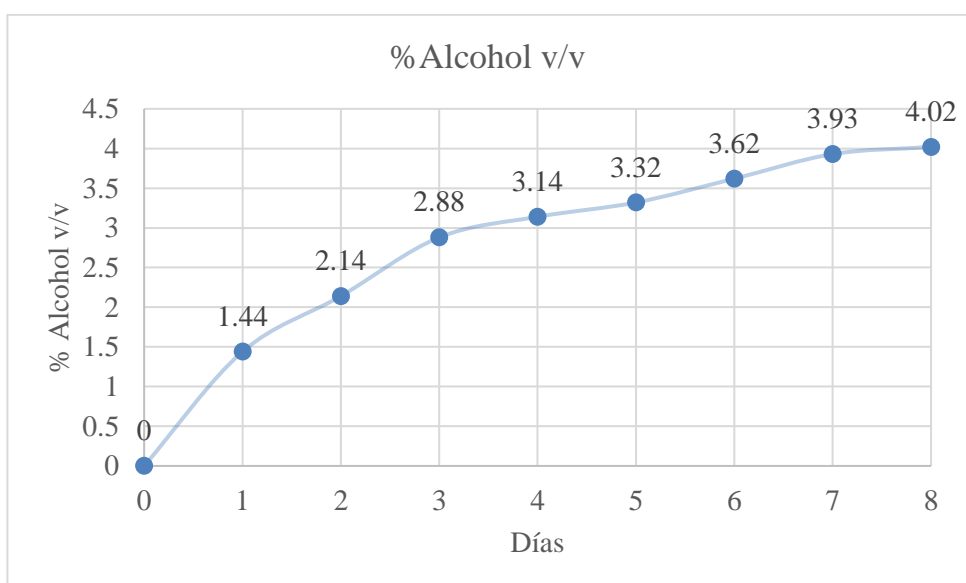


Figura 11. Curva del % Alcohol de la cerveza base durante la fermentación.

Para determinar el alcohol generado se hará uso de la densidad del mosto antes de inocular y después de la fermentación, por lo tanto, el porcentaje de alcohol no es un indicador de la finalización del proceso de fermentación, pero sí de que la conversión de azúcar a etanol está realizándose óptimamente ya que esta tiende a generarse principalmente en dicho proceso. Durante las etapas posteriores se sigue produciendo alcohol, pero la cantidad es despreciable para fines analíticos y de control del proceso de elaboración, por ende, el monitoreo se hará en el producto final para fines prácticos.

Tabla 20

Grado alcohólico del producto final por tratamiento

Tratamientos	%Alcohol v/v			Promedio	Desviación
T ₀	3,97	3,97	3,97	3,97	0,00
T ₁	4,10	3,97	3,97	3,97	0,00
T ₂	3,97	3,97	4,10	4,02	0,08
T ₃	3,97	4,10	4,10	4,02	0,08
T ₄	4,10	3,97	4,10	4,06	0,08
T ₅	4,10	3,97	4,10	4,06	0,08

Nota. Los resultados se obtuvieron al término de la fermentación final con (Fecha: 04/12/2023).

Tabla 21

ANOVA para el Grado alcohólico del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	0,0188	5	0,0038	0,80	0,571	3,11
Dentro de los grupos	0,0563	12	0,0047			
Total	2,0000	17				

La hipótesis de aceptación o rechazo se presenta así:

H₀: No existe diferencia significativa en los tratamientos respecto a su grado alcohólico.

H₁: Existe diferencia significativa entre los tratamientos en al menos 1 tratamiento respecto a su grado alcohólico.

De acuerdo al análisis ANOVA donde $F_0 > F_{crítico}$ debemos aceptar la hipótesis nula, es decir, no existe diferencias significativas entre las medias de los tratamientos y son estadísticamente iguales. Esta conclusión es la esperada de acuerdo a los procedimientos y diseño del experimento debido a que el alcohol proviene de la malta, materia cuya formulación fue la misma en los 6 tratamientos así que la proporción de alcohol no debe variar mucho. La desviación del valor medio pudo haberse debido al extracto de pitahaya y al alcohol generado durante la maduración, pero estadísticamente su influencia es despreciable en el resultado final en el rango trabajado.

4.1.3.3. Brix (%m/m)

Durante el proceso de fermentación los azúcares fermentables en el mosto por acción del metabolismo de la levadura se convierten en etanol y dióxido de carbono. Como tal los grados brix deberán disminuir hasta un punto en que se consuman todos los azúcares fermentables del sustrato, el azúcar residual no puede ser fermentado por acción de la levadura y sirve para endulzar la bebida, pero en el caso de la cerveza es despreciable ya que el lúpulo eclipsa el sabor en el paladar.

En la tabla 22 se muestran los resultados de la medición de los grados brix desde el estado inicial hasta el último día de fermentación de la cerveza base.

Tabla 22

Grados Brix de la cerveza base durante el proceso de fermentación.

Día	Fecha	Brix (% m/m)			Brix (% m/m) Promedio	Desviación
0	06/11/2023	15,0	14,0	15,0	14,67	0,58
1	07/11/2023	12,0	12,0	13,0	12,33	0,58
2	08/11/2023	10,5	10,0	10,5	10,33	0,29
3	09/11/2023	9,0	9,0	9,0	9,00	0,00
4	10/11/2023	8,0	8,5	8,3	8,25	0,25
5	11/11/2023	7,0	7,0	7,5	7,17	0,29
6	12/11/2023	7,0	7,0	7,0	7,00	0,00
7	13/11/2023	7,5	8,0	7,5	7,67	0,29
8	14/11/2023	7,0	7,0	7,0	7,00	0,00

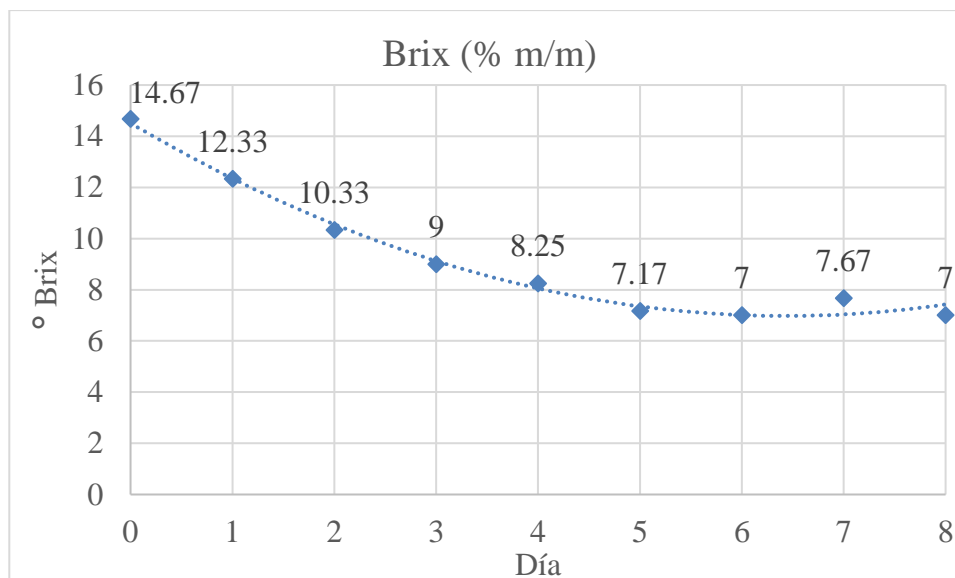


Figura 12. Curva de los grados Brix de la cerveza base durante la fermentación.

Los grados brix es un indicador importante durante la fermentación ya que generalmente una disminución del consumo del azúcar por parte de la levadura nos permite inferir que el proceso de fermentación ha concluido, y por ende es necesario transvasar el contenido en otro recipiente para retirar los sedimentos y el exceso de la levadura de lo contrario esto conlleva a un riesgo donde se generen alcoholes de cadena larga u otras sustancias cuyo sabores y olores no son nada agradable al gusto humano. Como observamos la curva el descenso disminuye, por ende, es necesario empezar el proceso de maduración para mantener el producto en óptimas condiciones.

Tabla 23

Grados brix de los tratamientos al inicio del proceso de maduración.

Tratamientos	Brix (% m/m)			Brix (% m/m) Promedio	Desviación
T ₀	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00
T ₁	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00
T ₂	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00
T ₃	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00
T ₄	6,50	6,50	6,00	6,33	0,29
T ₅	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00

Nota: La medición de los Brix al inicio de maduración se realizaron en la fecha 14/11/2023.

Tabla 24

Grados brix de los tratamientos al final del proceso de maduración.

Tratamientos	Brix (% m/m)			Brix (% m/m) Promedio	Desviación
T ₀	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00
T ₁	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00
T ₂	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00
T ₃	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00
T ₄	6,00	6,00	6,00	6,00	0,29
T ₅	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00

Nota: La medición de los Brix al final de maduración se realizaron en la fecha 21/11/2023.

Como mencionamos anteriormente durante la maduración la generación de alcohol es despreciable pero se sigue generando a partir de los azúcares residuales pero esto conlleva un tiempo prolongado, también debemos tener en cuenta la variación debido a la adición de los volúmenes de la infusión de Jamaica y extracto de pitahaya, estos cambios se ven reflejados al inicio de la maduración mientras que el consumo del azúcar por la levadura que se vuelve a activar se verán reflejados en el final de la maduración.

Tabla 25

Grados brix del producto final por tratamiento

Tratamientos	Brix (% m/m)			Brix (% m/m) Promedio	Desviación
T ₀	6,50	7,00	7,00	6,83	0,29
T ₁	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00
T ₂	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00
T ₃	6,00	6,00	6,50	6,17	0,29
T ₄	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00
T ₅	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00

Nota: La medición de los Brix del producto final se realizaron en la fecha 04/12/2023.

Con estos resultados se realizó un ANOVA para evaluar la hipótesis presentada así:

H₀: No existe diferencia significativa en los tratamientos respecto a su Brix (% m/m)

H1: Existe diferencia significativa entre los tratamientos en al menos 1 tratamiento respecto a su Brix (% m/m).

Tabla 26

ANOVA para el Brix (% m/m) del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	1,6667	5	0,3333	12	2,49x10 ⁻⁴	3,11
Dentro de los grupos	0,3333	12	0,0278			
Total	2,0000	17				

En el producto final se puede observar una diferencia con el producto al final de la maduración, esto debido a la adición de dextrosa un tipo de azúcar fermentable cuya finalidad es carbonatar la bebida (generación de gas). Observando de forma preliminar se observa una gran diferencia entre tres grupos de tratamientos, por ende, la hipótesis nula se debe rechazar y aplicar la prueba de Duncan.

