UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS
EXTENSIÓN CHONE

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

MODALIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA (***Hordeum vulgare***) POR AMARANTO (***Amaranthus caudatus* L.**) Y MAÍZ AMARILLO (***Zea mays***) MALTEADO EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE

AUTORES:

ALCÍVAR SOLÓRZANO JOSÉ VIRGILIO
AVEIGA VERA MARÍA JOSSELYN

TUTORA:
Ing. MARÍA ISABEL ZAMBRANO VELEZ, Mgs.

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a Dios por otorgarme la bendición de tener vida, salud, inteligencia y sabiduría para poder culminar tan prestigiosa carrera y aun mejor otorgarle a mi familia, quienes han sido un pilar fundamental para mi desarrollo personal y profesional.

A mi padre José Virgilio Alcívar Cedeño, quien me enseño que las mejores recompensas vienen con lucha y sacrificio, y que el éxito es de las personas que perseveran.

A mi madre Sara Genith Solórzano Mera, quien siempre me brindo amor, comprensión y estuvo en cada etapa importante de mi vida, dándome sus consejos para cada día ser mejor.

A mis hermanos que a pesar de las adversidades siempre juntos apoyándonos, aconsejándonos y cada uno aportando para seguir adelante.

A mis padres Virgilio Alcívar y Sara Solórzano, quienes han dedicado su vida a inculcarme valores como la perseverancia, responsabilidad, respeto y sacrificio, cualidades indispensables en una persona de éxito.

A mis amigos y personas cercanas Jessica y Juan Pablo, por ser un apoyo incondicional en mi vida, a pesar de los obstáculos siempre estamos juntos y dispuestos a seguir adelante.

Alcívar Solórzano José Virgilio

DEDICATORIA

Al culminar una etapa tan importante en mi vida quiero dedicar este triunfo con mucho cariño a:

Dios que es la fuente de mi inspiración permanente que ilumina mis ideas para cristalizarlas, por dotarme de las cualidades necesarias para concluir mi carrera universitaria y con esfuerzo y dedicación verlo plasmado en el presente trabajo de Titulación.

Mis padres y familiares, por ser las personas que están en cada uno de mis logros, por ser ellos el apoyo constante e inspiración de los deseos de superación y progreso personal.

A nuestros maestros que supieron orientar desde un inicio esta carrera y poder lograr los objetivos que me plantee.

Aveiga Vera María Josselyn

AGRADECIMIENTOS

Habernos forjado a la meta de obtener un título como anhelo de superación innovación y conocimiento para llevarlo al servicio de los demás. A la Universidad Técnica de Manabí, por ser una institución forjadora de profesionales con calidad, llenos de conocimientos y principios que permitieron lograr nuestras metas alcanzadas.

A nuestra tutora Ing. María Isabel Zambrano Vélez y al Ing. Frank Guillermo Intriago Flor, quien ha estado con nosotros en cada letra de la trayectoria de esta investigación, aportando con sus pensamientos y conocimientos, parte fundamental del desarrollo de nuestro Trabajo de Titulación.

A nuestros maestros, de la carrera Ingeniería Agroindustrial que, con su predisposición y ayuda, nos brindaron sus instrucciones en todo momento, a nuestra familia que de una u otra manera nos supieron apoyar grandemente para logar este título.

A nuestros compañeros de aula, por brindarnos confianza y más que toda su absoluta amistad

Los autores

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. María Isabel Zambrano Vélez, Mgs. catedrática de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí CERTIFICO, que la presente tesis titulada: "**EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) POR AMARANTO (*Amaranthus caudatus* L.) Y MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*) MALTEADO EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE**", ha sido realizada por los egresados de la Carrera de Ingeniería en Agroindustrias Alcívar Solórzano José Virgilio y Aveiga Vera María Josselyn; bajo la dirección del suscrito habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Chone, Noviembre del 2022.

_____

Ing. María Isabel Zambrano Vélez, Mgs.
DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Evaluación designado por: el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

TEMA:

EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) POR AMARANTO (*Amaranthus caudatus* L.) Y MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*) MALTEADO EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE

REVISADA Y APROBADA POR:

Ing. Rudyard Arteaga Solórzano	Ing. Fran Intriago Flor, PhD.
REVISOR DE TESIS	**PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL**
Ing, Cecilia Parraga Álava, PhD.	Ing. Manolo Mera Carbo, Mg.
SEGUNDO MIEMBRO DEL TRIBUNAL	**TERCER MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Alcívar Solórzano José Virgilio y Aveiga Vera María Josselyn declaramos que el presente trabajo de graduación es de nuestra autoría**,** que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas contenidas en este documento.

La Universidad Técnica de Manabí puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa Institucional vigente.

_____ _____

Alcívar Solórzano José Virgilio Aveiga Vera María Josselyn

ÍNDICE

DEDICATORIA II
DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS IV
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS V
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN VI
DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR VII
ÍNDICE VIII
ÍNDICE DE TABLAS X
INICE DE FIGURAS XI
ÍNDICE DE ANEXOS XII
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
1. INTRODUCCIÓN / PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
2. ANTECEDENTES 4
3. JUSTIFICACIÓN 7
4. OBJETIVOS 8
4.1. Objetivo general 8
4.2. Objetivos específicos 9
5. HIPÓTESIS 9
6. MARCO REFERENCIAL 9
6.1. Fermentación alcohólica 9
6.1.1. Microorganismos relacionados con la fermentación alcohólica 10
6.2. Bebidas alcohólicas 11
6.3. Cerveza artesanal 12
6.3.1. Propiedades de las cervezas artesanales 13
6.3.2. Carbonatación de las cervezas 13
6.4. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2662 (2013) para cerveza 14
6.5. Amaranto (*Amaranthus caudatus* L) 14
6.5.1. Usos del amaranto 15
6.5.2. Características nutricionales del amaranto 16

6.5.3. Composición química del amaranto 17
6.5.4. Composición proximal del amaranto 17
6.5.6. Producción de amaranto en ecuador 18
6.6. Maíz (*Zea mays*) 18
6.6.1. Propiedades nutricionales del maíz 19
6.6.2. Composición nutricional del maíz 19
6.6.3. Producción de maíz en Ecuador 20
7. DISEÑO METODOLÓGICO 21
7.1. Localización del experimento 21
7.3. Procedimiento experimental 23
7.3.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo ale con granos de amaranto y maíz malteado (Figura 1). 23
7.4. Análisis de laboratorio en la cerveza artesanal tipo Ale con amaranto y maíz malteado 26
7.4.1. Análisis fisicoquímicos 26
7.5. Análisis sensorial 26
7.6. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos al mejor tratamiento 27
7.6.1. Análisis microbiológicos 27
7.6.2. Análisis físicos 27
7.6.3. Análisis químicos 27
7.6.4. Análisis bromatológicos 28
7.7. Análisis estadístico 29
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30
8.2. Establecer el tratamiento de mayor aceptación mediante análisis sensorial de prueba descriptiva 32
8.3. Analizar las características microbiológicas, fisicoquímicas y Bromatológicos del tratamiento en estudio con mayor aceptación 39
9. CONCLUSIONES 43
10. RECOMENDACIONES 45
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
12. ANEXOS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal del amaranto 18
Tabla 2. Composición nutricional del maíz 19
Tabla 3. Tratamientos en estudio del diseño experimental 22
Tabla 4. Requisitos físico-químicos 28
Tabla 5. Requisitos microbiológicos 28
Tabla 6. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos en estudio. 30
Tabla 7. Evaluación sensorial de los tratamientos en estudio. 37
Tabla 8. Evaluación microbiológica del mejor tratamiento 39
Tabla 9. Evaluación de los parámetros fisicoquímica del mejor tratamiento 40
Tabla 10. Composición química del mejor tratamiento 41
Tabla 11. Composición bromatológica del mejor tratamiento 43

INICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para el malteado de los granos. 23
Figura 2. Diagrama de flujo de cervezas artesanal tipo Ale con amaranto y maíz malteado. 24
Figura 3. Evaluación del color 32
Figura 4. Evaluación del olor 34
Figura 5. Evaluación de la transparencia 34
Figura 6. Evaluación de la vivacidad 35
Figura 7. Evaluación del amargor 36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo ALE. 57
Anexos 2. Reporte de Análisis de laboratorio de los tratamientos en estudio..... 59
Anexos 3. Evaluación sensorial de los tratamientos en estudio 63
Anexos 4. Modelo del test utilizado para la evaluación sensorial..... 64

RESUMEN

La investigación se desarrolló en los predios del Laboratorio de Granos y Cereales, de la Facultad de Ciencias Zootécnicas con el objetivo de evaluar el efecto de la sustitución parcial de cebada (*Hordeum vulgare*) por amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y maíz amarillo (*Zea mays*) malteado en la producción de cerveza artesanal tipo Ale. Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar con arreglo bifactorial (factor A: concentraciones maíz malteado; factor B: concentraciones de amaranto malteado). Se caracterizaron los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos en estudio y posterior evaluación sensorial de los atributos color, olor, vivacidad, transparencia y amargor mediante evaluación cualitativa y cuantitativa. Se escogió como mejor tratamiento al de mejor aceptación sensorial el cual fue sometido a análisis microbiológicos, físicos, químicos y bromatológicos. Los resultados mostraron diferencias estadísticas ($p>0,05$) en el pH con una superioridad numérica en el tratamiento control (4,19) y en la densidad inicial de la bebida una mayor proporción en los tratamientos T0, T1 y T2 con promedios de 1,04 g/mL. La densidad final y grado alcohólico no presentaron diferencias estadística ($p>0,05$), cumpliendo con los requisitos de la norma NTE INEN 2262. La evaluación sensorial mediante pruebas descriptivas mostró variabilidad entre los tratamientos en estudio con respecto a los atributos evaluados, sin embargo, la evaluación cuantitativa únicamente mostró diferencias estadísticas en la vivacidad siendo superior el tratamiento T3 (3,93). Se obtuvo que el mejor tratamiento (T3) cumplió con los requisitos de la NTE INEN 2662 en el contenido de Anaerobios mesófilos, lo contrario para el contenido de mohos y levaduras quienes se encuentra por encima de la norma. Los valores de carbonatación alcanzaron un total de 2,60 L CO2/L bebida, acidez total de 0,41% y 2,10%. El contenido de zinc, arsénico, plomo y cobre cumplen con los requisitos máximos de la norma NTE INEN 2662, en tanto que el contenido de hierro se encuentra por encima de la norma (0,70 mg/dm^3). Se concluye que la inclusión de 2% maíz malteado más el 6% Amaranto Malteado presentó una mayor aceptación.

Palabras claves: amaranto, cervezas, malteado.

ABSTRACT

The research was carried out on the grounds of the Laboratory of Grains and Cereals, of the Faculty of Zootechnical Sciences with the objective of evaluating the effect of the partial substitution of barley (Hordeum vulgare) by amaranth (Amaranthus caudatus L.) and yellow corn (Zea mays) malted in the production of craft beer type Ale. A Completely Random Experimental Design was used with a bifactorial arrangement (factor A: malted corn concentrations; factor B: malted amaranth concentrations). The physicochemical parameters of the treatments under study and subsequent sensory evaluation of the attributes color, smell, liveliness, transparency and bitterness were characterized by qualitative and quantitative evaluation. The one with the best sensory acceptance was chosen as the best treatment, which was submitted to microbiological, physical, chemical and bromatological analyses. The results showed statistical differences ($p>0.05$) in the pH with a numerical superiority in the control treatment (4.19) and in the initial density of the drink a greater proportion in the treatments T0, T1 and T2 with averages of 1.04g/mL. The final density and alcoholic degree did not present statistical differences ($p>0.05$), complying with the requirements of the NTE INEN 2262 standard. The sensory evaluation through descriptive tests showed variability between the treatments under study with respect to the evaluated attributes, without However, the quantitative evaluation only showed statistical differences in liveliness, the T3 treatment being superior (3.93). It was obtained that the best treatment (T3) met the requirements of NTE INEN 2662 in the content of mesophilic anaerobes, the opposite for the content of molds and yeasts, which is above the norm. The carbonation values reached a total of 2.60 L CO2/L drink, total acidity of 0.41% and 2.10%. The zinc, arsenic, lead and copper content meet the maximum requirements of the NTE INEN 2662 standard, while the iron content is above the standard (0.70 mg/dm3). It is concluded that the inclusion of 2% malted corn plus 6% Malted Amaranth presented greater acceptance.

Keywords: amaranth, beers, malted.