Tabla 27

Prueba de rango múltiple de Duncan para Brix (% m/m) entre tratamientos

Tratamientos	Número de replicas	Sub conjunto para $\alpha = 0.05$		
		A	B	C
T ₀	3	6,00		
T ₁	3	6,00		
T ₂	3	6,17		
T ₃	3		6,5	
T ₄	3		6,5	
T ₅	3			6,83
Sig.		0,27	1,00	1,00

*Las medias que no tienen letras en común presentan diferencias significativas.

La prueba de Duncan establece tres subgrupos (A, B y C) al 95% de confianza. Estos resultados pueden deberse a la adición de la infusión de la flor de Jamaica y extracto pitahaya que modifican el medio modificando la velocidad en la que la levadura metaboliza el azúcar del medio, dando un mayor descenso de la azúcar en los tratamientos con mayor proporción de la infusión de Jamaica y extracto de pitahaya probablemente debido a la disminución del

pH relacionado con la infusión de flor de Jamaica y de los azúcares de la pitahaya que activan la levadura residual de la cerveza. Aun con estos cambios los valores no difieren mucho de la literatura y el producto se mantiene en condiciones óptimas.

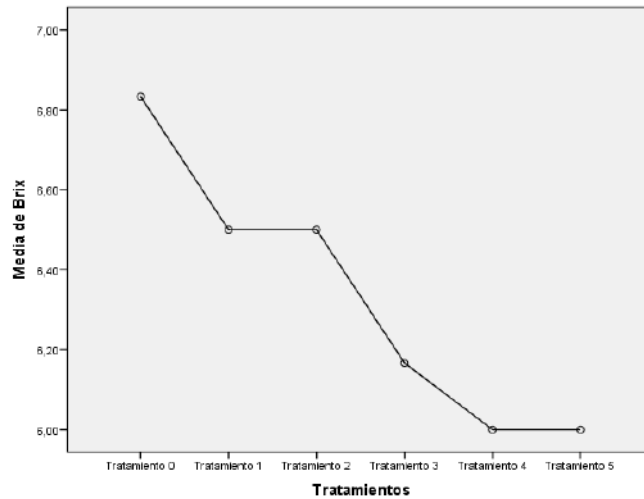


Figura 13. Comparación de Brix (% m/m) del producto final entre tratamientos.

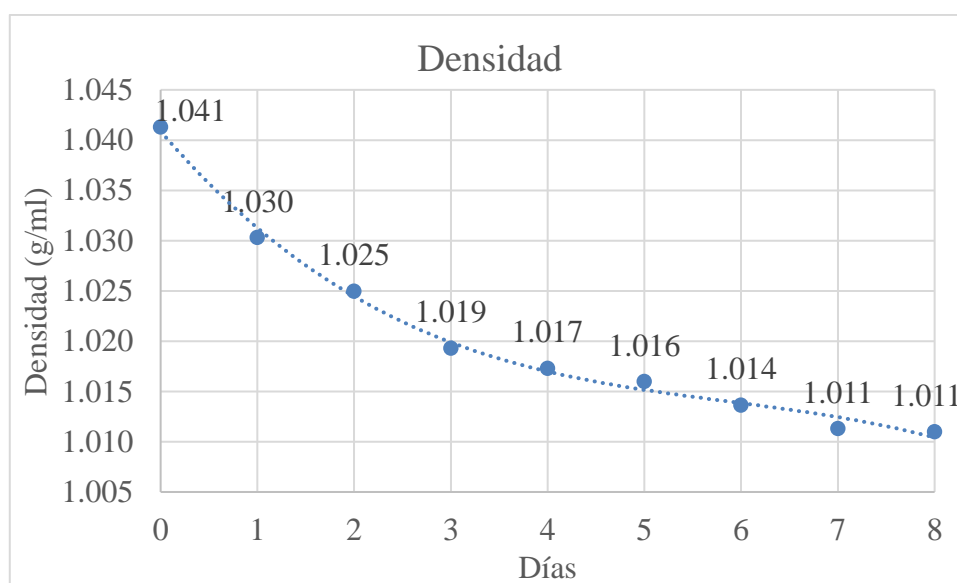
4.1.3.4. Densidad (g/ml)

La densidad un indicador muy importante durante el proceso de fermentación ya que nos da un panorama de la trayectoria del proceso específicamente si la levadura está metabolizando el azúcar para generar alcohol, además de ello medir este parámetro antes de inocular y al final de la fermentación nos permite estimar el grado alcohólico de la bebida. En base a los resultados obtenido podemos decir que el proceso se llevó a cabo en óptimas condiciones produciéndose el mayor consumo del azúcar durante los primeros 4 días, y en los subsiguientes en menor medida hasta mantenerse aproximadamente constante lo que marca el término de esta etapa para iniciar la siguiente.

Tabla 28

Densidad de la cerveza base durante el proceso de fermentación.

Dia	Fecha	Densidad (g/ml)			Promedio (g/ml)	Desviación
0	06/11/2023	1,041	1,042	1,041	1,041	0,001
1	07/11/2023	1,03	1,031	1,030	1,030	0,001
2	08/11/2023	1,025	1,025	1,025	1,025	0,000
3	09/11/2023	1,02	1,019	1,019	1,019	0,001
4	10/11/2023	1,017	1,018	1,017	1,017	0,001
5	11/11/2023	1,016	1,016	1,016	1,016	0,000
6	12/11/2023	1,014	1,013	1,014	1,014	0,001
7	13/11/2023	1,011	1,011	1,012	1,011	0,001
8	14/11/2023	1,011	1,011	1,011	1,011	0,000

*Figura 14. Curva de la densidad durante la fermentación.*

Durante la maduración no es requerido medir la densidad ya que en esta etapa la generación alcohólica es despreciable. Sin embargo, se tomará una muestra al final del proceso de carbonatación para medir la densidad final del producto en cada tratamiento.

Tabla 29

Densidad del producto final por tratamiento.

Tratamientos	Densidad(g/ml)			Promedio (g/ml)	Desviación
T ₀	1,011	1,011	1,011	1,011	0,000
T ₁	1,010	1,011	1,011	1,011	0,001
T ₂	1,011	1,011	1,010	1,011	0,001
T ₃	1,011	1,010	1,010	1,010	0,001
T ₄	1,010	1,011	1,010	1,010	0,001
T ₅	1,010	1,011	1,010	1,010	0,001

Tabla 30

ANOVA para la densidad del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	0,00001	5	0,00	0,8	0,571	3,11
Dentro de los grupos	0,00003	12	0,00			
Total	2,0000	17				

Luego de medir la densidad del producto final de cada tratamiento así como realizar análisis de varianzas podemos concluir que todas las mezclas son estadísticamente iguales, algo que era esperado debido a que la densidad generalmente tiene influencia por tres factores los cuales son la proporción de mezcla de la malta, la cantidad de levadura y la cantidad de floculante agregada durante la etapa de cocción, estos tres factores al ser fijos en todos los tratamientos y no haber sido manipulados minimizan la diferencias de la densidad entre los 6 tratamientos.

4.1.3.5. Potencial de Hidrógeno (pH)

Durante cualquier proceso biológico el pH es una variable fundamental ya que todos ellos verán afectado sus mecanismos de reacción y rendimiento, a ello le sumamos que al mismo tiempo un determinado valor puede propiciar el desarrollo de agentes externo al proceso que queremos llevar a cabo produciendo resultados ajenos a lo que queremos obtener. En el caso de la fermentación alcohólica la levadura requiere un pH ácido para

propiciar su desarrollo óptimo pero en el caso de que este medio se acidifique demasiado quiere decir que el proceso ha sido contaminado con otros agentes que se desarrollan en estas condiciones, haciendo que la levadura tenga que competir por el sustrato y al mismo tiempo estos otros agentes produzcan sustancia que alteren la característica organolépticas del producto, por lo general esta variable puede manipularse hasta cierto grado pero si esta supera los límites la producción entera deberá desecharse para evitar riesgos relacionados a la salud en caso se ingiera el producto.

Los resultados obtenidos durante la fermentación son indicativo del que el proceso se encuentran dentro de los valores acordes al producto, por lo general valores cercanos a 3 nos proporcionaría suficientes razones para realizar un análisis microbiológico para determinar presencia de otros agentes. El valor final 3,49 es un valor cercano al límite esto debido a la utilización de un porcentaje de una malta de característica ácidas con la finalidad de brindarle cierta tonalidad color caramelo a la cerveza base.

Tabla 31

pH de la cerveza base durante el proceso de fermentación.

Dia	Fecha	pH			pH promedio	Desviación
0	06/11/2023	1,041	1,042	1,041	1,041	0,001
1	07/11/2023	1,03	1,031	1,030	1,030	0,001
2	08/11/2023	1,025	1,025	1,025	1,025	0,000
3	09/11/2023	1,02	1,019	1,019	1,019	0,001
4	10/11/2023	1,017	1,018	1,017	1,017	0,001
5	11/11/2023	1,016	1,016	1,016	1,016	0,000
6	12/11/2023	1,014	1,013	1,014	1,014	0,001
7	13/11/2023	1,011	1,011	1,012	1,011	0,001
8	14/11/2023	1,011	1,011	1,011	1,011	0,000

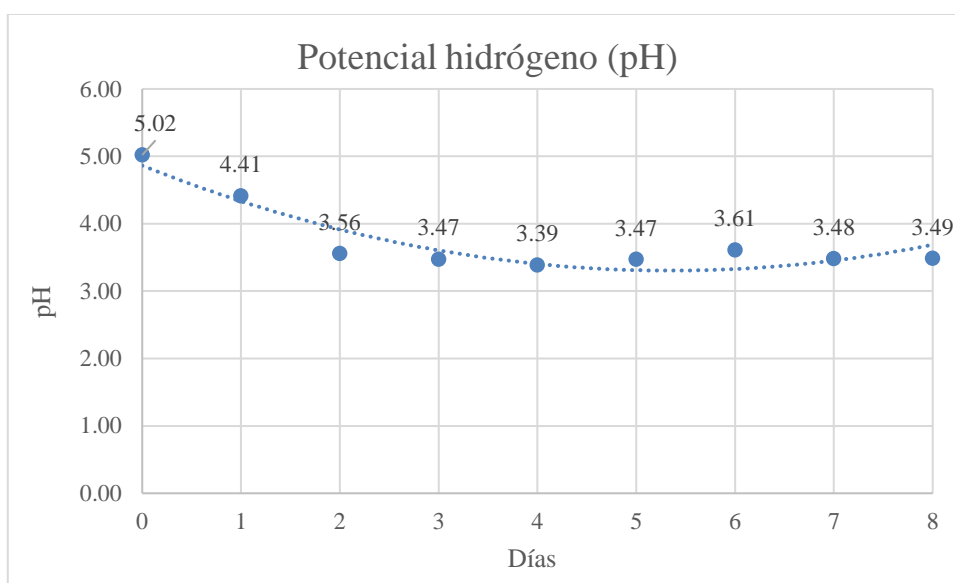


Figura 15. Curva del potencial hidrógeno (pH) durante la fermentación.