1. INTRODUCCIÓN / PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cerveza es un producto altamente reconocido por su sabor, uso refrescante y en muchos casos por el propio gentilicio del lugar donde se ha fabricado el producto. En este sentido, las personas con un alto nivel de consumo de cerveza según varios estudios han decidido optar por el consumo de otro tipo de cervezas como lo son las artesanales (Mendoza et al., 2022). En la actualidad, según la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador, gremio que agrupa a 55 cervecerías, existen cerca de 150 cervecerías de este tipo, y a pesar que solo cuenta con un 0,52% de participación a nivel de mercado, en 2017 la actividad generó alrededor de 13 millones en ventas, registrando un crecimiento del 10% en el 2018 (López y Hinojosa, 2021).

La producción de cerveza artesanal se identifica por ser de pequeña escala, tener procesos de producción relativamente cortos, incorporando ingredientes novedosos que resultan en nuevos estilos (Civitaresi et al., 2017). Los componentes que se emplean en las cervecerías artesanales son: agua, cebadas malteadas, lúpulos y levadura. Sin embargo, existen cervezas artesanales tipo ale con almidón de papa, como también las hay con cebada malteada y maíz, además, estudios demuestran la inclusión de amaranto en combinación con otros granos como la quinua, siendo las de mayor preferencia las cervezas tipo Ale y Lager (Pilligua et al., 2021).

Se denominan Ale a las cervezas elaboradas con levaduras que fermentan favorablemente a temperaturas más altas (16-29°C) este tipo de cerveza también se denomina de fermentación alta por la posición superficial de las levaduras en el fermentador. Estas levaduras se localizan en la parte superficial con el CO_2 que se produce como parte de la fermentación, donde se alimentan y multiplican mientras van aumentando

lo que genera sabores especiales en el líquido que las rodea, pueden percibirse sabores y aromas a flores, frutas, especias de un sinnúmero de matices que se considera son de interés para los consumidores (Castañeda et al., 2018).

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262 (2013), en su clasificación, la cerveza puede contener hasta un mínimo de 50% en masa malteada original, y es resultante del desarrollo de un procesos fermentativo en condiciones naturales, previamente estableciendo un control adecuado con levadura originaria de cultivos puros, en un mosto elaborado con agua de características fisicoquímicas y bacteriológicas adecuadas para este proceso, mas cebada malteada sola o en combinación con adjuntos cerveceros, con adición de lúpulo y sus derivados. En efecto los adjuntos, son utilizados por los cerveceros artesanales como un ingrediente gourmet del elaborado, entre ellos se destaca el aprovechamiento de frutas, hierbas aromáticas y diferentes granos de cereales (Espinoza, 2016).

El *Amaranthus caudatus* pertenece al orden *Caryophyllales*, familia *Amaranthaceae*, subfamilia *Amaranthoideae*, género *Amaranthus*, que incluye aproximadamente 60 especies (Neelesh y Pratibha, 2018). Su grano es muy nutritivo, contiene una buena fuente de antocianinas y polifenoles, tiene un alto contenido de proteínas, un perfil de aminoácidos bien equilibrado con 8 aminoácidos esenciales y niveles muy altos de lisina que es única en comparación con otros granos. Además, no contiene gluten, es rica en almidón, aceite, fibra, vitaminas (A, K, B_6, C, E y B), antioxidantes como el triterpenos y minerales como calcio, hierro, etc. (Kavita y Puneet, 2017). La producción de amaranto en el Ecuador se basa en 50 hectáreas de cultivo, con un rendimiento de 22 a 66 quintales por hectárea, lo que significa alrededor de 400 tm/año de producto,

evidenciando que su consumo se da especialmente en harinas, barras energéticas, pan, galletas, granos reventados y bebidas ancestrales (Jurado, 2019; Guaján, 2019)

El maíz (*Zea mays* L) constituye uno de los cereales más importantes del mundo, y es materia prima básica para la industria alimenticia (Villacrés et al., 2019). Según estadísticas de la FAO la productividad promedio de este cereal en el Ecuador fue de 3,1 $t.ha^{1}$ (Caviedes, 2019). En el país predomina la producción de maíz amarillo con una participación entre el 60 y 71% en las dietas manejadas en la crianza de animales (Baca, 2016), encontrándose una mayor producción en las provincias de los Ríos, Manabí, Guayas y Loja son aquellas que destinan mayor área para este cultivo (Zambrano et al., 2017).

Por otra parte, el grano suministra una cantidad importante de nutrientes y antioxidantes como los fenoles (Mex et al., 2016), además de vitaminas A, B1, B2, B3, B6, B9, E y C y en sales minerales como potasio, magnesio, hierro, calcio, zinc, sodio y fósforo (Torres et al., 2016), los cuales son considerados de gran importancia en la dieta del consumo humano, siendo una de las principales fuentes de almidón, comúnmente se lo utiliza en alimentos preparados como tortillas, purés y snacks (Villanueva et al., 2017).

El proceso de malteado de los cereales o pseudocereales empleados en la fabricación de cerveza es indispensable, debido a que, en su estado natural estos granos no tienen el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcares. Las levaduras encargadas de la fermentación necesitan estos azúcares para su crecimiento y no son capaces de digerir directamente el almidón (Teran, 2017). Además, durante el malteado se activan las enzimas que degradan el almidón en azúcares simples y que serán el sustrato para las levaduras en la fermentación generando mayoritariamente dióxido de carbono y alcohol (Ferreyra, 2014).

Según lo expuesto anteriormente, los granos de amaranto y maíz presentan diversas propiedades como los carbohidratos que pueden ser aprovechados en la industria cervecera, sin embargo, en el Ecuador no se ha dado la importancia necesaria para ser involucrados de forma malteada y combinada en la producción de cerveza artesanal, además, el país produce unas 1.000 toneladas de cebada malteada, cantidad inferior a la necesaria para producir cerveza, que es de unas 35.000 toneladas (Zeas, 2021), por tal razón, se planteó la siguiente interrogante:

¿Los granos malteados de amaranto y maíz amarillo en sustitución parcial por cebada malteada influirán sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal tipo Ale?

2. ANTECEDENTES

Badini (2022), en su investigación elaboró y caracterizó mediante análisis fisicoquímicos cervezas elaboradas con inclusión de amaranto. Realizó tres lotes de 30 litros de cervezas tipo American IPA estándar con el potencial compuesto funcional, así como un lote de 30 litros de cerveza sin el compuesto. El control de calidad de los tratamientos en estudio se evaluó mediante análisis microbiológicos (recuento de coliformes, mohos y levaduras), acidez titulable, densidad, contenido alcohólico y actividad antioxidante de la cerveza sin y con la adición del adjunto. De los análisis microbiológicos y físico-químicos se constató que los datos obtenidos se encuentran dentro de los estándares cerveceros establecidos por la legislación brasileña, con densidad relativa dentro de lo esperado entre 1.011 y 1.017; contenido alcohólico entre 5,9% y 6,1% ABV, a partir del Alcohol inglés por volumen. Además, se verificó la acción antioxidante en todos los lotes y el análisis estadístico de los datos indicó una diferencia estadística entre las muestras con amaranto en comparación con el lote producido sin el adjunto, indicando que la actividad

antioxidante fue 85% a 87% mayor en cervezas producidas con amaranto, confirmando una acción antioxidante superior y funcionalidad potencial en la cerveza producida con inclusión de amaranto.

Hormaza y Quiroz (2021), determinaron los efectos del malteado y las variedades de maíz sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en una bebida refrescante (cerveza artesanal) en diferentes concentraciones, aplicando un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial A x B siendo el factor A tres variedades de maíz y el factor B la condición del maíz (malteado y sin maltear). Los resultados de los parámetros fisicoquímicas (pH, acidez, grados Brix y sólidos en suspensión) detectaron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio con relación al pH, acidez y grados Brix, obteniendo los mejores resultados en los tratamientos T1, T3 y T5, siendo éstas de condición malteado; En los análisis sensoriales (calidad general) se obtuvo los mejores resultados en el tratamiento T5, el mismo que muestra la ausencia de Coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras.

León (2019), en su proyecto de investigación para la obtención de una cerveza artesanal estilo Pale Ale tipo caramelo utilizó cebada y adjuntos cerveceros como quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*) malteados respectivamente, donde evaluó la interacción de dos factores: lúpulo y miel de abeja. Mediante la aplicación de un diseño completamente al azar con arreglo factorial (AxB), donde se analizaron los parámetros pH, acidez total, densidad y grado alcohólico, Los resultados mostraron una mejor aceptación en la fórmula del tratamiento T7 (0,5g/L + 9g/L). Los parámetros fisicoquímicos dieron un pH 4,66; grado alcohólico 4,96 %v/v; acidez 0,28% (m/m); contenido de CO_2 2,31% v/v, en tanto que al analizar las características microbiológicas para los mohos y levaduras, documenta valores de <10 up/mL y para anaerobios mesófilos promedios menores a <10

UFC/mL, mostrando el cumplimiento de la norma NTE INEN 2262. Por su parte al efectuar la evaluación sensorial de la cerveza dio como resultado una mejor aceptación en el tratamiento T7 (9 g/L de miel de abeja y 0,5 g/L de lúpulo).

Recalde (2017), en su estudio desarrolló una bebida tipo cerveza a partir de la utilización quinua de las variedades Iniap 111 y Tunkahuan combinadas con maltas de maíz, se evaluaron cuatro combinaciones de maltas de maíz y quinua (20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 respectivamente). En cada tratamiento se evaluaron las variables grado alcohólico, grado real de fermentación y análisis sensorial; los resultados mostraron una mejor aceptación en la formulación que incluyó el 60% de maíz y 40% quinua. Se efectuó una caracterización de los parámetros fisicoquímica y microbiológica y de acuerdo con los requisitos de la norma INEN 2262:2013, dando como resultados que los tratamientos cumplieron con los requisitos de la norma. El análisis sensorial para los atributos de olor, color y sabor de la bebida, se obtuvo un porcentaje de aceptación de 64 %, 80 % y 54 %, respectivamente en cada atributo. La bebida tipo cerveza obtuvo en general un nivel de aceptabilidad del 84% por parte de los panelistas, con un tiempo de vida útil de 30 días.

Mencia y Pérez, (2016) elaboraron una cerveza artesanal utilizando como malta base, maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con la inclusión de azúcar y miel de abeja, utilizando en el experimento un diseño en Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial, mediante la utilización de tipos de cerveza lager y Ale, con dos tipos de edulcorante (azúcar y miel de abeja) como promotores de la carbonatación natural, la cual fue medida al día cuatro y ocho. Los resultados mostraron que el uso de granos germinados de la variedad Tuxpeño fue efectivo para maíz y cebada (70:27%), no obstante, fue necesario incluir azúcar para la producción de la cerveza artesanal con un grado alcohólico superior al 5%. La adición de miel de abeja durante la carbonatación

natural en botella resultó con una mayor preferencia y aceptación por la carbonatación endulzada, no obstante, las cervezas producidas con 70% de malta de maíz presentaron una mejor aceptación en los indicadores fisicoquímicos pH, color, grado alcohólico, gravedad específica. El tiempo de retención de espuma se encontró dentro de las categorías de estilos Imperial Stout para Ale y Doppelbock para Lager.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las cervezas artesanales son cada vez más demandadas por los consumidores locales como extranjeros, esto radica a que la población busca nuevos sabores diferentes a los ya comunes en el mercado industrial de cervezas, lo cual permite a los maestros cerveceros realizar innovaciones en sus productos brindando nuevas alternativas de consumo que a su vez contengan beneficios para la salud del consumidor (Luna, 2022).

En efecto uno de los retos más importantes que tienen las cervecerías artesanales es buscar la sustitución de malta por materias primas malteadas que permitan reducir los costos de producción y que no afecten las características del producto final, si bien es el caso del amaranto y el maíz amarillo que presentan propiedades interesantes para ser incluidas en la producción de cerveza artesanal, esto se debe a que sus granos presentan una gran variedad de nutrientes y un alto contenido de almidón entre el (50-69%) y (68-73%) azúcares favorables que pueden ser fermentables por las levaduras permitiendo favorecer la fermentación alcohólica (Rodríguez, 2021).

Los granos como el maíz particularmente se destinan a la alimentación de animales y un 20% al consumo humano, mientras que los granos de amaranto a pesar de sus beneficios aún se encuentran en proceso de ser potencializados para su aprovechamiento en la dieta de los consumidores (Arellano, 2021). Por tal razón, esta investigación tiene como

finalidad elaborar una cerveza artesanal tipo ale con la sustitución parcial de cebada malteada por amaranto y maíz amarillo malteado, el proceso de malteado en los granos permitirá aprovechar de mejor forma los compuestos presentes en las materias primas, a su vez, con este estudio se pretende contribuir con la recuperación de alimentos autóctonos del Ecuador.