En el gráfico se observan que es durante los primeros 4 días que se producen la mayor caída de pH que luego pasa a mantenerse aproximadamente constante, esto coincide porque es en el primero día donde la levadura acidifica su medio para poder multiplicarse, posterior a ello empiezan a morir por carencia de sustrato, si en este punto la curva siguiera descendiendo sería indicador de contaminación.

Por otro lado, en las tablas 32 y 33 se presenta la medición del potencial de hidrogeno al inicio y al final de la maduración de la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tabla 32

pH inicial de maduración en la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tratamientos	pH		pH Promedio		Desviación
T ₀	3,48	3,49	3,49	3,49	0,01
T ₁	3,34	3,33	3,34	3,34	0,01
T ₂	3,15	3,16	3,15	3,15	0,01
T ₃	3,13	3,10	3,15	3,13	0,03
T ₄	3,04	3,03	3,12	3,06	0,05
T ₅	3,15	3,14	3,12	3,14	0,02

Nota: La medición del pH inicial de maduración corresponde a la fecha 14/11/2023.

Tabla 33

pH final de maduración en la cerveza formulada con IDFJ y EDP.

Tratamientos	pH			pH Promedio	Desviación
T ₀	3,46	3,47	3,49	3,47	0,02
T ₁	3,37	3,35	3,37	3,36	0,01
T ₂	3,26	3,26	3,26	3,26	0,00
T ₃	3,23	3,2	3,21	3,21	0,02
T ₄	3,11	3,13	3,1	3,11	0,02
T ₅	3,09	3,07	3,08	3,08	0,01

Nota: La medición del pH final de maduración corresponde a la fecha 21/11/2023.

Durante el proceso de maduración el pH se ve alterados por dos factores, la variación grande es debido al adicionar la infusión de flor de Jamaica así como el extracto de pitahaya; mientras la variación pequeñas es debido a que la levadura carente de azúcar empieza a degradar el exceso de ácidos para establecer un nuevo equilibrio en su medio de este modo teniendo en cuenta es una bebida frutada se pueden encontrar cierta cantidad de ácidos principalmente el láctico característico de la cerveza y cítrico proveniente de la flor de Jamaica y pitahaya.

Tabla 34

pH del producto final por tratamiento

Tratamientos	pH			pH Promedio	Desviación
T ₀	3,49	3,49	3,5	3,49	0,01
T ₁	3,29	3,3	3,32	3,30	0,02
T ₂	3,14	3,16	3,15	3,15	0,01
T ₃	3,08	3,1	3,08	3,09	0,01
T ₄	2,93	2,95	2,91	2,93	0,02
T ₅	2,86	2,85	2,86	2,86	0,01

Nota: La medición del pH del producto final se realizó en la fecha 04/12/2023.

Tabla 35

ANOVA para la densidad del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	0,0836	5	0,1673	1075,3	1,78x10 ⁻¹⁵	3,11
Dentro de los grupos	0,0019	12	0,0002			
Total	0,0855	17				

Finalmente, en el producto final luego de la carbonatación aparecerá otro ácido que disminuirá el pH el dióxido de carbono disuelto formará ácido carbónico. El análisis de varianza nos da como resultado $F_0 > F$, por ende, la hipótesis nula se debe rechazar y aplicar la prueba de Duncan para determinar los rangos y subgrupos de tratamientos. Estas diferencias entre los valores de las medias de los tratamientos son debido principalmente a que la variable manipulada es el extracto de pitahaya y la infusión de flor de Jamaica tienen influencia directa en el pH final del producto debido al aporte de ácidos orgánicos por lo tanto se espera que todos los tratamientos sean estadísticamente diferentes en esta variable.

Tabla 36

Prueba de rango múltiple de Duncan para pH del producto final entre tratamientos

Tratamientos	Número de replicas	Sub conjunto para $\alpha = 0.05$					
		A	B	C	D	E	F
T ₀	3	2,86					
T ₁	3		2,93				
T ₂	3			3,09			
T ₃	3				3,15		
T ₄	3					3,30	
T ₅	3						3,49
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

*Las medias que no tienen letras en común presentan diferencias significativas.

Con la prueba de Duncan se encontró lo que se sospechaba desde un inicio que los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí debido a la variación de concentraciones de la infusión de flor de Jamaica y extracto de pitahaya. Siendo el menor valor el tratamiento 5 que contiene la mayor cantidad de concentrados y el mayor valor el tratamiento 0 que no contiene presencia de ninguno de los concentrados.

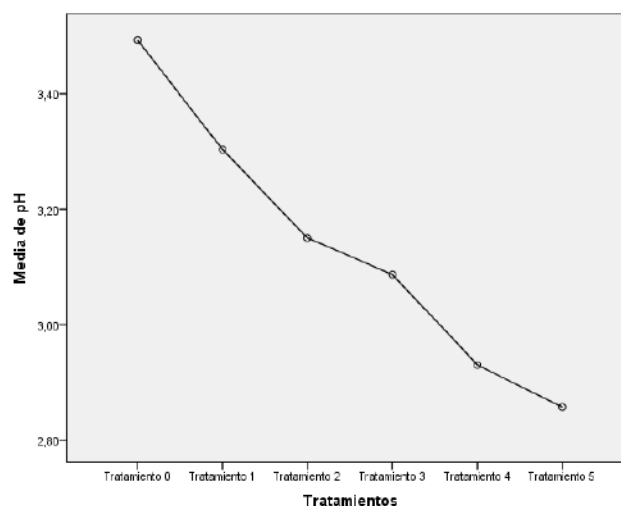


Figura 16. Comparación de pH del producto final entre tratamientos.

4.1.3.6. Sólidos Totales Disueltos (TDS)

Los sólidos totales disueltos es un indicador de la presencia de ciertos iones y minerales, al igual que la densidad permite saber si se está desarrollando la precipitación y sedimentación. Durante la fermentación los sólidos totales deberán ir descendiendo debido a levadura ira consumiendo los distintos componentes disueltos en el mosto para desarrollarse.

Tabla 37

TDS de la cerveza base durante el proceso de fermentación.

Día	Fecha	TDS (ppm)			Promedio TDS (ppm)	Desviación
0	06/11/2023	988	989	986	987,67	1,53
1	07/11/2023	1000	999	1002	1000,33	1,53
2	08/11/2023	764	763	767	764,67	2,08
3	09/11/2023	803	804	803	803,33	0,58
4	10/11/2023	801	802	801	801,33	0,58
5	11/11/2023	827	828	827	827,33	0,58
6	12/11/2023	811	814	812	812,33	1,53
7	13/11/2023	848	850	848	848,67	1,15
8	14/11/2023	820	819	821	820,00	1,00

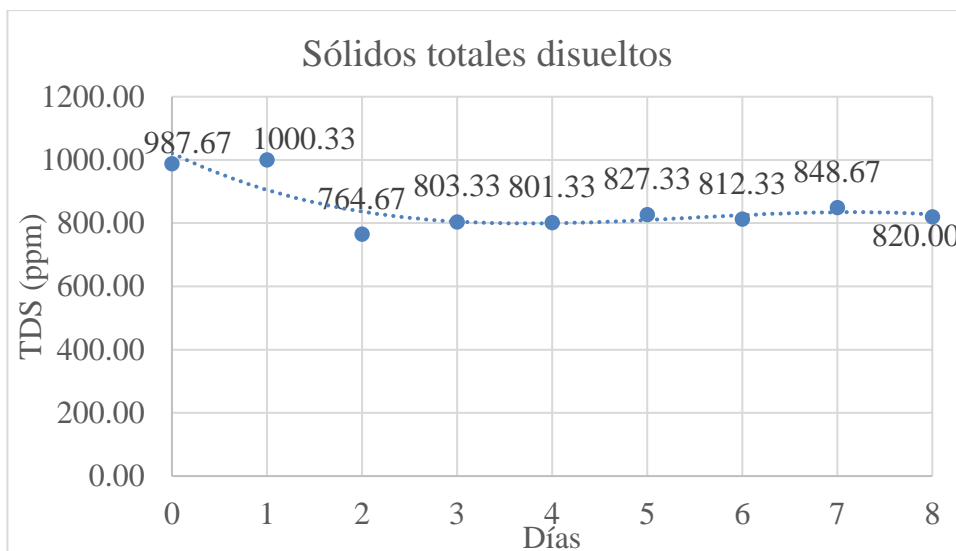


Figura 17. Curva de TDS de la cerveza base durante la fermentación.

Tabla 38

TDS inicial de maduración en la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tratamientos	TDS (ppm)			Promedio	Desviación
T ₀	820	819	821	820,00	1,00
T ₁	984	986	987	985,67	1,53
T ₂	1020	1019	1018	1019,00	1,00
T ₃	1063	1062	1065	1063,33	1,53
T ₄	1206	1208	1210	1208,00	2,00
T ₅	1327	1324	1323	1324,67	2,08

Nota: La medición del pH inicial de maduración corresponde a la fecha 14/11/2023.

Tabla 39

TDS final de maduración en la cerveza formulada con IFDJ y EDP.

Tratamientos	TDS (ppm)			Promedio	Desviación
T ₀	805	808	807	806,67	1,53
T ₁	897	899	900	898,67	1,53
T ₂	959	957	960	958,67	1,53
T ₃	1030	1031	1030	1030,33	0,58
T ₄	1144	1146	1145	1145,00	1,00
T ₅	1216	1217	1216	1216,33	0,58

Nota: La medición del pH final de maduración corresponde a la fecha 21/11/2023.

Durante la maduración el TDS se incrementará debido a la adición de los concentrados en distintas proporciones y debido a que el metabolismo de la levadura es ralentizado el descenso de este será menor en comparación a la fermentación.

Tabla 40

TDS del producto final por tratamiento

Tratamientos	TDS (ppm)			Promedio	Desviación
T ₀	805	808	807	806,67	1,53
T ₁	992	986	987	988,33	3,21
T ₂	1020	1019	1018	1019,00	1,00
T ₃	1030	1031	1030	1030,33	0,58
T ₄	1145	1146	1144	1145,00	1,00
T ₅	1216	1217	1216	1216,33	0,58

Nota: La medición del pH del producto final se realizó en la fecha 04/12/2023.

Tabla 41

ANOVA para TDS del producto final entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Promedio Cuadrado	F ₀	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico F
Entre grupos	298711,94	5	59742,18	23377,38	0	3,11
Dentro de los grupos	31,67	12	2,56			
Total	298741,61	17				

De acuerdo al análisis ANOVA donde $F_0 > F_{critico}$ debemos rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, existen diferencias significativas al menos entre un par de media de los tratamientos. Dado el rechazo de la hipótesis nula debemos recurrir a realizar la prueba de Duncan para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos emparejados de medias de cada uno de los tratamientos. Los resultados obtenidos mediante este procedimiento son los siguientes:

Tabla 42

Prueba de rango múltiple de Duncan para pH del producto final entre tratamientos

Tratamientos	Número de replicas	Sub conjunto para $\alpha = 0.05$					
		A	B	C	D	E	F
T_0	3	807					
T_1	3		988				
T_2	3			1019			
T_3	3				1030		
T_4	3					1145	
T_5	3						1216
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

*Las medias que no tienen letras en común presentan diferencias significativas.

Realizada la prueba de rango múltiples de Duncan nos permite interpretar que todas las magnitudes de las medias son significativamente diferentes obteniendo como resultado 6 subgrupos (A, B, C, D, E, F). Dichos resultados son completamente acertados debido a que finalizada la fermentación la variación de los componentes disueltos en la bebida dependerán exclusivamente de las proporciones de mezclas con los concentrados de Jamaica y pitahaya. Siendo el menor valor el tratamiento 0 carente de estos concentrados y el mayor valor el tratamiento 5 con la mayor proporción de concentrados.

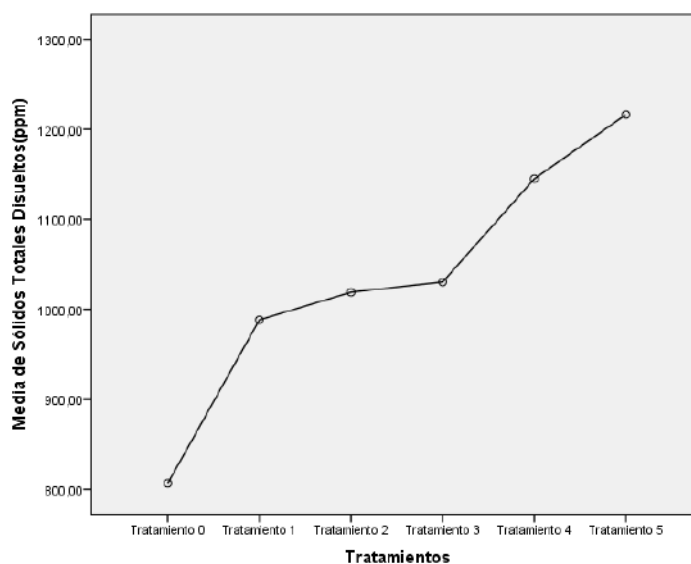


Figura 18. Comparación de TDS del producto final entre tratamientos.

4.1.4. Evaluación sensorial

4.1.4.1. Evaluación y análisis estadístico de los atributos sensoriales.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos y el análisis estadístico detallado por atributo sensorial como sabor, color, aroma y transparencia, que son evaluados y comparados ente los 5 tratamientos de estudio.

4.1.4.1.1. Sabor

La prueba bidimensional de Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor fue elaborada en base a 100 panelistas, con 4 grados de libertad para el sistema realizado y empleando como estadístico de contraste 122,459.

Tabla 43

Análisis Friedman por rangos para el atributo sabor

Hipótesis	Prueba	Sig.	Respuesta
La calificación obtenida por los tratamientos 1;2;3;4 y 5 para el atributo <i>sabor</i> no presentan diferencias significativas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,000	Se debe rechazar la hipótesis planteada para la prueba y determinar los subconjuntos homogéneos.

*La prueba fue realizada con un nivel de confianza de 0,05.

Dado que la significancia que se muestra en la Tabla 43 obtenida es 0,000 aproximadamente ya que en realidad la cifra exacta es tan pequeña que el programa lo redondea a cero, al ser menor al nivel de confianza de la prueba se debe rechazar la hipótesis planteada de que no hay diferencias significativas en el atributo *sabor* de los tratamientos y determinar los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples datos que se presentan en las Tabla 44 y Tabla 45.

Tabla 44

Comparaciones múltiples para el atributo sabor

Tratamiento i Tratamiento j	Estadístico de Prueba	Error Estándar	Desviación Estadístico de Prueba	Significancia	Significancia Ajustada
Tratamiento 1 Tratamiento 2	-1,560	0,224	-6,977	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 3	-1,820	0,224	-8,139	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 4	-1,985	0,224	-8,877	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 5	-2,185	0,224	-9,772	0,000	0,000*
Tratamiento 2 Tratamiento 3	-0,260	0,224	-1,163	0,245	1,000
Tratamiento 2 Tratamiento 4	-0,425	0,224	-1,901	0,057	0,573
Tratamiento 2 Tratamiento 5	-0,625	0,224	-2,795	0,005	0,052
Tratamiento 3 Tratamiento 4	-0,165	0,224	-0,738	0,461	1,000
Tratamiento 3 Tratamiento 5	-0,365	0,224	-1,632	0,103	1,000
Tratamiento 4 Tratamiento 5	-0,200	0,224	-0,894	0,371	1,000

* La significancia ajustada está por debajo del nivel de confianza de 0,05, lo que indica que la diferencia entre esos tratamientos es estadísticamente significativa.

Según la **Tabla 44** cada fila pone a prueba la igualdad de los puntajes obtenidos del tratamiento i y tratamiento j.

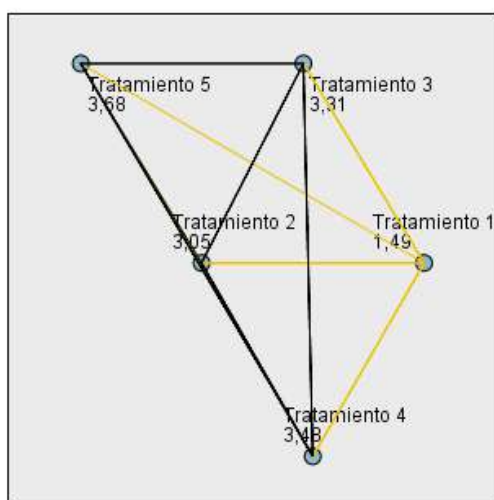


Figura 19. Diagrama de nodos para las comparaciones múltiples del atributo sabor.

Tabla 45

Subconjuntos Homogéneos para el atributo sabor

Tratamientos	Subconjuntos para alfa=0,05		
	1	2	3
Tratamiento 1	1,490		
Tratamiento 2		3,050	
Tratamiento 3		3,310	3,310
Tratamiento 4		3,475	3,475
Tratamiento 5			3,675
Estadístico de Contraste	-	6,320	3,815
Significancia	-	0,042	0,148
Significancia Ajustada	-	0,070	0,235

*Los subconjuntos homogéneos fueron determinados en base al nivel de significancia de 0,05 para la prueba realizada. *En cada celda del apartado de subconjuntos se muestra el valor medio de la calificación designada por los panelistas para el atributo evaluado.

Según la Tabla N° se observa que el subconjunto 1 es el que mejor sabor posee siendo según el ordenamiento ocupando la posición 1, este subgrupo está formado únicamente por el tratamiento 1. De acuerdo a la distribución de los subconjuntos podemos inferir que el escalamiento de las concentraciones de la esencia de flor de Jamaica y extracto de pitahaya en la cerveza artesanal tiene un efecto contrario a la preferencia del atributo sabor de la cerveza artesanal, pero esto se tendría que validar frente un panel entrenado de catadores que por limitaciones del presente trabajo no se realizará.

4.1.4.1.2. Aroma

Tabla 46

Análisis Friedman por rangos para el atributo aroma.

Hipótesis	Prueba	Sig.	Respuesta
La calificación obtenida por los tratamientos 1;2;3;4 y 5 para el atributo <i>aroma</i> no presentan diferencias significativas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,248	Se debe conservar la hipótesis planteada para la prueba.

*La prueba fue realizada con un nivel de confianza de 0,05.

La prueba de Friedman para el atributo aroma fue elaborada en base a 100 panelistas, con 4 grados de libertad para el sistema realizado y empleando como estadístico de contraste 1,416. Dado que la significancia que se muestra en la Tabla 43 obtenida es 0,248 que es mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en el atributo *aroma* de los tratamientos. Es decir, todos ocupan la misma posición dentro del ordenamiento de preferencia según el consumidor.

4.1.4.1.3. Color

Tabla 47

Análisis Friedman por rangos para el atributo color

Hipótesis	Prueba	Sig.	Respuesta
La calificación obtenida por los tratamientos 1;2;3;4 y 5 para el atributo <i>color</i> no presentan diferencias significativas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,247	Se debe conservar la hipótesis planteada para la prueba.

*La prueba fue realizada con un nivel de confianza de 0,05.

La prueba Friedman para el atributo color fue elaborada en base a 100 panelistas, con 4 grados de libertad para el sistema realizado y empleando como estadístico de contraste 5,417 Dado que la significancia que se muestra en la Tabla 44 obtenida es 0,247 que es mayor al nivel de confianza de la prueba realizada se debe conservar la hipótesis de que no hay diferencias significativas en el atributo *color* de los tratamientos. Es decir, todos ocupan la misma posición dentro del ordenamiento de preferencia según el consumidor.

4.1.4.1.4. Transparencia.

Tabla 48

Análisis Friedman por rangos para el atributo transparencia

Hipótesis	Prueba	Sig.	Respuesta
La calificación obtenida por los tratamientos 1;2;3;4 y 5 para el atributo <i>transparencia</i> no presentan diferencias significativas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,000	Se debe rechazar la hipótesis planteada para la prueba y determinar los subconjuntos homogéneos.

*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

La prueba Friedman para el atributo transparencia fue elaborada en base a 100 panelistas, con 4 grados de libertad para el sistema realizado y empleando como estadístico de contraste 69,600. Dado que la significancia que se muestra en la Tabla 48 obtenida es 0,000 aproximadamente ya que en realidad la cifra exacta es tan pequeña que el programa lo redondea a cero, al ser menor al nivel de confianza de la prueba se debe rechazar la hipótesis planteada de que no hay diferencias significativas en el atributo *transparencia* de los tratamientos y determinar los subconjuntos homogéneos los cuales se presentan en la Tabla 49.