Este proyecto de investigación surge de la necesidad de obtener resultados de calidad científica que permitan crear un mayor interés en el aprovechamiento de materias primas no convencionales como el amaranto y maíz amarillo en la elaboración de cerveza artesanal, lo cual permitirá brindar un producto diferente con potenciales características fisicoquímicas y sensoriales que permitan cumplir con los parámetros exigidos por la INEN 2262, generando un cambio en la matriz productiva a nivel nacional, beneficiando de forma directa a los consumidores, cerveceros artesanales, como aquellos agricultores que se dediquen al cultivo de las materias primas utilizadas en la investigación.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de cebada (*Hordeum vulgare*) por amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y maíz amarillo (*Zea mays*) malteado en la producción de cerveza artesanal tipo Ale.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos (densidad, °Brix, pH, y grado alcohólico) de la cerveza artesanal tipo Ale en base a la norma técnica INEN 2262 (2013).
- Establecer el tratamiento de mayor aceptación mediante análisis sensorial de prueba descriptiva y cuantitativa.
- Analizar las características microbiológicas, fisicoquímicas y Bromatológicos del tratamiento en estudio con mayor aceptación.

5. HIPÓTESIS

La sustitución parcial de cebada (*Hordeum vulgare*) por amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y maíz amarillo (*Zea mays*) malteado en la producción de cerveza artesanal tipo Ale influye sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la bebida

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico en el cual intervienen microorganismos, estos transforman los azucares presentes en algunos alimentos en alcohol, dióxido de carbono, y energía. El proceso de fermentación es utilizado para la fabricación de bebidas alcohólicas tales como cerveza, vino, sidra, cava, sake, entre otras (Leon y Portilla, 2018).

En este tipo de fermentación, el piruvato es descarboxilado para convertirse en acetaldehído y a través de la enzima alcohol deshidrogenasa es reducido a etanol. Cualquier

producto que contenga azúcares fermentables o hidratos de carbono como el almidón o celulosa sirven para la producción de alcoholes. La estructura de la pared celular de las plantas es compleja, debido a que está compuesta de fuertes uniones entre la celulosa y hemicelulosa con la lignina, la misma que se encarga de recubrir y proteger a dichos compuestos. Por esta razón, la conversión de la biomasa lignocelulósica en etanol es compleja y se requiere de pretratamientos que rompan dichas uniones lignocelulósicas, facilitando así los procesos de fermentación (Benalcazar, 2018).

La fermentación alcohólica es un proceso de largos tiempos de operación, pues debido a su naturaleza biológica inciden sobre su desarrollo una gran variedad de variables y parámetros operacionales tales como: concentración de azúcares, temperatura, pH, concentración de células vivas, cepa utilizada, entre otros. Esta razón provoca que, desde el punto de vista económico varios de esos parámetros operacionales deban encontrarse dentro de un intervalo restringido para garantizar la mayor eficiencia posible en un tiempo de operación razonable (López et al., 2019).

La fermentación tiene un tiempo determinado dependiendo si se preparan cervezas de tipo “Ale” o “Lager”, tomando en cuenta la temperatura a la que se debe encontrar, para una fermentación tipo “Ale” se necesita de 5 a 7 días con una temperatura entre 18 a 25°C, mientras que una tipo “Lager” se necesita una duración de 4 a 5 días y una temperatura entre 7 a 12°C, esto también determina la cantidad de espuma que podría formarse en los procesos y la cantidad de grado alcohólico que esta pueda presentar (Carrassco, 2020).

6.1.1. Microorganismos relacionados con la fermentación alcohólica

La amplia gama de metabolitos sintetizados durante la fermentación está relacionada con la variedad de microorganismos (levaduras y bacterias) involucrados durante esta etapa. Debido al gran número de especies existentes, no se conoce el

metabolismo de la mayoría pero, en la actualidad, hay un marcado interés en el estudio de las rutas metabólicas, especialmente de bacterias ácido lácticas (BAL) y levaduras, en fermentaciones espontáneas como una herramienta para incrementar el perfil organoléptico de las bebidas fermentadas (Caiza, 2021).

Las cervezas de tipo ALE es considerada de fermentación alta, debido a que las levaduras añadidas trabajan a temperaturas altas (18ºC -26ºC) transformando los azúcares del mosto de la cerveza. Estas son elaboradas con levaduras que muestran una tendencia a permanecer cerca de la parte superior del mosto al llegar a la etapa final de la fermentación; tradicionalmente se ha utilizado como levadura para fermentar la *Saccharomyces cerevisiae*, el proceso fermentativo de esta cerveza tiene un corto periodo de tiempo, el mismo que puede durar de una a dos semanas, considerando que las propiedades fermentativas de las cervezas tipo ale son las preferidas por los fabricantes artesanales (Tirado y Zalazar, 2018).

6.2. Bebidas alcohólicas

Son aquellas bebidas obtenidas por los zumos azucarados de los frutos fermentados, ya sean de productos por completo variados, de un gran número de vegetales. Se obtienen por destilación o maceración de las bebidas fermentadas, con lo que se consigue aumentar el porcentaje de alcohol (Cuvi, 2020).

La producción de bebidas fermentadas se ha dado en todo el mundo y por miles de años, los humanos han empleado las levaduras desde el Neolítico en China, Irán y Egipto para la producción de bebidas fermentadas (Rivera, 2022).

El consumo de las bebidas alcohólicas se informa desde tiempos muy remotos; su incremento en la mayoría de los países ha sido notable. En los últimos treinta años el

consumo mundial ha aumentado de 30 a 500 por cada 1 000 habitantes según las estadísticas de los países (Ferrat et al., 2019).

Existen dos formas de elaboración: las bebidas alcohólicas por fermentación (vino, cerveza, sidra) que tienen una graduación entre 4 y 15 º y las bebidas destiladas (orujo, pacharán, vodka, whisky, ron o ginebra) que resultan de la destilación de las bebidas alcohólicas fermentadas y tienen una graduación alcohólica mucho más alta (entre 40 y 50º) (Cuvi, 2020).

6.3. Cerveza artesanal

Se denomina cerveza a la bebida alcohólica que no ha sido sometida a procesos de destilación, con sabor característico amargo y que fabricada a partir de la utilización de granos u otros cereales, cuyos almidones previamente aromatizados con lúpulo, una vez que han sido modificados, son fermentables en agua. A partir de esta se conocen diferentes variedades de cervezas, las cuales se caracterizan por los proceso de industrialización aplicados para su elaboración, en la que destaca el uso de diferentes fuentes de materias primas, además, los grados alcohólicos oscilan entre 3% y los 9% vol. Las cervezas artesanales no utilizan ningún aditivo artificial, el proceso de elaboración es manual desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento (Benítez y Morales, 2018).

La fermentación de la cerveza es el proceso por el cual las levaduras transforman los azúcares del mosto procedentes de la malta de cebada y el oxígeno, en alcohol y dióxido de carbono. La cerveza, es una bebida alcohólica elaborada a partir de cereales en estado crudo o malteados. La cerveza es considerada también, una de las más antiguas prácticas, que a través de la historia ha constituido un importante consumo social y una fuente de calorías que, desde sus orígenes, complementa muchas dietas generalmente pobres (Mejía, 2021).

6.3.1. Propiedades de las cervezas artesanales

La cerveza artesanal tiene como característica principal que utiliza el 100 % de recursos naturales, y no se incluyen conservantes y aditivos artificiales, sin embargo estos pueden ser añadidos para mejorar las propiedades de las cervezas. La inclusión de clarificantes o floculantes se da generalmente con el objetivo de mejorar la transparencia y evitar un exceso en la turbidez de la cerveza. De la misma manera, en el desarrollo de este producto, pueden ser añadidos frutos durante la fermentación secundaria para aporte de sabor y aroma (Cortez, 2020).

El énfasis en resaltar cualidades especiales en la cerveza artesanal genera un mayor costo de producción, materias primas y la necesidad de consumir el producto fresco o en su momento apropiado ya que normalmente la cerveza artesanal no es pasteurizada para conservar sus aromas y sabores, siendo esta la principal diferencia entre la cerveza artesanal y la cerveza comercial en donde se buscan procesos e ingredientes más económicos, el producto es pasteurizado y se utilizan estabilizantes y conservantes para preservar más tiempo el producto (Salazar, 2020).

6.3.2. Carbonatación de las cervezas

El método utilizado tradicionalmente para determinar la presencia del dióxido de carbono disuelto en un producto cervecero se basa en establecer un equilibrio entre el gas en el espacio libre y el gas disuelto en la cerveza a una temperatura determinada. Este equilibrio se puede alcanzar mediante la agitación de la cerveza antes de leer la presión y corrigiendo el valor de la presión parcial del gas en la botella a una temperatura dada (método basado en la Ley de Henry y Dalton) (Quezada y Valencia, 2021).

6.4. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2662 (2013) para cerveza

Según la norma INEN 2662 (2013), la cerveza debe presentar las siguientes disposiciones generales:

- La cerveza no debe estar turbia ni contener sedimentos (excepto la cerveza que es naturalmente turbia).
- La levadura utilizada para la elaboración de cerveza debe provenir de levadura de cerveza puramente cultivada sin contaminación microbiana.
- El agua debe ser potable y debe ser tratada adecuadamente para obtener las características necesarias para facilitar el proceso de elaboración de la cerveza.
- Se pueden utilizar amilasas, dextranasas, celulasas y proteasas.
- Se pueden usar antioxidantes y estabilizadores permitidos para su uso en alimentos.
- Puedes utilizar ingredientes naturales que aporten sabor o aroma.
- La carbonatación se puede realizar por fermentación en botellas o barricas o por infusión de dióxido de carbono.
- |Adición o uso: No se permite el alcohol. Edulcorantes artificiales. Sucedáneos del lúpulo u otros principios amargos. saponinas. tinte artificial Cualquier ingrediente que sea perjudicial para la salud.

6.5. Amaranto (*Amaranthus caudatus* L)

El amaranto planta milenaria del continente americano, presenta una gran variedad de bondades para aquellos que consumen su semilla, entre los diversos beneficios, resaltan la prevención de algunas enfermedades como el cáncer y la hipertensión, la disminución de niveles de colesterol y triglicéridos, entre otros (González y Martínez, 2013). El grano es una fuente importante de proteínas, minerales (105% DV), hierro (29% DV) y selenio (20%

DV) (Dincă et al., 2018), además de la presencia d altos niveles de almidón y otros bioactivos (Janssen et al., 2016).

En Ecuador las principales provincias que cumplen con las condiciones agroecológicas para su cultivo son: Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja y el Oro. Su importancia radica en su alto valor nutritivo, como del aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales. Según las especies vegetales de amaranto se las pueden utilizar en una variedad de ensaladas y aperitivos (Sergiev et al., 2019).

La FAO cataloga al amaranto como un cultivo con la misma cantidad de nutrientes que la soya. Es un cultivo prometedor que puede cultivarse en condiciones de temporal, con tolerancia a sequías y un rendimiento mayor o similar a otros cultivos en igualdad de circunstancias. Lo anterior hace del cultivo una alternativa de producción y consumo adecuada para regiones marginadas del país (Ayala et al., 2016).

6.5.1. Usos del amaranto

El amaranto, ha presenciado una utilidad importante en la alimentación humana y animal. El grano se usa para hacer panes y pasteles, y los componentes de la planta se pueden usar en ensaladas o sopas. De manera general, este producto ha sido considerado como un atractivo comercial en los diferentes mercados, motivo por el cual las propuestas por darle el valor agregado durante los últimos años han presenciado un aumento proporcional, entre los que destaca la elaboración de cerveza, fomentaría el consumo de este grano. De esta manera, una cerveza, la cual incluya amaranto, es hoy en día una perspectiva interesante a estudiar (Gonzáles, 2020).

El amaranto puede ser una posible solución al problema de la desnutrición, como uno de los alimentos olvidados o subutilizados de los aborígenes en época precolombina.

Se cree que, con el paso de los siglos, la conquista española y los cambios de patrones o hábitos alimentarios han hecho que se vayan olvidando muchos de ellos, inclusive su propio nombre aborigen y en otros casos, aunque ha subsistido el uso como alimento, se ha considerado, despectivamente, como “alimento de indios”, han perdido status social y por lo mismo se lo utiliza poco o nada (Morán y Erazo, 2018).

6.5.2. Características nutricionales del amaranto

El amaranto es considerado como el mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano, denominación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos ya que tanto sus hojas como su grano cuentan con valores altamente nutritivos que proporciona grandes beneficios en la salud, por esto es que el amaranto es considerado un cultivo prometedor que se puede convertir en una alternativa ideal para realizar agricultura en zonas marginadas (Jurado, 2019).