Tabla 49

Comparaciones múltiples para el atributo transparencia

Tratamiento i Tratamiento j	Estadístico de Prueba	Error Estándar	Desviación Estadístico de Prueba	Significancia	Significancia Ajustada
Tratamiento 1 Tratamiento 3	-0,680	0,224	-3,041	0,002	0,024*
Tratamiento 1 Tratamiento 2	-0,720	0,224	-3,220	0,001	0,013*
Tratamiento 1 Tratamiento 4	-1,340	0,224	-5,993	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 5	-1,710	0,224	-7,647	0,000	0,000*
Tratamiento 3 Tratamiento 2	-0,040	0,224	-0,179	0,858	1,000
Tratamiento 3 Tratamiento 4	-0,660	0,224	-2,952	0,003	0,032*
Tratamiento 3 Tratamiento 5	-1,030	0,224	-4,606	0,000	0,000*
Tratamiento 2 Tratamiento 4	-0,620	0,224	-2,773	0,006	0,056
Tratamiento 2 Tratamiento 5	-0,990	0,224	-4,427	0,000	0,000
Tratamiento 4 Tratamiento 5	-0,370	0,224	-1,655	0,098	0,980

*. La significancia ajustada es menor al nivel de confianza 0,05 por lo tanto la diferencia significativa entre dichos tratamientos es significativa.

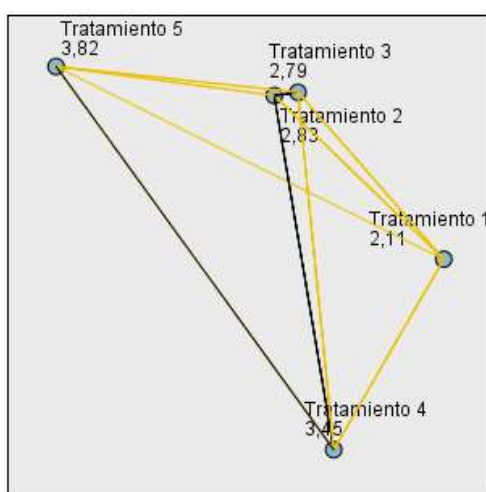


Figura 20. Diagrama de nodos para las comparaciones múltiples del atributo transparencia.

Tabla 50

Subconjuntos Homogéneos para el atributo transparencia

Tratamientos	Subconjuntos para alfa=0,05		
	1	2	3
Tratamiento 1	2,110		
Tratamiento 3		2,790	
Tratamiento 2		2,830	
Tratamiento 4			3,450
Tratamiento 5			3,820
Estadístico de Contraste	-	0,640	3,240
Significancia	-	0,424	0,072
Significancia Ajustada	-	0,748	0,170

Nota: Los subconjuntos homogéneos fueron determinados en base al nivel de significancia de 0,05 para la prueba realizada. En cada celda del apartado de subconjuntos se muestra el valor medio de la calificación designada por los panelistas para el atributo evaluado.

Según la Tabla 50 se observa que el subconjunto 1 es el más preferido por el consumidor ocupando la posición 1, este subgrupo está formado por el tratamiento 1, en cambio el subconjunto 3 formado por los tratamientos 4 y 5 ocupan la posición 3 dentro del ordenamiento siendo el grupo menos preferido por el consumidor para el atributo evaluado.

4.1.4.2. Determinación del tratamiento óptimo

Para determinar cuál es la mezcla con mayor aceptabilidad y óptima después de la evaluación sensorial se hará uso de la columna “Apreciación General”, calificación de los panelistas con la cual se realizará el mismo procedimiento que se hizo en el apartado anterior para cada uno de los atributos (prueba bidimensional de Friedman de varianza para rangos y determinación de los subconjuntos homogéneos mediante comparaciones múltiples).

Tabla 51

Análisis Friedman de varianza por rangos para la aceptabilidad

Hipótesis	Prueba	Sig.	Respuesta
La calificación obtenida por los tratamientos 1;2;3;4 y 5 para la aceptabilidad presentan diferencias significativas.	Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos.	0,000	Se debe rechazar la hipótesis planteada para la prueba y determinar los subconjuntos homogéneos.

*El nivel de confianza de la prueba realizada es 0,05.

La prueba Friedman para el atributo transparencia fue elaborada en base a 100 panelistas, con 4 grados de libertad para el sistema realizado y empleando como estadístico de contraste 58,971. Dado que la significancia que se muestra en la Tabla N° obtenida es 0,000 aproximadamente ya que en realidad la cifra exacta es tan pequeña que el programa lo redondea a cero, al ser menor al nivel de confianza de la prueba se debe rechazar la hipótesis planteada de que no hay diferencias significativas en la aceptabilidad de los tratamientos y determinar los subconjuntos homogéneos los cuales se presentan en la Tabla 52.

Tabla 52

Comparaciones múltiples para la apreciación general

Tratamiento i Tratamiento j	Estadístico de Prueba	Error Estándar	Desviación Estadístico de Prueba	Significancia	Significancia Ajustada
Tratamiento 1 Tratamiento 2	-1,430	0,224	-6,395	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 3	-1,880	0,224	-8,408	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 5	-2,145	0,224	-9,593	0,000	0,000*
Tratamiento 1 Tratamiento 4	-2,345	0,224	-10,487	0,000	0,000*
Tratamiento 2 Tratamiento 3	-0,450	0,224	-2,012	0,044	0,442
Tratamiento 2 Tratamiento 5	-0,715	0,224	-3,198	0,001	0,014*
Tratamiento 2 Tratamiento 4	-0,915	0,224	-4,092	0,000	0,000*
Tratamiento 3 Tratamiento 5	-0,266	0,224	-1,185	0,236	1,000
Tratamiento 3 Tratamiento 4	-0,465	0,224	-2,080	0,038	0,376
Tratamiento 5 Tratamiento 4	-0,200	0,224	-0,894	0,371	1,000

* La significancia ajustada está por debajo del nivel de confianza de 0,05. lo que indica que la diferencia entre esos tratamientos es estadísticamente significativa.

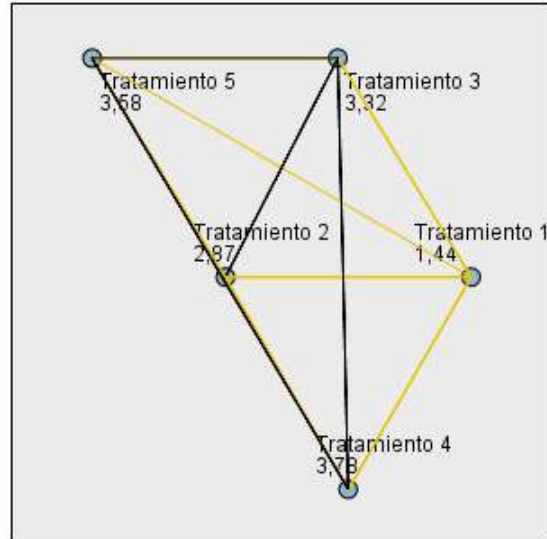


Figura 21. Diagrama de nodos de comparaciones múltiples para aceptación general.

Tabla 53

Subconjuntos Homogéneos para $\alpha=0,050$ de la apreciación general

Tratamientos	Subconjuntos para $\alpha=0,05$		
	1	2	3
Tratamiento 1	1,440		
Tratamiento 2		2,870	
Tratamiento 3			3,320
Tratamiento 5			3,585
Tratamiento 4			3,785
Estadístico de Contraste	-	-	6,935
Significancia	-	-	0,031
Significancia Ajustada	-	-	0,051

Nota: Los subconjuntos homogéneos fueron determinados en base al nivel de significancia de 0,05 para la prueba realizada. En cada celda del apartado de subconjuntos se muestra el valor medio de la calificación designada por los panelistas para el atributo evaluado.

Según la Tabla 53 se observa que el subconjunto 1 es el mejor calificado para la aceptabilidad ocupando la posición 1; en cambio el subconjunto 3 formado por los tratamientos 2;4 y 5 obtuvieron la calificación más baja ocupando la posición 3 dentro del ordenamiento mientras el tratamiento 3 ocupó la posición 2 para la aceptabilidad. Por lo tanto, la mezcla que más gustó fue el tratamiento 1 ocupando la primera posición entre las muestras degustadas por los panelistas esto se resume en la Tabla 54.

Tabla 54

Orden de posición del tratamiento por aceptabilidad

Tratamientos	Posición
Tratamiento 1	1°
Tratamiento 3	2°
Tratamiento 2	3°
Tratamiento 4	3°
Tratamiento 5	3°

4.1.5. Determinación de la capacidad antioxidante de la cerveza artesanal

Los tratamientos T2, T3, T4 y T5 tienen un contenido de polifenoles significativamente mayor que la cerveza base. El tratamiento T5 tiene el mayor contenido de polifenoles, con 78,34 mg EAG/100 mL. La cerveza base tiene una capacidad antioxidante de 481,08 μ Mol ET/100 mL. Los tratamientos T2, T3 y T4 tienen una capacidad antioxidante muy sobresaliente frente a la cerveza base. El tratamiento T5 tiene la mayor capacidad antioxidante, con 825,19 μ Mol ET/100 mL.

Tabla 55

Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de los tratamientos.

Muestra- Tratamiento	Contenido de polifenoles totales (mg EAG/100 mL)	Capacidad antioxidante ABTS (μMol ET/100 mL)
Cerveza base	30,58 \pm 2,62	481,08 \pm 39,28
T1	54,70 \pm 2,36	410,89 \pm 35,86
T2	61,97 \pm 1,56	519,93 \pm 18,04
T3	68,27 \pm 5,19	661,90 \pm 43,10
T4	78,40 \pm 6,49	718,42 \pm 59,05
T5	78,34 \pm 2,67	825,19 \pm 125,39

EAG: Equivalente ácido gálico. ABTS: radical ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico. ET: Equivalente Trolox. μ Mol: micromolar.

Los resultados de la tabla sugieren que los tratamientos T2, T3, T4 y T5 aumentan significativamente el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de la cerveza. Sin embargo, T1 tiene una capacidad antioxidante menor a la cerveza base, esto puede deberse a las siguientes razones:

Falta de sinergia en bajas concentraciones: Es posible que las concentraciones de IFDJ (2,5%) y EDP (1,5%) en T1 sean demasiado bajas para generar una sinergia positiva entre sus compuestos antioxidantes. En los demás tratamientos, con mayores concentraciones, se podría estar observando el efecto sinérgico.

Mayor competencia en bajas concentraciones: A bajas concentraciones, como en T1, la competencia por radicales libres entre los compuestos de IFDJ y EDP podría ser más significativa, reduciendo la capacidad antioxidante total. En los demás tratamientos, con mayores concentraciones, la abundancia de compuestos antioxidantes podría superar la competencia.

Saturación de sitios de unión: Es posible que los sitios de unión para los radicales libres en el ensayo ABTS se saturen con las bajas concentraciones de IFDJ y EDP en T1, limitando la capacidad antioxidante total. En los demás tratamientos, con mayores concentraciones, la saturación podría no ser un problema.

4.2. Contrastación de Hipótesis

4.2.1. *Contrastación de Hipótesis específica 1*

La primera hipótesis de la investigación se expresa como la hipótesis alternativa (Ha) como se muestra a continuación:

Ho: Determinando las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica y Pitahaya no se obtendrá un producto aceptable.

Ha: Determinando las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica y Pitahaya se obtendrá un producto aceptable.

En los resultados del apartado 4,1,3., se pudo presentar las mediciones y comparaciones de cada característica fisicoquímica, desde un estado inicial hasta como del producto final obtenido de los 5 tratamientos, el rango de las medidas fue: % acidez (0,35-0,47), % Alcohol (3,97-4,06), % Brix (6,50-6,00), densidad (1,011-1,010 g/ml), pH (3,30-2,86) y TDS (988,33-1216,33) ppm. Aunque existen diferencias significativas entre las medidas para los tratamientos respecto a cada característica fisicoquímica, todas se ajustan a los valores que normalmente se espera conseguir en cervezas comunes y artesanales, como el pH, el grado alcohólico y el % de acidez. Además, estas características hacen propicio que la cerveza sea estable durante su almacenamiento, por lo tanto, se acepta la hipótesis

alternativa, evaluando las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Pitahaya y Flor de Jamaica se obtendrá un producto aceptable.

4.2.2. Contratación de Hipótesis específica 2

La hipótesis de la investigación se expresa como la hipótesis alternativa (Ha) como se muestra a continuación:

Ho: Determinando el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) no se encontrará un alto nivel aceptable.

Ha: Determinando el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) se encontrará un alto nivel aceptable.

Después de evaluar la capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica Pitahaya se pudo contrastar que los 5 tratamientos tienen una capacidad antioxidante y contenido de polifenoles significativamente mayor que la cerveza base. El tratamiento T5 tiene el mayor contenido de polifenoles, con 78,34 mg EAG/100 mL y además la mayor capacidad antioxidante con 825,19 μ Mol ET/100 mL. Los resultados sugieren que los tratamientos aumentan significativamente el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de la cerveza. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada con Ha.

4.2.3. Contratación de Hipótesis específica 3

La hipótesis de la investigación se expresa como la hipótesis alternativa (Ha) en:

Ho: Determinando la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) más aceptable sensorialmente no se podrá estandarizar la formulación final.

Ha: Determinando la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus undatus*) más aceptable sensorialmente se podrá estandarizar la formulación final.

En esta investigación se encontró que la cerveza artesanal formulada mediante el tratamiento T1 (2,5% IFDJ +1,5% EDP) es el mejor calificado para la aceptabilidad general. Este tratamiento se eligió como la óptima, por lo que su formulación completa es: 5 L de

Agua, 125 ml de extracto de flor de Jamaica, 75 ml de extracto de pitahaya, 800g de malta pilsen, 4,92g de lúpulo, 10 g de floculante y 2,30g de levadura, esta descripción se mostró en la tabla 6. Por lo tanto, se acepta Ha, se puede estandarizar y recomendar el tratamiento 1 por ser el más aceptable.

CAPITULO V. DISCUSION

5.1. Discusión de Resultados

Los resultados reportados en esta investigación, respecto a las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal formulada mediante el mejor tratamiento (T1: Cerveza base + 2,5% IFDJ + 1,5% EDP) fueron: % acidez (0,35), %Alcohol (3,97), % Brix (6,50), densidad (1,011 g/ml), pH (3,30) y TDS (988,33 ppm).

La determinación de Contenido de polifenoles totales (mg EAG/100 mL) y Capacidad antioxidante ABTS (uMol ET/100 mL) del mejor tratamiento (T1) fueron $54,70 \pm 2,36$ y $410,89 \pm 35,86$ respectivamente.

Por su parte, Camelo et al. (2022) elaboraron una cerveza artesanal tipo lager mediante la infusión de pitahaya como sabor principal en la bebida. La cerveza obtenida tuvo un contenido de alcohol de 12,5% v/v, pH de 5,5 y una densidad de $1,1067 \text{ g/cm}^3$ según el análisis fisicoquímico. En cuanto al análisis sensorial, exhibe un color rubio con tonos cobre y rojizos, un sabor amargo, suave y cítrico. En comparación con la presente investigación, los resultados difieren en gran medida, esto puede deberse a que se empleó solo pitahaya y cerveza base en la formulación.

Dalla et al. (2020) en su estudio de la adición de pitaya en la producción de cerveza, encontró la relación a los compuestos fenólicos, la muestra control obtuvo un valor menor (2,41 mgGAE/g) en relación a los demás tratamientos agregados al fruto como el tratamiento de Pitaya 30 g/L(mat) con 2,77 mgGAE/g, difiriendo significativamente ($p < 0,05$). Esto se debe a la migración de compuestos fenólicos presentes en la fruta hacia la cerveza. En esta investigación, el mejor tratamiento obtuvo el nivel más bajo de Contenido de polifenoles totales ($54,70 \pm 2,36 \text{ mg EAG/100 mL} = 0,5570 \pm 0,0236 \text{ mg EAG/mL}$) respecto a los otros 4 tratamientos, estos valores son inferiores a los obtenidos por Dalla et al. (2020), esto puede deberse a que ellos usaron 30g/L de pitahaya (3% de la mezcla total) en su formulación frente al 1,5 % de extracto de pitahaya evaluada en esta investigación.

Solano (2023) registró en la cerveza artesanal de pitahaya estudios tanto iniciales como finales, con valores de pH de $4,34 \pm 0,021$ y $4,67 \pm 0,19$ respectivamente. Asimismo, se observaron valores de densidad inicial de 1053,81g/ml y final de 1049,00 g/ml, junto con niveles de grados brix iniciales de 16 y finales de 6, además de un grado alcohólico del 3,75 %. En comparación con los resultados de esta investigación, tales como, %Alcohol 3,97, %

Brix (6,50), densidad (1,011 g/ml) y pH (3,30) para el mejor tratamiento (T1) son muy cercanos a los valores de Solano (2023).

Viteri et al. (2022) realizaron una evaluación de la calidad sensorial y fisicoquímica de la cerveza artesanal con la influencia de agregar infusión de Flor de Jamaica deshidratada, obteniendo valores de 0,40% a 0,55% para la acidez, 6,17% a 6,66% v/v para el grado alcohólico, y 3,27 a 3,71 para el pH. En cuanto a las características sensoriales, se observaron diferencias significativas en las variables de persistencia de espuma, color, vivacidad y transparencia. En comparación con la presente investigación, estos resultados se acercan en gran medida.

Díaz (2018) logró la formulación de dos variedades de cerveza: Amaranto Pale Ale, una cerveza rubia con un contenido alcohólico del 4%, y Amaranto Porter, una cerveza oscura con una graduación alcohólica del 3,5%. En comparación con esta investigación, se obtuvo 3,97 % de Alcohol para el mejor tratamiento (T1), siendo muy cercano al reportado por Díaz (2018).

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Es posible la formulación y elaboración de cerveza artesanal a base de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y pitahaya (*Hylocereus undatus*), ya que, permite obtener un producto aceptable de muy buenas características fisicoquímicas, antioxidantes y sensoriales

Se evaluó el efecto agregar infusión de flor de Jamaica y extracto de pitahaya para obtener una cerveza artesanal, la formulación T1 obtuvo las siguientes características fisicoquímicas, acidez: 0,35%, brix: 6,5%. densidad: 1,011 g/ml, pH: 3.30, TDS: 988,33 y %alcohol: 3,97. La capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales fueron 410,89 uMol ET/100 ml y 54,70 mg EAG/100 ml respectivamente.

Así mismo, el tratamiento T5 (Cerveza base + 12,5% IFDJ +3,5% EDP) tiene el mayor contenido de polifenoles, con 78,34 mg EAG/100 mL y además la mayor capacidad antioxidante con 825,19 μ Mol ET/100 mL. Los resultados sugieren que cuanto más es la concentración IFDJ y EDP, la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles de la cerveza artesanal aumentan significativamente.

Los atributos aceptabilidad, transparencia y sabor, fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos, siendo el tratamiento T1 (Cerveza base + 2,5%, IFDJ + 1,5% EDP) el más aceptable sensorialmente.

6.2. Recomendaciones

Investigar la estabilidad física y química de las cervezas a base de pitahaya y flor de Jamaica durante su almacenamiento. Esto podría proporcionar información crucial sobre el tiempo de vida útil de la cerveza y las mejores prácticas de almacenamiento.

Realizar análisis para determinar el contenido nutricional de la cerveza artesanal elaborada, incluyendo la concentración de vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos presentes en la flor de Jamaica y la pitahaya. Esto ayudaría a evaluar el impacto positivo en la salud.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Cabezas Vergara, M. E., & Uribe Campaña, R. E. (2021). *Evaluación de la tonalidad y pureza de color cie $l^* a^* b$ de una bebida alcohólica de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con maíz morado (*Zea Mays L*) y flor de Jamaica*. <https://sci-hub.ren/https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6470>
- Camelo Diaz, M. E., Cortega Jurado, C. A., & González Amaya, J. F. (2022). *Elaboración de cerveza artesanal tipo lager mediante la infusión de pitaya y reutilización de la biomasa como fuente de aprovechamiento* [B.S. thesis, Ingeniería Química]. <https://sci-hub.ren/https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/11831>
- Dalla Santa, O. R., Rosa, C. T., da Silva, N. S. R., Micheletti, I. N., Kruger, R. L., Mesomo, M. C., & Zanette, C. M. (2020). Estudio da adição de pitaya na produção de cerveja. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 80891-80900.
- David Requena, M. I., & Morales Huaman, F. E. (2019). *Gustos y preferencias del consumidor limeño al momento de comprar cerveza en un supermercado*. <https://sci-hub.ren/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626095>
- Díaz Alulema, D. A. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales* [B.S. thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018]. <https://sci-hub.ren/https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10424>
- Duran Simon, L. M., & Vara Arratea, C. S. (2021). *Elaboración de una bebida refrescante de las diferentes variedades del extracto del mesocarpio de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*, *Selenicereus megalanthus*, *Hylocereus costaricensis*) edulcorado con stevia*. <https://sci-hub.ren/https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20,500,13080/6468>
- Echia Morales, D. B. (2018). *Elaboración de cerveza utilizando una mezcla de malta de cebada y papa nativa amarilla "Tumbay"*. <https://sci-hub.ren/https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20,500,13080/6468>

hub.ren/https://repositorio.usil.edu.pe/items/98933078-b953-41a3-9f26-ac0b4bc79a46

Espinoza Montero, M. G. (2022). *Caracterización de vino de pitahaya roja (Hylocereus polyrhizus) con la inclusión de flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) y dos tipos de levaduras*. <https://sci-hub.ren/http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19144>

González-Palomares, S., Borrás-Linares, I., Herranz-López, M., Olivares-Vicente, M., Abellán, A., & Barraón-Catalán, E. (2018). Contenido de compuestos fenólicos en diferentes variedades de cebada y maltas correspondientes mediante extracción asistida por microondas: optimización y caracterización. *Química de los Alimentos*, 239, 36-45.