Este tipo de granos tiene la ventaja frente a la quinua de no contener saponinas, por lo que no requiere del proceso de saponificación y no representa un riesgo para el consumo ni para el ambiente, mientras que el valor nutritivo del amaranto es relevante en proteína y dentro de esta su contenido de Lisina es muy superior a los demás alimentos de uso común. Son significativos los contenidos de grasa, fibra y minerales, dentro de los que sobresalen el hierro y el calcio (Plua, 2019).

La característica más importante del amaranto es, sin duda, su alto valor nutritivo. Tanto la hoja como el grano poseen una interesante composición química y un valor nutricional superior comparado con otros granos. Las hojas de amaranto poseen una buena textura, sabor y calidad nutricional. La riqueza proteínica de las semillas de amaranto fluctúa de 14 a 17 %. Así también contienen diversos compuestos como péptidos

antimicrobianos, inhibidores de proteasas, lectinas y compuestos antioxidantes (Hernandez et al., 2018).

6.5.3. Composición química del amaranto

La composición química de las semillas de amaranto presenta un valor nutricional similar que los cereales, contiene un alto porcentaje de almidón, que va del 50 al 60% de su peso. El contenido de lípidos varía de 7 a 8%. Por otro 14 lado, el 14- 18% de las proteínas en las semillas contiene lisina y aminoácidos, y estos son importantes en la dieta diaria (Casillas, 2022).

Si bien la composición química del grano depende de la especie y variedad, así como de las condiciones climáticas en la que este se desarrolla. Además, en su composición química están presentes diversos compuestos como péptidos antimicrobianos, inhibidores de proteasas, lectinas y compuestos antioxidantes. Y destacar que se ha reportado la presencia de diversos péptidos con actividades antihipertensivas y anticancerígenas en proteínas del amaranto (Gonzáles, 2020).

La transformación del almidón en azúcares fermentables utilizando cereales sin maltear, siendo el caso del amaranto, está a cargo de las enzimas de la malta de cebada ya que este tipo de adjuntos no posee sus propias enzimas para realizar este trabajo. Para utilizar este tipo de adjunto es necesario someter a un tratamiento previo de gelatinización a una temperatura específica dependiendo del adjunto utilizado. Este tipo de adjunto al ser un producto ya malteado contiene sus propias enzimas que ayudan a la conversión del almidón en azúcares fermentables (Teran, 2017).

6.5.4. Composición proximal del amaranto

El grano de amaranto también contiene una mayor cantidad de grasa que la mayoría de los cereales de consumo habitual, como son el trigo (1,70%), arroz (2,20%) o maíz

(5,00. Los ácidos grasos presentes en el amaranto están caracterizados por un alto grado de insaturación, lo cual es deseable desde un punto de vista nutricional. Además, el escualeno es un ácido graso poliinsaturado abundante entre estos lípidos, el cual posee una gran capacidad antioxidante y fortalece el sistema inmune (Martín, 2022).

Tabla 1. Composición proximal del amaranto

Humedad	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Lípidos	Fibra	Cenizas
11,2	15,54	7,7	57	7,31	5,21	3,61

Fuente: Martín (2022).

6.5.6. Producción de amaranto en ecuador

Con más de 4000 años de existencia, es una semilla cultivada en las sierras de Ecuador, Colombia, Perú, Bolivia y Argentina, y dependiendo del lugar donde se encuentra se la conoce también como yuyo colorado, kiwicha, ataco, bledo, quinua de castilla o sangorache, llamada así en Ecuador a una especie de amaranto de grano negro (Morán y Erazo, 2018).

La producción de amaranto en el Ecuador se basa en 50 hectáreas de cultivo, con un rendimiento de 22 a 66 quintales por hectárea, lo que significa alrededor de 400 tm/año de producto y un costo de producción de 1.109 USD/ha (Jurado, 2019).

6.6. Maíz (*Zea mays*)

El maíz (*Zea mays*), es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal originario de América, representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial (García, 2021), pertenece a la familia gramínea, tribu *Maydeae*, género y especie *Mays* (Braúl y Diez, 2017), es el único cereal que puede ser utilizado como alimento ya sea para personas o animales, en cualquier etapa del desarrollo de la planta o

producción, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, este cultivo es fuente de un gran número de productos industriales (Guamán et al., 2020).

El maíz (Zea maíz) es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales. Es una materia prima básica en la industria de transformación, convirtiéndose en: almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas y desde hace poco en combustible. Entre las variedades cultivadas fundamentalmente para la alimentación están el maíz dulce, reventador, dentado, amiláceo o harinoso y el cristalino (Flores, 2019).

6.6.1. Propiedades nutricionales del maíz

Una semilla de maíz común está compuesta de 70 a 75% de almidón, 8 a 10% de proteína y 4 a 5% de aceite, contenidas en tres estructuras: el germen (10%), el endospermo (80%), y el pericarpio. La fracción proteínica del endospermo contiene 25% de proteína de tipo gluteína y 60% de proteína de baja calidad tipo zeina, deficiente en lisina y triptófano (Carvajal, 2018).

6.6.2. Composición nutricional del maíz

En la tabla dos se describen la composición nutricional del maíz.

Tabla 2. Composición nutricional del maíz

Composición	100g Maíz
Valor energético (Cal)	104,00
Humedad (%)	12,8
Proteína(g)	8,20
Grasa(g)	3,90
Carbohidratos(g)	75,10
Fibra(g)	2,70
Cenizas(g)	1,65

Fuente: Flores (2019).

6.6.3. Producción de maíz en Ecuador

Ecuador tiene territorios catalogados como zonas maiceras de esta gramínea entre las cuales están: “Guayas 15%, Los Ríos 54%, Manabí 15%, Loja 7% y el resto del país 9% de participación nacional aproximadamente con un promedio mínimo de 10 hectáreas. Se debe expresar que la producción ha sido continua en los últimos diez años lo que ha permitido identificar a este producto como un cultivo con incremento progresivo, siendo el maíz amarillo el que constituye el principal enlace de la Cadena Agroalimentaria del país (Sisalema, 2019).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la producción nacional de maíz duro es de 1’091.108 toneladas dentro de 341.254 hectáreas sembradas, generando un promedio de 3,2 $t.ha^{-1}$, a nivel nacional la producción de maíz se fracciona en aquellas que se generan de manera tecnificada por parte de los grandes productores (agricultura convencional) y de forma manual, conformada por los pequeños productores (agricultura tradicional), los cuales han alcanzado un rendimiento promedio de 7,1 y 4,8 t ha-1 respectivamente (Guamán et al., 2020).

6.6. Análisis sensorial

La evaluación sensorial ayuda a traducir los deseos, gustos, preferencias y expectativas de un consumidor en propiedades concretas y bien definidas. Conocer las características de color, olor, aroma, sabor, y textura de un alimento; es decir, todo lo que se puede percibir a través de los sentidos, control de calidad, desarrollo e innovación de nuevos productos. En respuesta a cómo cumple con las expectativas se evalúa con escalas hedónicas a partir de la apreciación de agrado o desagrado de potenciales consumidores (Celis, 2019).

La evaluación sensorial de los alimentos, constituye hoy en día un pilar fundamental para el diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Sin duda, el poder medir en el laboratorio el grado de satisfacción que brindará un determinado producto, nos permite anticipar la aceptabilidad que éste tendrá. Es también un elemento necesario para desarrollar una estrategia de marketing, ya que el placer o satisfacción sensorial o prueba hedónica es una determinante importante del consumo de alimentos (Cárdenas et al., 2018).

Estas pruebas permitirán conocer cuáles son las preferencias del consumidor mediante atributos bien definidos para un producto, pues la información obtenida sobre las preferencias, gustos y requisitos de aceptabilidad se realizan empleando un método conocido como pruebas orientadas al consumidor (Bernal y Aurora, 2021).

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Localización del experimento

El estudio experimental se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales en el área de Granos y Cereales de la Facultad de Ciencias Zootécnicas de la Universidad Técnica de Manabí. Geográficamente está ubicada en el cantón Chone Km 2 ½ vía Boyacá, sitio Ánima, a 0°41′ y 17″ de latitud Sur y 80° 7′ 25.60″ de longitud Oeste. Los análisis de Carbonatación se desarrollaron en el Laboratorio Multianalityca de la ciudad de Quito. Los análisis fisicoquímicos y sensoriales se desarrollaron en el Laboratorio de Microbiología, Bromatología, Química y Biología de la Facultad de Ciencias Zootécnicas.

En el proceso de elaboración del producto se trabajó con granos de amaranto (*Amaranthus caudatus*) provenientes de la ciudad de Quito y granos de maíz amarillo del cantón Chone. El kit cervecero se obtuvo en la tienda de suministros para elaboración de cerveza "Cerveceros Independientes" ubicado en la Ciudad de Guayaquil, en tanto que los demás insumos fueron adquiridos dentro de los predios del Mercado Central del Cantón Chone.

7.2. Diseño experimental

En la investigación se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar con arreglo bifactorial, en la que se tuvo como factor en estudio A: las concentraciones maíz malteado, y el factor B: las concentraciones de amaranto malteado. Se formularon 4 tratamientos incluido el tratamiento control, con tres réplicas por tratamiento respectivamente, en la que se obtuvo un total de 12 unidades experimentales (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos en estudio del diseño experimental

Trat.	Símbolo	Código	FACTOR AxB	Replicas
1	T_1	A_1xB_1	6% MM + 2% AM	3
2	T_2	A_2xB_2	4% MM + 4% AM	3
3	T_3	A_3xB_3	2% MM + 6% AM	3
4	T_0	Control	100% CEBADA MALTEADA	3

MM= MAÍZ MALTEADO: **AM**= AMARANTO MALTEADO

7.3. Procedimiento experimental

7.3.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo ale con granos de amaranto y maíz malteado (Figura 1).

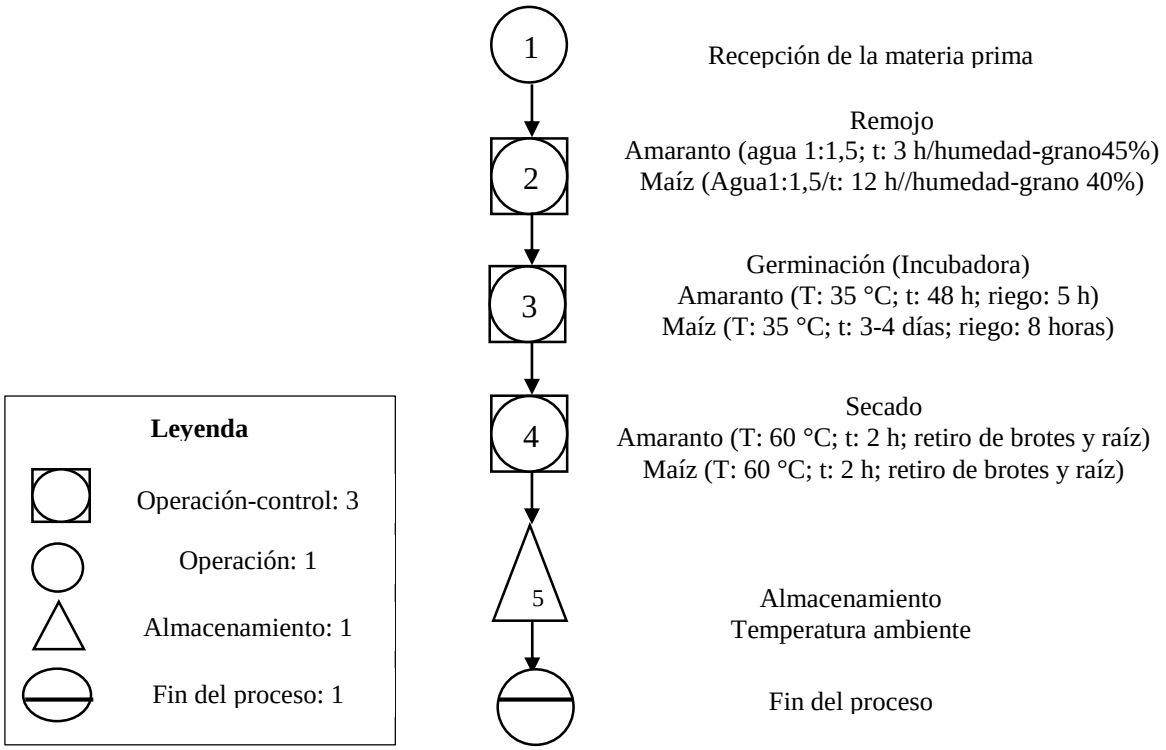

Figura 1. Diagrama de flujo para el malteado de los granos.

Descripción del proceso de elaboración de malteado del maíz y el amaranto

Recepción de la materia prima: Se receptan los granos de maíz y amaranto verificando el cumplimiento de los estándares de calidad (granos sanos, libres de mohos y levaduras).

Remojo: Se colocaron los granos de amaranto a remojo en agua utilizando una relación de 1:1,5 (1 kilo de semillas, 1,5 litros de agua) por un periodo de 3 horas, en tanto que para el maíz se utilizó la misma relación por un periodo de 12 horas.

Germinación: La germinación de las semillas de amaranto se realizó utilizando una incubadora a una temperatura de 35 °C, por un periodo de 48 horas, aplicando un riego

cada 5 horas. El maíz se germinó a una temperatura de 35°C, por un periodo de 3 a 4 días, aplicando riego en intervalos de 8 horas.

Secado: Los granos fueron secados en un deshidratador eléctrico a una temperatura de 60 °C, por un periodo de dos horas.

Almacenamiento: Los granos fueron colocados sobre fundas ziploc y almacenados en un lugar fresco y seco.

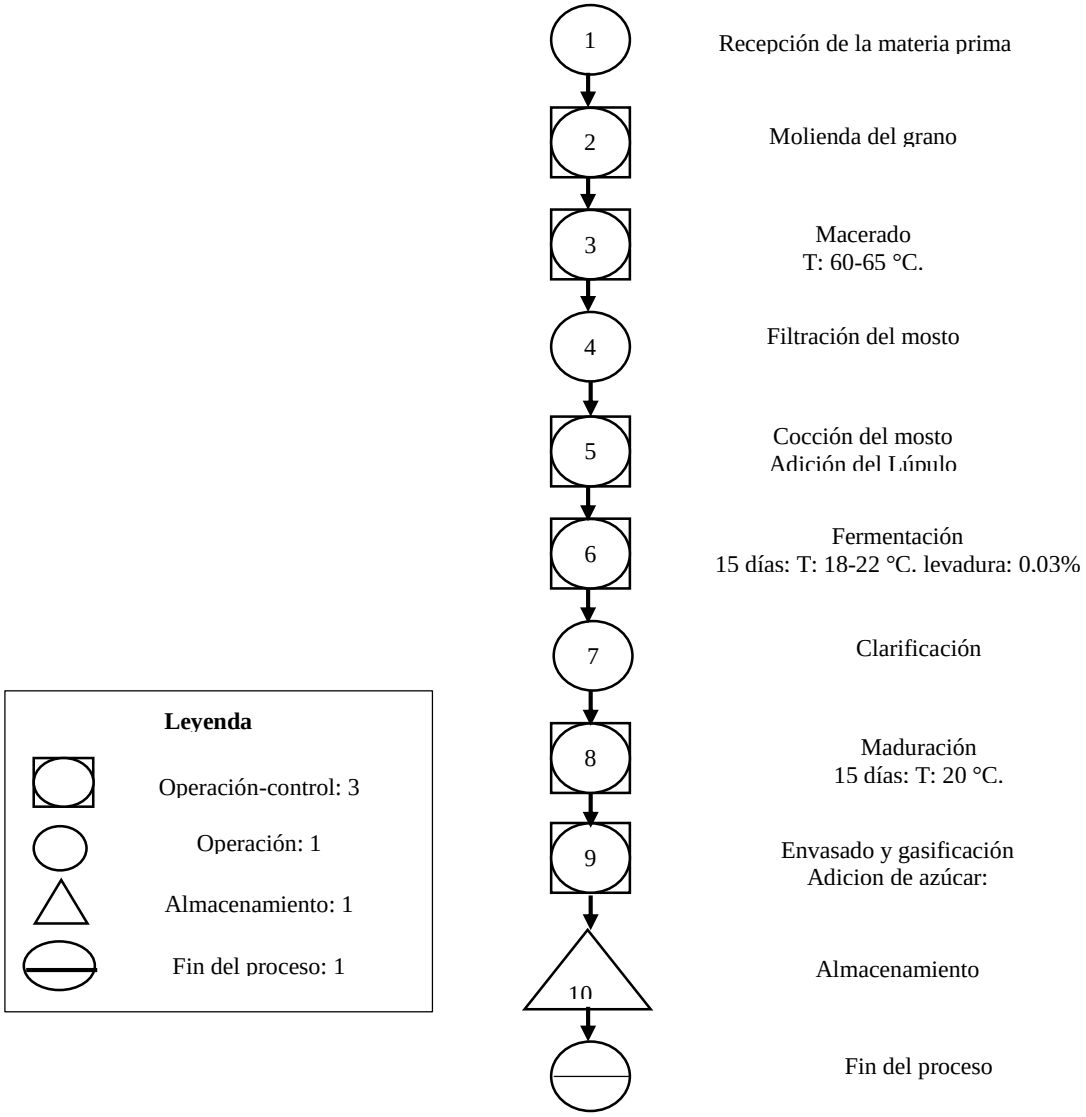

Figura 2. Diagrama de flujo de cervezas artesanal tipo Ale con amaranto y maíz malteado.

Recepción de la materia prima: Se recepta la materia prima (Kit cervecero, amaranto y maíz) para la elaboración de la cerveza artesanal tipo Ale, verificando que se encuentren en buen estado.

Molienda del grano: Los granos son molidos son sometidos a un proceso de molienda mediante la utilización de un molino manual cuya finalidad es reducir el tamaño de partícula de los granos utilizados para la fermentación.

Macerado: Se procede a colocar el agua con el grano molido a una temperatura de 60 a 65 °C, por un periodo de una hora. En este proceso el líquido se transforma en mosto.

Filtración del mosto: Se procede a filtrar la parte liquida de cada una de las formulaciones mediante la utilización de un tamiz, el mismo que se repite por tres veces consecutivas.

Cocción del mosto: la cocción del mosto se inicia añadiendo el lúpulo de amargor (al hervir) y hervir por 40 minutos, posterior a ello se añade el lúpulo del sabor y se deja hervir por 15 min. Luego se añade el lúpulo de aroma y se deja hervir por 5 minutos para añadir el clarificante. Posterior a ello se enfría el mosto a 25°C y se aplica un trasiego al tanque de fermentación.

Fermentación: La fermentación de los granos se efectuó añadiendo levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este proceso se lo realizó por un periodo de 15 días a una temperatura de 18 a 22 °C.

Clarificación: Se retiran los sedimentos de cada uno de los tratamientos.

Maduración: El producto se coloca en maduración por un periodo de 15 días a una temperatura de 20 °C.

Envasado y gasificación: Las cervezas son envasadas y se añade un total de 75 g de azúcar por cada litro de cerveza.

Almacenamiento: Las cervezas fueron almacenadas en un lugar fresco y seco para su carbonatación natural y finalmente estarán listas para ser servidas.

7.4. Análisis de laboratorio en la cerveza artesanal tipo Ale con amaranto y maíz malteado

7.4.1. Análisis fisicoquímicos

A los tratamientos en estudio de cerveza artesanal se le evaluaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

- **Densidad:** La densidad se la evaluó mediante la utilización de un Densímetro hidrómetro. Previo a la lectura de este parámetro se colocaron las muestras de cervezas sobre probetas con capacidad de 500 ml.
- **°Brix**: Se determinó mediante la utilización de un equipo Refractómetro.
- **pH**: Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN-2325, mediante la aplicación del método de determinación potenciométrica de cerveza previamente desgasificada, filtrada y atemperada de 20ºC a 25ºC.
- **Grado alcohólico**: Se determinó mediante la norma INEN-2322 aplicando los métodos Volumétrico y Gravimétrico.

7.5. Análisis sensorial

Para la evaluación del análisis sensorial se contó con la participación de 30 jueces semientrenados. A cada panelista se les facilitó cuatro muestras de cerveza artesanal codificadas en vasos transparentes y en orden aleatorio, más un vaso con agua purificada. Mediante un test con escala hedónica de 5 puntos (1 = menor aceptación y cinco mayor aceptación) los panelistas evaluaron en términos de calidad los atributos; color, olor, vivacidad, transparencia, vivacidad y amargor.

7.6. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos al mejor tratamiento

Al mejor tratamiento escogido por los catadores semientrenados se les evaluaron los siguientes análisis de acuerdo con los requisitos descritos en la Norma Técnica Ecuatoriana 2662 (2013), sin considerar réplicas.

7.6.1. Análisis microbiológicos

- **Anaerobios mesófilos**: Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN -1529-17.
- **Mohos y levaduras**: Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN 1529-10.

7.6.2. Análisis físicos

- **Acidez total**: Se determinó mediante métodos de volumetría.
- **Carbonatación:** Se determinó mediante la norma NTE INEN 2324, mediante el método de gravimetría.
- **Solidos solubles**: Se determinó mediante la utilización de un equipo Refractómetro.

7.6.3. Análisis químicos

- **Hierro:** Se analizó mediante la utilización del método Espectrofotométrico siguiendo los procedimientos de la norma ISO 8466-1
- **Zinc:** Se analizó mediante la utilización del método Espectrofotométrico siguiendo los procedimientos de la norma ISO 8466-1.
- **Arsénico:** Se determinó mediante los métodos de referencia de EPA3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B.
- **Plomo:** Se determinó mediante los métodos de referencia de EPA 3005A, EPA 6010B.

- **Cobre:** se determinó mediante los procedimientos descritos en el SM, Ed. 23, 2017, 3111B-Cu / Espectrofotometría de AA por llama aire acetileno.
- **Cenizas:** Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN-ISO 2171.

Tabla 4. Requisitos físico-químicos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Contenido alcohólico	% (v/v)	1,0	10,0
Acidez total (ácido láctico)	% (m/m)	-	0,3
Carbonatación	Volúmenes de CO_2	2,2	3,5
pH	…	-	4,8
Contenido de hierro	mg/dm^3	-	0,2
Contenido de cobre	mg/dm^3	-	1,0
Contenido de zinc	mg/dm^3	-	1,0
Contenido de arsénico	mg/dm^3	-	0,1
Contenido de plomo	mg/dm^3	-	0,1

Tabla 5. Requisitos microbiológicos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Anaerobios mesófilos	UFC/cm^3	-	80
Mohos y levaduras	UFC/cm^3	-	80

7.6.4. Análisis bromatológicos

- **Proteínas:** Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN-ISO 20483 mediante el método de Kjeldahl.
- **Humedad:** Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN-ISO 712.

- **Materia Seca:** Se determinó mediante la utilización de la norma NTE INEN-ISO 712
- **Grasa:** Se determinó mediante la utilización de la norma AOAC 2003.06
- **Fibra bruta:** Se determinó mediante la utilización de la norma AOAC 962.09
- **Extracto Libre de Nitrógeno:** Se determinó mediante Cálculo proximal
- **Energía:** Se determinó mediante Cálculo proximal

7.7. Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó mediante el software estadístico InfoStat. Se aplicaron los supuestos de ANOVA prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene). En base a los resultados, se aplica estadística paramétrica o no paramétrica. Para verificar la diferencia significativa entre los tratamientos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y se aplicaron las pruebas correspondientes.

- Tukey: estadística paramétrica que determino la magnitud de las diferencias entre los tratamientos con un nivel de significancia del 5%
- Prueba de contraste Kruskal Wallis: estadística no paramétrica aplicada para la comparación de los datos heterogéneos con un nivel de significancia del 5%.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Determinar los parámetros fisicoquímicos (densidad, °Brix, pH, y grado alcohólico) de la cerveza artesanal tipo Ale en base a la norma técnica INEN 2262 (2013).

Tabla 6. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	pH	Densidad inicial (g/mL)	Densidad final (g/mL)	Grado alcohólico (°Gl)
T1	3,68 c	1,04 a	1,01 a	3,06 a
T2	3,80 b	1,04 a	1,02 a	3,14 a
T3	3,76 bc	1,03 b	1,02 a	2,36 a
T0	4,19 a	1,04 a	1,02 a	3,01 a
p-valor	<0,0001	0,0001	0,7079	0,4692
E.E.	0,02	0,01	0,002	0,37

Media con una letra en común en la misma columna no muestran diferencias significativas en la misma columna (p>0,05).

Los resultados del contenido de pH de la cerveza artesanal tipo Ale con la sustitución parcial de cebada (*Hordeum vulgare*) por amaranto (*Amaranthus caudatus* l.) y maíz amarillo (*Zea mays*) presentó diferencias estadísticas (p<0,05) entre los valores promedios registrados para los tratamientos en estudio, siendo superior en el tratamiento control (T0) con un promedio de 4,19, seguido del tratamiento T2 con un promedio de 3,80, no obstante, para los tratamientos T1 y T3 se obtuvo promedios de 3,68 y 3,76, los cuales fueron estadísticamente diferentes. De acuerdo con los requisitos descritos por la NTE INEN 2262 (2013), el contenido de pH de las cervezas debe tener un mínimo de 3,5 y un máximo de 5,0, el mismo que muestra el cumplimiento de este parámetro en cada uno de los tratamientos en estudio.