Pachas, J. C. (2019). Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales. *Peruvian Agricultural Research*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10,51431/par.v1i1,480>

Pellegrin de la Flor, C. M., & Plasencia Mas, J. M. (2021). *Análisis sectorial de cervezas artesanales*. <https://sci-hub.ren/https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5240>

Rodríguez-Saavedra, M. (2021). *Cerveza artesanal: Innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal*. <https://sci-hub.ren/https://digital.csic.es/handle/10261/263763>

Rusvel. (2019, mayo 11). Organic Life Perú: La Flor de Jamaica Peruana - ORGANIC LP. *Organic Life Perú*. <https://organiclifeperu.blogspot.com/2019/05/la-flor-de-jamaica-organic-lp.html>

Solano Vara, Z. L. (2023). *Cerveza artesanal de pitahaya (selenicereus undatus fruta, hylocereus undatus planta), a nivel piloto para la creación de pequeños emprendimientos o microempresas*. <https://sci-hub.ren/http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20,500,14067/7342>

- Urbina Torres, F. (2009). *Cultivo de Flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa L) y (Hibiscus cruentus Bertol)*. <https://docplayer.es/21424645-Cultivo-de-flor-de-Jamaica-hibiscus-sabdariffa-l-y-hibiscus-cruentus-bertol.html>
- Vásquez, M., & Bacalla, Y. (2018). *Propuesta de modelo de negocio para mejorar el posicionamiento de mercado, asociación la flor de la pitahaya, Distrito de Churuja Amazonas* [PhD Thesis]. Tesis Ing. Agr. Chachapoyas, Perú. UNT.
- Viteri Borja, J. G., Párraga Alava, R. C., García Mendoza, J. J., Barre Zambrano, R. L., & Romero Bravo, J. P. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10,57188/manglar,2022,042>
- Zanin, T. (2024). *Flor de Jamaica: 8 beneficios, para qué sirve y cómo consumir*. Tua Saúde. <https://www.tuasaude.com/es/flor-de-Jamaica/>

ANEXOS

Anexo 1

Prueba de Preferencia por Ordenación

Fecha:/...../.....

Apellidos y Nombres :

Edad:

Instrucciones:

- Ud. tiene cinco muestras de cerveza artesanal codificada
- Evalúe o deguste las muestras de izquierda a derecha y asigne un puesto a la muestra evaluada según su preferencia. Siendo 1 el mejor calificativo para el atributo y 5 el menor calificativo para el atributo evaluado.
- Recuerde que cada vez que pruebe una muestra distinta deberá enjuagarse la boca tomando un poco de agua.

Puesto	Atributos				
	Color	Transparencia	Aroma	Sabor	Apreciación general
1					
2					
3					
4					
5					

Comentarios:

.....
.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

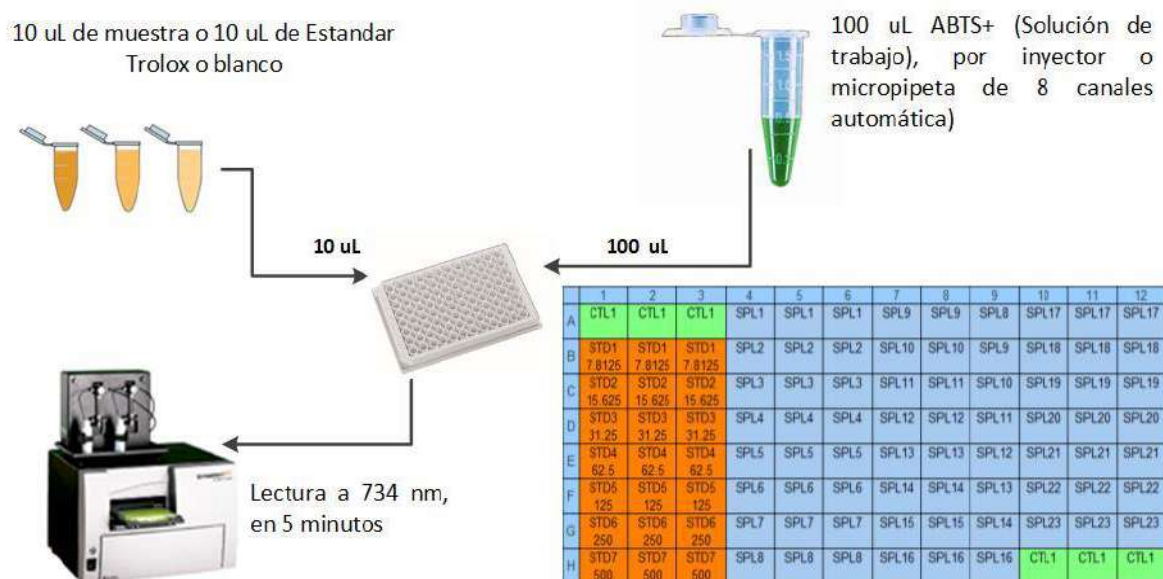
Anexo 2

Protocolo de determinación de Capacidad antioxidante en la cerveza artesanal



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN –
HUACHO
LABORATORIO
PROCESOS E INGENIERIA DE ALIMENTOS

Capacidad Antioxidante; Método ABTS+



Preparación de reactivos

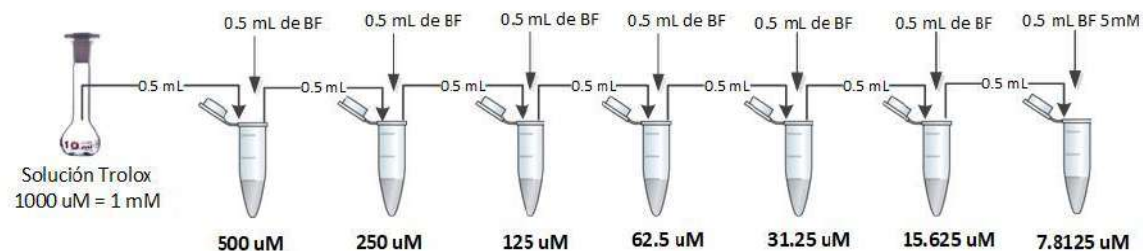
Buffer Fosfato 5 mM = 5 mL BF 1M y aforar en una fiola de 1000 mL con agua UP (o 1 mL BF 75 uM mezclr con 14 mL de agua ultra pura)

Preparación radical ABTS* (Stock)= Para 5 mL, Pesar 0.0192 g de ABTS, pesar 0.0033 g de persulfato pototásico y agregar aguaUP en una fiola de 5 mL, mantener oscuridad a TR por 16 horas, extraer alícuotas de 1 mL o 500 uL para conservar a Ultracongelación

Preparación Solución de Trabajo ABTS* = Para una placa preparar 12 mL a 15 mL, tomar 540 uL de ABTS* STOCK y mezclar con 12 mL de BF a 5 mM (o 675 uL de ABTS STOCK mas 15 mL de Buffer Fosfato a 5 mM), proteger de la Luz

Dilución seriada: Curva estándar del Trolox

Pesar 0.0005 g Trolox y disolver con BF 5 mM (o Metanol) en una fiola de 2 mL se obtiene Trolox a 1000 uM (0.0025g Trolox para 10 mL)



REFERENCIA:

Re, R., Pellegrini, N., Progettente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26, 1231–1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Anexo 3

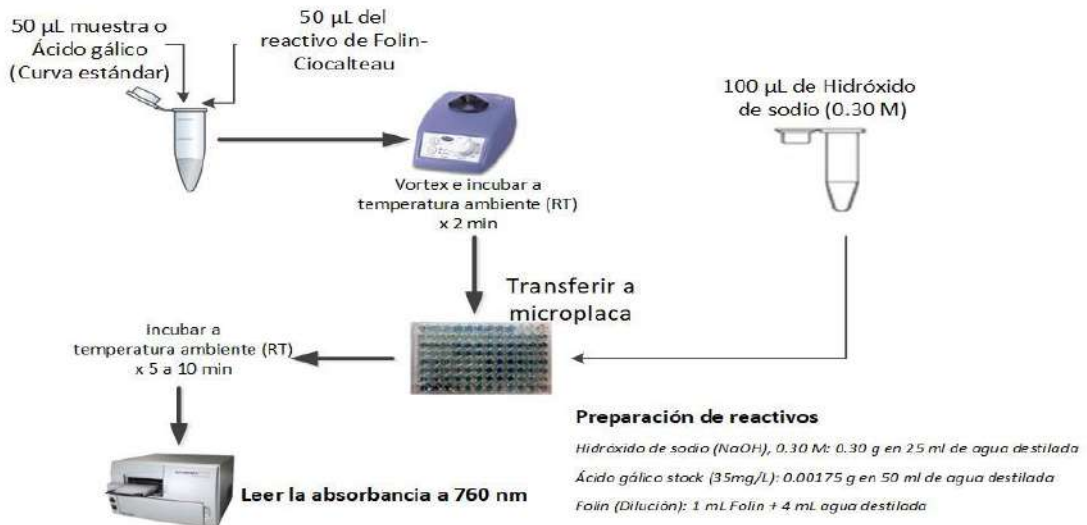
Protocolo de determinación de polifenoles totales en la cerveza artesanal



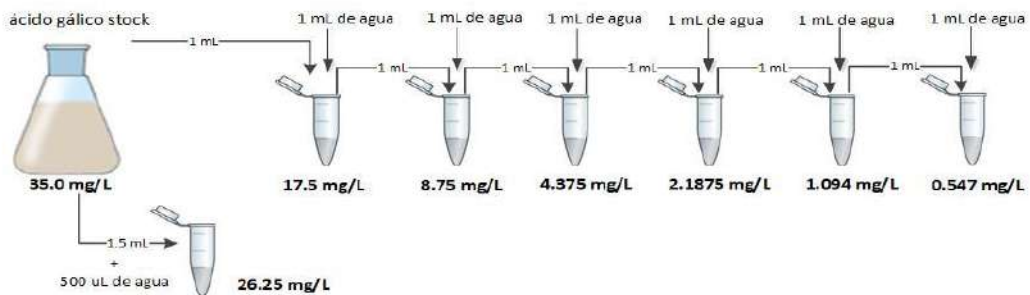
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN -
HUACHO
LABORATORIO:
PROCESOS E INGENIERIA DE ALIMENTOS

Protocolo

Polifenoles totales



Dilución seriada: Curva estándar



Referencia

Magalhães, L.M.; Santos, F.; Segundo, M.A.; Reis, S.; Lima, J.L.F.C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*. 33(2), 441-447.