Narváez (2021), al estudiar la incidencia de la sustitución de cebada por maíz malteado en la elaboración de una cerveza de tipo Ale obtuvo un valor de pH de 5,60 en la

formulación que incluyó Maíz (5 %) + Cebada (30 %) + Arroz (15 %) siendo a su vez diferente al reportado en el tratamiento control 4,8 y al reportado en la investigación.

Torres et al. (2017), indica que el pH de las cervezas puede verse influenciado por el contenido mineral del agua utilizada para su fabricación ya que algunos componentes minerales ejercen una influencia específica y estabilizadora de los iones de calcio sobre las amilasas, en este caso el autor describe valores de pH de 3,6 a 4,1 en la elaboración de cerveza artesanal.

El análisis de varianza efectuado para la variable densidad inicial (g/mL) de la fermentación presentó diferencias estadísticas ($p<0,05$) entre el tratamiento T3 con los tratamientos T0, T1 y T2, los cuales fueron superiores con un promedio de 1,04 (g/mL). Por su parte, al finalizar la investigación, los valores de la densidad no presentaron ($p>0,05$) diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, mostrando una disminución en los promedios con valores de 1,01 y 1,02 (g/mL).

Cedeño y Mendoza (2016), al efectuar una evaluación de las propiedades fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo ale en la que utilizó almidón de papa y especies documenta valores de 1,02 g/mL en cada uno de los tratamientos estudiados, los cuales muestran un comportamiento cercano a los obtenidos en la investigación.

Por su parte González (2017), describe que la densidad está influenciada por el grado de carbonatación que se presenta en la cerveza, describiendo que en bajas concentraciones de CO_2 en el seno del líquido produciría una espuma laxa (carece de rigidez) y poco compacta en la superficie, contrariamente, una profusa (abundante) carbonatación ocasionará que las burbujas se generen tan rápido que tenderán a acumularse en la superficie y formarán una espuma consistente y compacta.

El contenido alcohólico (°GL) de los tratamientos aplicados para la obtención de la cerveza artesanal tipo Ale no presentaron diferencias significativas (p>0,05) entre cada uno de ellos, a pesar de encontrarse una leve diferencia numérica entre los tratamientos en estudio encontrándose valores que oscilaron entre 2,36 y 3,14 (°GL).

Estudios realizados por Pérez (2017), al estudiar el porcentaje de alcohol de cervezas maduras estableciendo una dilución de 90 % de amaranto malteado y 10 % de cebada obtuvo un contenido alcohólico de 1,16 % Alcohol (v/v), en tanto que en la formulación que incluyó 80 % malta de amaranto y 20 % malta de cebada el contenido alcohólico fue de 1,53 Alcohol (v/v), sin mostrar efectos significativos.

No obstante, Rodríguez (2015), al evaluar el efecto de la sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración en el grado alcohólico de una cerveza tipo Ale se observó que el grado alcohólico presentó una disminución a medida de que se aumenta el porcentaje de sustitución de cebada por quinua obtuvo valores de 3,71 y 3,78 °GL en sustituciones del 50%, en tanto que en el tratamiento Control los valores fueron 5,11 y 5,33 °GL, estableciendo valores de pH de 5 y 6.

8.2. Establecer el tratamiento de mayor aceptación mediante análisis sensorial de prueba descriptiva

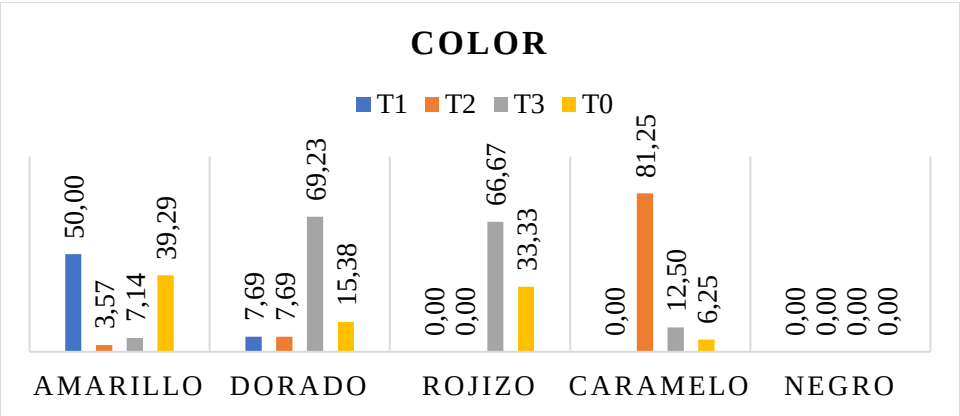

Figura 3. Evaluación del color

Al analizar el perfil del color (Figura 3), entre los tratamientos para la obtención de una cerveza tipo Ale mediante la sustitución de cebada (*Hordeum vulgare*) por amaranto (*Amaranthus caudatus* l.) y maíz amarillo (*Zea mays*) se obtuvo que mayoritariamente los catadores muestran una mejor aceptación en los tratamientos T0 y T1, presentando como característica una coloración amarilla la misma que deriva de las materias primas utilizadas en las formulaciones, en este caso se registran un porcentaje de 50 y 39,29%. No obstante, en el atributo de coloración dorado los resultados del tratamiento T3 (Inclusión de 6% de amaranto malteado y 2 % de maíz malteado) muestran una aceptación de 69,23%. En el atributo caramelo únicamente mostró una superioridad en el tratamiento T2 con un total de 81,25%. Para la categoría de calificación rojiza el tratamiento T3 muestra un total de 66,67% seguido de tratamiento control con un total de 33,33%.

De acuerdo con lo reportado por Torres y Bohorquez (2017), el color de la cerveza es un atributo fundamental que depende directamente del proceso de malteado y define la apariencia final del producto, encontrándose concordancia con los resultados de la investigación donde se puede apreciar variabilidad entre las frecuencias de los catadores en cada uno de los tratamientos estudiados.

Estudios efectuados por León (2019), determinó que la cerveza que incluyó las combinaciones de amaranto y quinua mostraron una mejor aceptación en lo que refiere al color, describiendo que el 61,54 % de evaluadores mencionaron que el color fue agradable y el 15,38 % muy agradable.

González et al. (2013), en la elaboración de una cerveza artesanal de amaranto obtuvo que el 63 % de los catadores mostraron una preferencia del color verdaderamente agradable, asociado a un 31 % que consideró como agradable. Esto es comparado contra el 87 % de evaluadores que consideraron que la cerveza tradicional de control es aceptable.

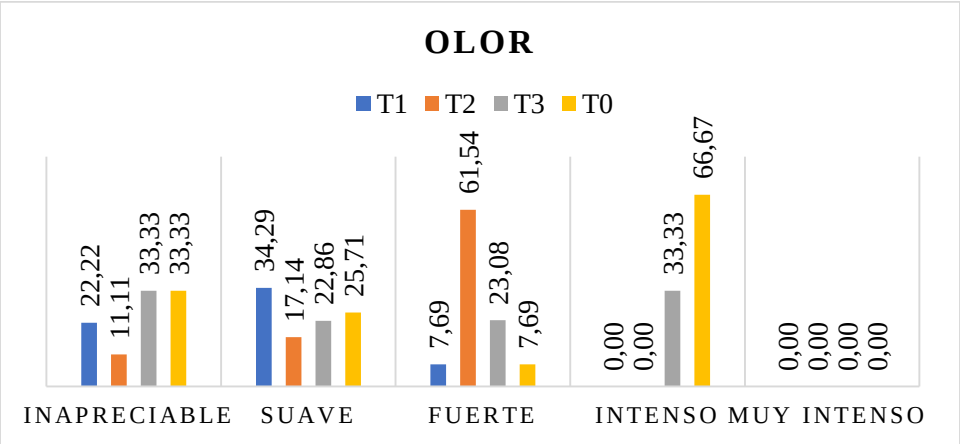

Figura 4. Evaluación del olor

En relación a los resultados obtenidos en el atributo olor (Figura 4), se puede apreciar que el criterio de calificación suave se encuentran las mayores frecuencias con valores de 24, 18, 16 y 12 personas, respectivamente en los tratamientos T1, T0, T3 y T2, no obstante, para la categoría fuerte, los valores muestran una mayor frecuencia en el tratamiento T2 con un promedio de 16 personas.

Sasintuña (2022), al evaluar el aroma de una cerveza artesanal nutritiva utilizando como adjunto diferentes concentraciones de amaranto (*Amaranthus L.*) malteado describe como resultado que el 50% de los encuestados califico la bebida como suave, el 30% intenso y el 20% fuerte.

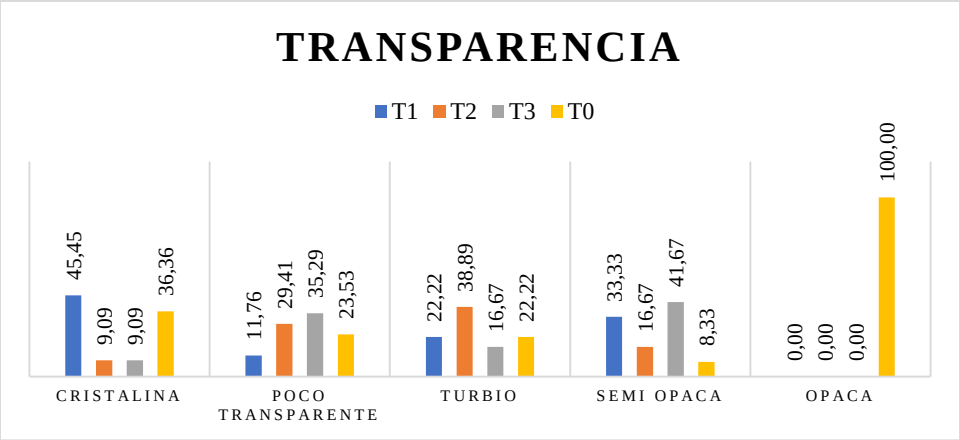

Figura 5. Evaluación de la transparencia

En relación a los resultados de la transparencia (Figura 5) de la cerveza artesanal se muestra que en la categoría de aceptación cristalina los resultados de los tratamientos T1 y tratamiento control (T0), alcanzaron un porcentaje de 45,45 y 36,36%, respectivamente. Para el atributo poco transparente, los resultados muestran una mayor aceptación en el tratamiento T3 con un total de 35,29%, seguido del tratamiento T2 con un total de 29,41%. Para el criterio de turbio se puede apreciar que el tratamiento T2 presentó una mayor frecuencia con un total de 14 personas. En tanto que en la categoría semi opaca se muestra una mayor frecuencia en la aceptación en el tratamiento T3 con un total de 41,67%, no obstante, para el atributo opaca los resultados únicamente presentaron valoraciones en el tratamiento T0 con un total de 100%.

Terán y Torres (2021), al efectuar un análisis visual de una cerveza en base de harina de residuos agroindustriales de cacao obtuvieron una frecuencia en el parámetro turbio de 12 personas y 1 para semi opaca.

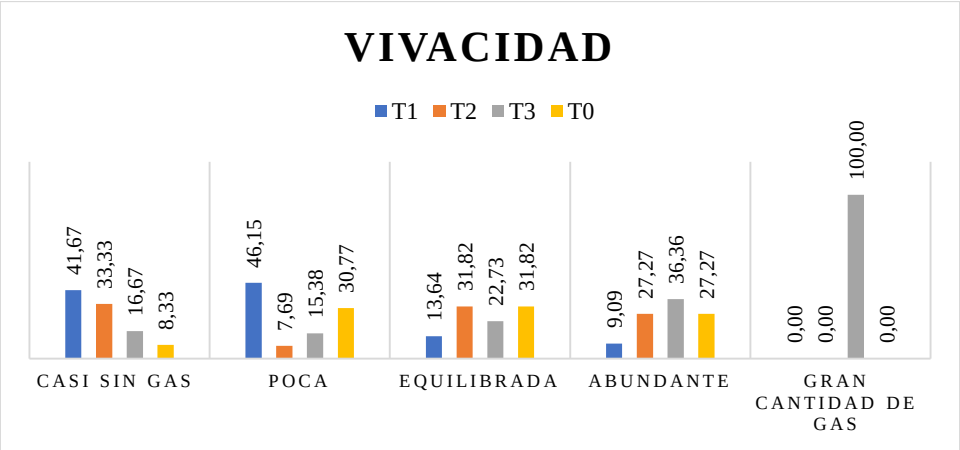

Figura 6. Evaluación de la vivacidad

Los resultados derivados de las valoraciones de los catadores para el atributo vivacidad (Figura 6) de la cerveza artesanal tipo Ale, muestra como resultado que el

tratamiento T1 obtuvo una valoración de casi sin gas y poca vivacidad, alcanzando valores de 41,67 y 46,61%. Para la categoría equilibrada los valores alcanzaron una mayor aceptación en los tratamientos T2 y T0 con promedios de 31,82%, seguido por el tratamiento T3 el cual obtuvo un 22,73 % para esta categoría.

Por otra parte, las categorías de vivacidad abundante y gran cantidad de gas en las cervezas muestran que el tratamiento T3 fue mayoritariamente clasificado por los catadores en estos parámetros, con un total de 36,36 y 100%, respectivamente en cada uno de los casos.

Estudios desarrollados por Terán et al. (2021), al analizar la vivacidad de una cerveza en base de harina de residuos agroindustriales de cacao obtuvieron valores de frecuencia para la categoría casi sin gas de 5, poca vivacidad de 8, equilibrada, abundante y gran cantidad de gas con frecuencias de 0.

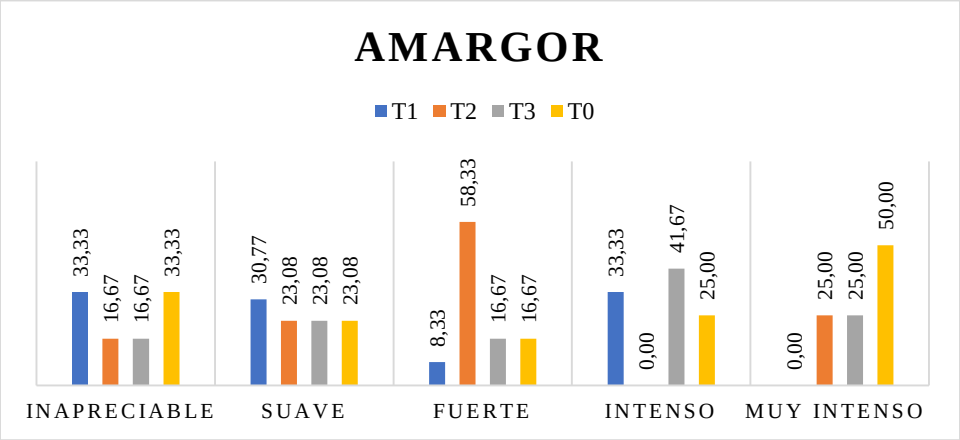

Figura 7. Evaluación del amargor

En lo que respecta al amargor (Figura 7) de los tratamientos en estudio se puede apreciar variabilidad entre las frecuencias de aceptación en este parámetro, mostrando una mayor frecuencia en la categoría suave para el tratamiento T1 con un total de 30,77 %, en

tanto que para los demás tratamientos se registra un total de 23,08%. Para el atributo inapreciable se puede apreciar una mejor aceptación en los tratamientos T1 y T0 con promedios de 33,33%.

Dentro de la categoría fuerte para el amargor, se puede apreciar que las combinaciones del 4% de maíz y amaranto malteado alcanzaron un 58,33%, en tanto que para la categoría muy intenso se muestra una mayor frecuencia en el tratamiento T3 con un total 41,67%.

Sasintuña (2022), en la elaboración de una cerveza artesanal nutritiva utilizando como adjunto diferentes concentraciones de amaranto (*Amaranthus L.*) malteado describe como resultados una frecuencia de 14% para amargor.

Tabla 7. Evaluación sensorial de los tratamientos en estudio.

Variables	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p-valor
Color	T0	30	4,03 a	1,07	4,00	1,26	0,7013
	T1	30	4,13 a	0,78	4,00		
	T2	30	3,77 a	1,17	4,00		
	T3	30	4,00 a	0,83	4,00		
Olor	T0	30	3,77 a	1,04	3,00	2,45	0,4390
	T1	30	3,90 a	1,12	4,00		
	T2	30	4,17 a	0,91	4,00		
	T3	30	3,93 a	1,05	4,00		
Transparencia	T0	30	3,83 a	0,91	4,00	2,79	0,3725
	T1	30	3,67 a	1,03	4,00		
	T2	30	3,47 a	0,94	3,50		
	T3	30	3,80 a	0,85	4,00		
Vivacidad	T0	30	3,90 bc	0,84	4,00	9,33	0,0172
	T1	30	3,40 ab	1,19	3,00		
	T2	30	3,27 a	1,05	3,00		
	T3	30	3,93 c	1,17	4,00		
Amargor	T0	30	4,03 a	0,93	4,00	4,25	0,1713
	T1	30	3,53 a	1,2	4,00		
	T2	30	3,90 a	0,71	4,00		
	T3	30	4,10 a	0,76	4,00		

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

De acuerdo con los análisis de la evaluación sensorial (Tabla 7) efectuado a la cerveza con la inclusión de amaranto y maíz amarillo malteado como sustituto de la cebada en diferentes concentraciones, se obtuvo como resultados que las variables color, olor, transparencia y amargor no presentaron efectos significativos ($p>0,05$) entre los promedios de los tratamientos en estudio, alcanzando promedios que oscilaron entre 3 a 5 puntos los cuales se encuentran dentro de los rangos de calificación de intensidad alta.

Con respecto al atributo sensorial vivacidad los resultados de las pruebas de comparación de Kruskal Wallis se obtuvieron diferencias estadísticas ($p>0,05$) entre los tratamientos T2 y T3, con promedios de 3,27 y 3,93, siendo este último el de mayor puntuación entre los tratamientos estudiados, tomándose como el mejor tratamiento. Por su parte al compararlos con los resultados de los tratamientos T0 y T1 no se muestra un efecto significativo entre cada uno de ellos, los cuales muestran un promedio de 3,90 y 3,40.

Narváez (2021), al evaluar la incidencia de la sustitución parcial de la cebada por maíz malteado con arroz obtuvo diferencias significativas ($p>0,05$) al evaluar los parámetros color y olor obtuvo una mejor aceptación en el tratamiento T3 (Maíz 5 % + Cebada 30 % + Arroz 15 %) con valores de 4,00 y 3,70, a diferencia de los reportados en la investigación no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, los resultados finales se muestran cercanos a los obtenidos en la investigación.

Cedeño et al. (2016), al analizar las características sensoriales de una cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especies, encontró que los atributos sensoriales evaluados (color, olor, sabor, cuerpo y amargor), no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, encontrándose un promedio general de 3.05 a 3.45.

8.3. Analizar las características microbiológicas, fisicoquímicas y Bromatológicos del tratamiento en estudio con mayor aceptación

Tabla 8. Evaluación microbiológica del mejor tratamiento

Parámetro	Unidad	Valor	Mínimo NTE INEN 2662	Máximo NTE INEN 2662
Anaerobios mesófilos	UFC/mL	1,82E+01	-	80
Mohos y Levaduras	UPC/mL	4,90E+03	-	50

Las características microbiológicas de la cerveza artesanal tipo Ale al mejor tratamiento (T3: 2% Maíz Malteado + 6% Amaranto Malteado) muestra que la presencia se Anaerobios mesófilos en el producto final se encuentra dentro de los requisitos descritos en la norma NTE INEN 2262 (2013), estipulados para cervezas no pasteurizadas.

Al analizar el contenido de mohos y levaduras no se cumple con los requisitos descritos por la norma, encontrándose valores superiores a 50 UPC/mL (4900 UPC/mL) lo que se relaciona directamente con la presencia de residuos de mohos y levaduras que continuaron su desarrollo en los envases debido a que no se pasteurizó el producto final.

Estos resultados difieren de los reportados por León (2019), al efectuar un análisis microbiológico de una cerveza artesanal diferentes concentraciones de lúpulo y miel de abeja y diferentes concentraciones de base de malta de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus Caudatus l.)* obtuvo el cumplimiento de los requisitos Microorganismos anaerobios y Recuento de mohos y levaduras aplicando la norma NTE INEN 2262 (2013), en este caso, el autor menciona que los altos niveles de mohos y levaduras se debe a que la cerveza artesanal tienen como característica principal que el procesos fermentativo termina en la botella.

García (2015), obtuvo como resultados valores de 4,15 (log UFC/mL) cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos Andinos, superando los valores máximos descritos por la NTE INEN 2262, describiendo que las bebidas no fueron sometidas a un proceso de pasteurización. Sin embargo, no representan un riesgo para la salud del consumidor y que es originado por la proliferación de levaduras durante el proceso de maduración de la cerveza, no obstante, es importante mencionar que su crecimiento puede inferir sobre la vida útil del producto.

Tabla 9. Evaluación de los parámetros fisicoquímica del mejor tratamiento

Parámetro	Unidad	Valor	Mínimo NTE INEN 2662	Máximo NTE INEN 2662
Carbonatación	L CO2/L bebida	2,60	2,20	3,5
Acidez total*	% (m/m)	0,41	-	0,30
Solidos solubles	°Brix	2,10	-	-

*****Acidez total expuesta en ácido láctico

Los resultados de la caracterización fisicoquímica efectuada al tratamiento con mayor aceptación sensorial muestra como resultados un contenido de carbonatación de 2,60 L CO_2/L de bebida el mismo que se encuentra dentro de los promedios establecidos por la norma NTE INEN 2662 (2003). León (2019), obtuvo valores de 2,31 volúmenes de CO2, se encuentra dentro de los parámetros, permitidos por la norma INEN.

El registro de la acidez total expresada en ácido láctico dio como resultado un total de 0,41 % (m/m) el mismo que indica que se encuentra fuera de lo establecido por la norma utilizada como referencia. Desde este aspecto Panda et al. (2015), manifiesta que la fermentación alcohólica al ser un proceso bioquímico complejo, donde por acción de las levaduras excretan nucleótidos, ácidos orgánicos y dióxido de carbono, por lo que

conducen a un incremento de la acidez media en la cerveza, lo que concuerda con lo descrito por Kretzschmar (2014), donde menciona que en el proceso de fermentación se originan ácidos orgánicos como el pirúvico, láctico y oxálico que en cantidades excesivas pueden generar propiedades no deseadas en el producto final.

Cedeño et al. (2016), documentan diferencias estadísticas ($p<0,05$) entre los tratamientos en estudio en la elaboración de una cerveza artesanal con la sustitución de malta por almidón de yuca, encontró que sustituciones parciales de 200 y 300 g/L de malta de cebada con almidón de papa y la inclusión de 2 y 3 g/L de la combinación de especias se encontró valores superiores descritos por la norma INEN 2262:2003.

Por su parte, los resultados del contenido de solidos solubles registrado para el mejor tratamiento fue de 2,10 °Brix. Resultado que difiere del reportado por González et al. (2019), en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Blondo Ale con la inclusión de amaranto obtuvo valores de 3,6 °Brix, en tanto que para el tratamiento Control se documenta un total de 3,0 °Brix.

Tabla 10. Composición química del mejor tratamiento

Parámetro	**Unidad**	**Valor**	**Mínimo NTE INEN 2662**	**Máximo NTE INEN 2662**
Ceniza	%	0,13	-	-
Hierro	mg/dm^3	0,70	-	0,20
Zinc	mg/dm^3	> 0,20	-	1,00
Arsénico	mg/L	0,02	-	0,10
Plomo	mg/L	0,0004	-	0,10
Cobre	mg/L	<0,10	-	1,00

En la tabla 10 se describen los resultados de la composición química efectuado al mejor tratamiento (T3: 2% Maíz Malteado + 6% Amaranto Malteado) en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale. El contenido de Ceniza del producto final fue de 0,13%,

El contenido de Arsénico, plomo y cobre documentados para el mejor tratamiento fueron de 0,02, 0,0004 y <0,10 mg/L valores que se encuentran por debajo del máximo descrito en la norma NTE INEN 2662 (2013), siendo esto indicador de una baja presencia o casi nula de metales pesados en la elaboración de la cerveza.

Los resultados de la presencia de Hierro en la cerveza artesanal se encuentran por encima del valor máximo registrado en la norma NTE INEN 2662 (2013) con un total de 0,70 mg/dm^3, considerando que el valor máximo para este parámetro es de 0,20 mg/dm^3. El registro del contenido de zinc muestra valores que se encuentra por debajo del valor máximo descrito por la norma INEN (1,00) con un total de >0,20 mg/dm^3.