Anexo 4

Análisis bidimensional de Friedman de varianza por rangos

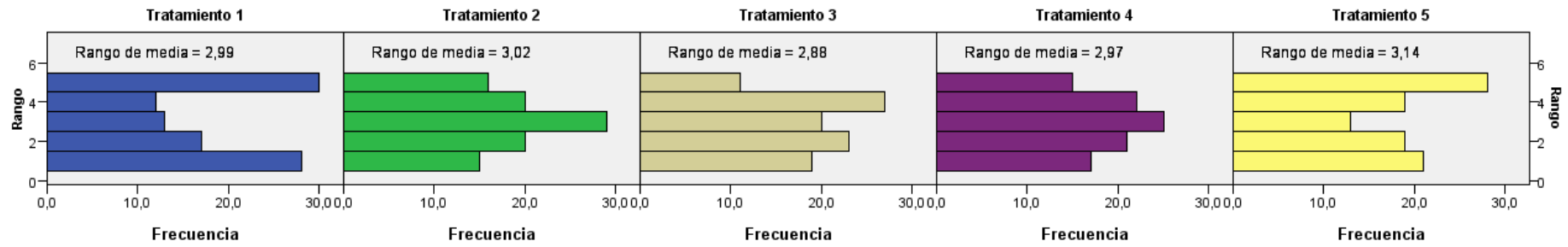


Figura 22. Friedman de varianza por rangos para el atributo aroma.

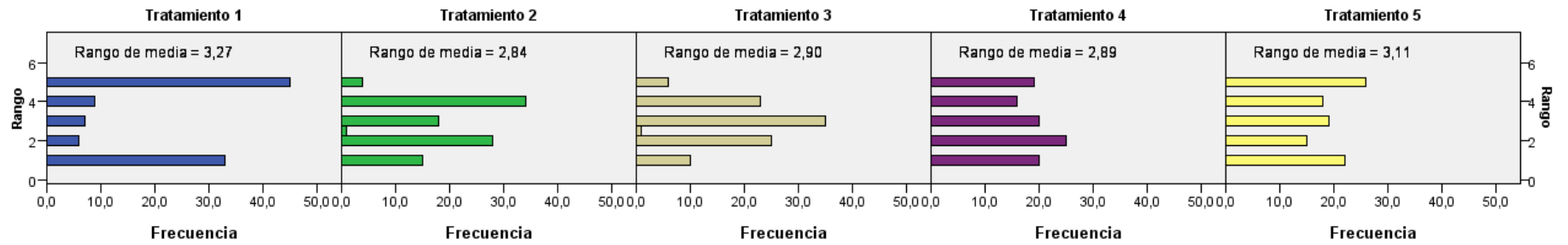


Figura 23. Friedman de varianza por rangos para el atributo color.

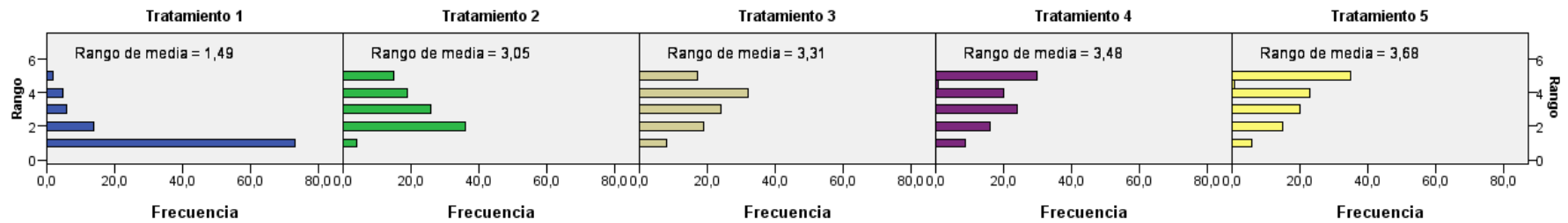


Figura 24. Friedman de varianza por rangos para el atributo sabor.

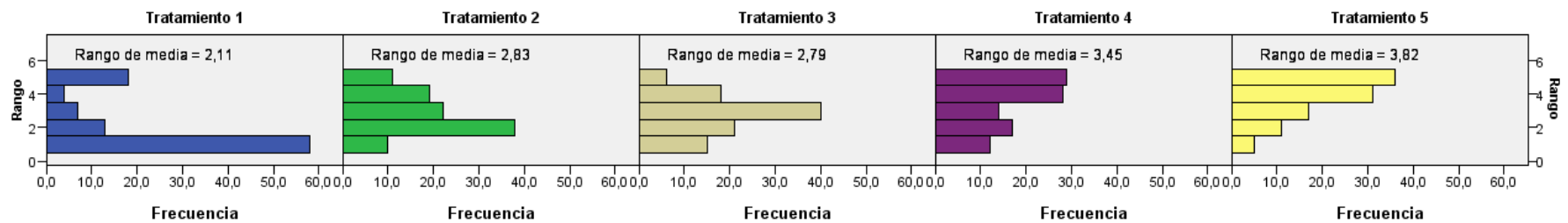


Figura 25. Friedman de varianza por rangos para el atributo transparencia.

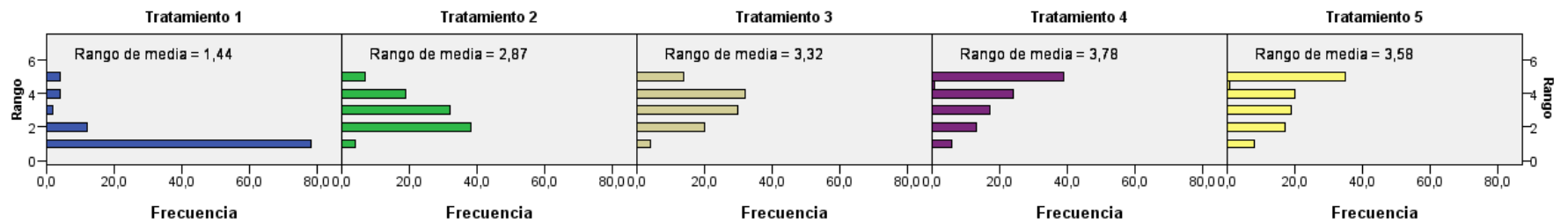


Figura 26. Friedman de varianza por rangos para Aceptabilidad general.

Anexo 5. Galería de fotos



Figura 27: Recepción de la materia prima flor de Jamaica y pitahaya



Figura 28: Molienda



Figura 29: Macerado



Figura 30: Filtrado



Figura 31: Cocción



Figura 32: Primera fermentación



Figura 33: Trasvase y Clarificado



Figura 34: Maduración



Figura 35: Segunda fermentación



Figura 36: Embotellado y enchapado





Figura 37: Almacenamiento



Figura 38: Determinación de pH de la cerveza



Figura 39: Determinación de densidad de la cerveza



Figura 40: Determinación de los sólidos totales de la cerveza



Figura 41: Muestras para panelistas



Figura 42: Inducción de Evaluación sensorial



Figura 43: Evaluación sensorial

Anexo 6. Informe de resultados de polifenoles totales de la cerveza



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FAC. INGENIERIA AGRARIA, IND. ALIM. Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE PROCESOS E INGENIERIA DE ALIMENTOS

INFORME DE ANALISIS

SOLICITANTE: Bach. CECILIA CORDOVA JUSTO
ASESOR: Ing. PERCY B., SULCA MARTINEZ

MUESTRA: BEBIDAS TIPO CERVEZA

ANALISIS: COMPUESTOS FENOLICOS TOTALES

METODO: COLORIMÉTRICO SEGÚN REACTIVO DE FOLIN CIOCALTEU
(ABSORCIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA A 760 nm)


RESULTADO DEL ANÁLISIS

Muestra-Tratamiento	Contenido de polifenoles totales (mg EAG/100 mL)
Bebida Control	30.58±2.62
T1	54.70±2.36
T2	61.97±1.56
T3	68.27±5.19
T4	78.40±6.49
T5	78.34±2.67

EAG: Equivalente ácido gálico

Referencia: Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. F. C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*, 83(2), 441-447. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042>

Huacho, 11 de marzo del 2024.


EDWIN MACAVILCA T.
ING. EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
REGISTRO OIP N° 47388
Jefe del Laboratorio

Anexo 7. Informe de resultados de capacidad antioxidante



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FAC. INGENIERIA AGRARIA, IND. ALIM. Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE PROCESOS E INGENIERIA DE ALIMENTOS

INFORME DE ANALISIS

SOLICITANTE: Bach. CECILIA CORDOVA JUSTO

ASESOR: Ing. PERCY B., SULCA MARTINEZ

MUESTRA: BEBIDAS TIPO CERVEZA

ANALISIS: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

METODO: COLORIMÉTRICO SEGÚN ENSAYO ABTS

RESULTADO DEL ANÁLISIS

Muestra-Tratamiento	Capacidad antioxidante uMol ET/100 mL)
Bebida Control	481.08±39.28
T1	410.89±35.86
T2	519.93±18.04
T3	661.90±43.10
T4	718.42±59.05
T5	825.19±125.39

ET: Equivalente Trolox

Referencia: Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med, 26(9-10), 1231-1237.

Huacho, 11 de marzo del 2024.


EDWIN MACAVILCA T.
ING. EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
REGISTRO CIP N° 47388
Jefe del Laboratorio

Anexo 8. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente		
¿Se podrá formular la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>)?	Formular la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).	Formulando la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) se obtendrá un producto aceptable y de buenas características fisicoquímicas.	Flor de Jamaica Pitahaya <i>Dimensión</i> Análisis Fisicoquímico	°Brix Acidez pH	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente		
¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>)?	Determinar las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).	Determinando las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica y Pitahaya se obtendrá un producto aceptable.	Elaboración de Cerveza Artesanal con Flor de Jamaica y Pitahaya <i>Dimensión</i> Análisis Fisicoquímico	°Brix Acidez Ph G.Alcohólico	Enfoque: Cualitativo y cuantitativo. Tipo de Investigación: Tecnológica, Experimental y Prospectivo.
¿Cuál es el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>)?	Determinar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).	Determinando el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) se encontrará un alto nivel aceptable.	Análisis Sensorial	Color Aroma Sabor Trasparencia Aceptabilidad general	Nivel de investigación: Descriptivo y Explicativo.
¿Cuál es la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) más aceptable sensorialmente?	Determinar la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) más aceptable sensorialmente.	Determinando la formulación de cerveza artesanal a base de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) más aceptable sensorialmente se podrá estandarizar la formulación final.	Capacidad Antioxidante	Capacidad Antioxidante	Diseño: Experimental
			Contenido Fenólico	Fenoles Totales	