Pilligua et al. (2021), al elaborar una cerveza artesanal con la inclusión de mucilago de cacao obtuvo un contenido de plomo de <0,01 mg/dm^3, cobre 0,088 mg/dm^3, Zinc 0,087 mg/dm^3 y un contenido de hierro de 2,103 mg/dm^3, encontrándose este último fuera de los requisitos de la norma INEN 2662 (2013), especificando que estos parámetros únicamente son utilizados como referencia para cervezas industriales y no para artesanales, además de que la presencia de este tipo de minerales está influenciado por los sustratos utilizados para la elaboración de cerveza.

León (2019), menciona que la concentración de hierro afecta proporcionalmente la calidad y estabilidad del producto final e imparte propiedades organolépticas específicas a cada variedad de cerveza, concordando que las diferencias encontradas en este experimento podría deberse a las materias primas utilizadas o a las diversas técnicas de producción usadas tradicionalmente en las diferentes variedades de cerveza.

Tabla 11. Composición bromatológica del mejor tratamiento

Ensayo	Unidad	Valor
Proteína (6,25)	%	0,13
Humedad	%	97,82
Materia Seca	%	2,182
Grasa	%	0,08
Fibra Bruta	%	ND
Extracto Libre de Nitrógeno	%	1,87
Energía	kcal/mL	0,09

ND: no detectada

La composición bromatológica de la cerveza artesanal elaborada con la inclusión de 2% Maíz Malteado más el 6% Amaranto Malteado, escogido como el mejor tratamiento en la evaluación sensorial, muestra un aporte de proteínas de 0,13 %, un contenido de humedad de 97,81 %, Materia Seca de 2,18%, grasa de 0,07 %, Extracto Libre de Nitrógeno de 1,87 % y un aporte de energía de 0,09 kcal/mL.

Estudios realizados por Collazos (2009), al analizar la composición química proximal de la cerveza industrial documenta un contenido de proteína de 0,30%, agua de 90% y un aporte de energía de 150 KJ.

9. CONCLUSIONES

- La determinación de las propiedades fisicoquímicas de la cerveza artesanal tipo Ale mostraron diferencias estadísticas ($p>0,05$) en los parámetros pH con una superioridad numérica en el tratamiento control (4,19) posiblemente debido a la influencia del contenido mineral de la formula, de la misma manera se encontró un comportamiento estadísticamente diferente en la densidad inicial de la bebida

mostrando una mayor proporción en los tratamientos T0, T1 y T2 con promedios de 1,04 g/mL. Para los parámetros densidad final y grado alcohólico los resultados no presentaron diferencias estadística ($p>0,05$) entre los tratamientos en estudio, mostrando el cumplimiento de los requisitos de la norma NTE INEN 2262.

- La evaluación de los atributos sensoriales mediante la evaluación de pruebas descriptivas en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale, muestra una mayor fijación las categorías doradas y rojizas en el tratamiento T3, olor fuerte e intenso en los tratamientos T2 y T0. Por su parte la transparencia fue superior en el tratamiento T3 en las categorías poco transparente y semi opaca, T2 en turbio y T1 en cristalina. La vivacidad fue superior en el tratamiento T1 en las categorías casi sin gas y poca, T2 en equilibrada y T3 en vivacidad abundante y gran cantidad de gas. El amargor fue superior en la categoría fuerte en el tratamiento T2, T1 en las categorías inapreciable y suave. El tratamiento T3 obtuvo un amargor intenso. La evaluación cuantitativa únicamente mostró diferencias estadísticas en la vivacidad siendo superior el tratamiento T3 (3,93).
- La evaluación microbiológica del mejor tratamiento muestra que el contenido de Anaerobios mesófilos se encuentra dentro de los requisitos de la NTE INEN 2662, en tanto que la presencia de mohos y levaduras se encuentran por encima de los valores descritos por la norma para cervezas no fermentadas (NTE INEN 2662), de la misma manera los valores de carbonatación alcanzaron un total de 2,60 L CO_2/L bebida, encontrándose dentro de los valores de la Norma INEN. La acidez total se encontró por encima de los rangos con un total de 0,41%. El contenido de °Brix fue de 2,10. La composición química muestra que el contenido de zinc, arsénico, plomo y cobre se encuentran dentro de los requisitos de la Máximo NTE INEN 2662, a

excepción del contenido de hierro con un valor de 0,70 mg/dm^3. La composición bromatológica del tratamiento T3 presentó un total de proteínas de 0,13 %, humedad de 97,81 %, Materia Seca de 2,18%, grasa de 0,07 %, Extracto Libre de Nitrógeno de 1,87 % y un aporte de energía de 0,09 kcal/mL.

10. RECOMENDACIONES

- Que se estudie el comportamiento de los parámetros fermentativos de la cerveza artesanal a base de maíz y amaranto malteado durante la vida anaquel.
- Que se evalué las variaciones del color de los tratamientos en estudio mediante la utilización de equipos instrumentales.
- Que se desarrolle un estudio económico con la finalidad de determinar los costos de producción para la obtención de una cerveza artesanal tipo Ale con la inclusión de 2% Maíz Malteado más el 6% Amaranto Malteado.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arellano, L. (2021). *Detección de hongos e identificación de micotoxinas en granos de maíz almacenados.* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4298

Ayala, A., Espitia, E., Rivas, P. M., y Almaguer, G. (2016). Análisis de la cadena del valor de amaranto en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 13*(1), 87-104. https://www.redalyc.org/journal/3605/360545634006/html/

Badini, C. (2022). *Desenvolvimento, caracterização e atividade antioxidante de cerveja artesanal contendo amaranto.* [Tesis de maestría, Unibversidade Federal de Sao Paulo]. https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/63252

Benalcazar, J. (2018). *Evaluación de diferentes pretratamientos químicos a la biomasa de la cáscara de cacao para procesos de fermentación alcohólica.* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito USFQ]. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8423/1/139537.pdf

Benitez, V., y Morales, C. (2018). Automatización del proceso de macerado de la malta para la producción de cerveza artesanal. *Revista EPISTEMUS, 12*(24), 53-61. https://doi.org/https://doi.org/10.36790/epistemus.v12i24.68

Bernal, L., y Aurora, E. (2021). *Evaluación sensorial y vida útil de una bebida formulada a base de garbanzo (Cicer arietinum L.), frejol de palo (Cajanus cajan L.) y lactosuero dulce saborizada con chocolate.* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8389/Bernal%20N%c3%ba%c3%b1ez%20Lucy%20Yanina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Braúl, W., y Diez, R. (2017). Efecto socio-economico de la liberacion del cultivar INIA 616-Ucayali de maiz amarillo duro (*Zea may*s) en Ucayali. *Revista de Investigación Científica Cultura Viva Amazónica, 2*(2), 13-19. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37292/riccva.v2i02.54

Caiza, C. (2021). *Impacto de dos cepas alternativas de Saccharomyces cerevisiae sobre las características físico-químicas y organolépticas de cervezas artesanales.* [Tesis de maestría, Universidad San Francisco de Quito]. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11060/1/215382.pdf

Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., y Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial. *Revista Dominios de las Ciencias , 4*(3), 253-263. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.3.julio.253-263

Carrassco, P. (2020). *Determinación de la calidad maltera aplicada en el grano de cebada Hordeum vulgare variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003, su análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza artesanal (Rubia) producida a partir de su pr.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31406

Carvajal, S. (2018). *Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y textura de la mezcla de Maíz (Zea mays, Fréjol (Phaseolus vulgaris) y Camote (Ipotea batata) en el snack.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8827/1/03%20EIA%20471%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Casillas, P. (2022). *Propuesta de un recetario de comida ecuatoriana a base del amaranto para restaurantes del sector de la Mariscal en la Ciudad de Quito.* [Tesis de pregrado, Universidad Iberoamericana del Ecuador]. http://repositorio.unibe.edu.ec/bitstream/handle/123456789/480/CASILLAS%20SIMBA%c3%91A%20PAOLA%20ESTEFAN%c3%8dA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castañeda, R., Andrade, M., Argüello, Y., y Vernaza, M. (2018). Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa* wild) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (Hordeum vulgare) malteada. *Enfoque UTE, 19*(2), 15-26. https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.302

Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador:retos y oportunidades. *Avances en Ciencias e Ingenierias, 11*(17), 116-123. https://doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100

Cedeño, G., y Mendoza, J. (2016). *Evaluación fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especies.* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix López]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/552/1/TAI109.pdf

Celis, I. (2019). *Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico: cerveza artesanal).* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76961

Civitaresi, M., Niembro, A., y Dondo, M. (2017). Desafíos para desarrollar una agroindustria local. Hacia una tipología de productores de cerveza artesanal en Bariloche. *Revista Pymes, Innovacion y Desarrollo, 5*(1), 41-62. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/article/view/18474

Collazos, C. (2009). *La composición de alimentos de mayor consumo en el La composición de alimentos de mayor consumo en el.* Instituto Nacional de Nutrición. Lima, Perú.

Cortez, B. (2020). *Influencia del mango (Mangifera indica) y babaco (Vasconcellea× heilbornii) en las características organolépticas de una cerveza artesanal.* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CORTEZ%20QUINTO%20BETTY%20JAEL.pdf

Cuvi, D. (2020). *Influencia del tiempo de fermentación sobre una bebida alcohólica con mucílago de cacao (Theobrama cacao) y maracuyá (Passiflora edulis).* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUVI%20APARICIO%20DAYLENNY%20NICOLE.pdf

Dincă, L., Dincă, M., Pantea, S., Timis, V., & Onet, C. (2018). Amaranthus plant - Between myth and usage. *Natural Resources and Sustainable Development, 8*(1), 9-16. https://doi.org/ 10.31924/nrsd.v8i1.002

Espinoza , N. (2016). *Estudio de las condiciones de malteado de maíz (Zea mays) y quinua (Chenopodium quinoa) que favorezcan su aptitud cervecera.* [Tesis de pregrado, Escuela Politecnica Nacional]. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15039

Ferrat, Y., Fernández, H., Gonzales, C., y Reyes, C. (2019). Caracterización de las personas consumidoras de bebidas alcohólicas. *Acta Médica del Centro, 13*(4). https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2019/mec194f.pdf

Ferreyra, L. (2014). *Elaboración de cerveza: Historio y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejores tenológias para productores artesanales.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Plata]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17617

Flores, J. (2019). *Eecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y de textura en la mezcla de maíz (Zea mays), chocho (Lupinus mutabilis) y zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) en el snack.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9782/3/03%20EIA%20487%20TRABAJO%20GRADO.pdf

García, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos Andinos.* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3949

García, M. (2021). *Aplicación del Método NIRS cercano para evaluar los parámetros de calidad nutricional de Zea mayz L. (maíz) utilizado para alimento balanceado de aves.* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martin]. https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4160

Gonzáles, M. (2020). *Métodos de análisis para la determinación de proteínas en cereales: Amaranto y cebada.* [Tesis de pregrado, Universidad de Coruña].

https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/27174/GonzalezPerez_Maria%20Isabel_TFM_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y

González, J., y Martínez, J. (2013). Perspectivas de nuevos productos a base de amaranto: Cerveza artesanal de amaranto. *Revista Academica de Investigacion TLATEMOANI*, *14*, 1-23. https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/14/cerveza-artesanal-amaranto.pdf

González, J., Carrizales, R., y Martínez, J. (2013). Perspectivas de nuevos productos a base de amaranto. Cerveza artesanal de amaranto. *Tlatemoani: revista académica de investigación*(14), 1-23. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7330826

González, M. (2017). Principios de Elaboración de las cervezas Artesanales. North Carolina USA: Ilustrada.

Guaján, C. (2019). *Determinación de los procesos artesanales para elaborar harina y cereales de amaranto (Amaranthus caudatus L.), en la comunidad de Iltaquí, cantón Cotacachi.* [Tesis de Grado, Universidad TÉcnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6408

Guaman, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., y Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos . *Revista Siembra*, *7*(2), 1-12. https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196

Hernandez, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., y Ramíres, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, *3*(6), 423-436. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6521553

Janssen, F., Pauly, A., Rombouts, I., Jansens, K., Deleu, L., y Delcour, J. (2016). Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(1), 39-58.

Jurado, E. (2019). *Estudio de la producción y comercialización del Amaranto (Amarantus sp) en la provincia de imbabura.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del

Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9888/2/03%20AGN%20064%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Jurado, E. (2019). *Estudio de la produccion y comercializacion del amaranto (Amaranthus sp) en la provincia de Imbabura.* [Tesis de Grado, Universidad Tecnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9888

Kavita , P., y Puneet, G. (2017). Rediscovering the therapeutic potential of Amaranthus species: A review. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, *4*(3), 196-205. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.001

Kretzschmar, H. (2014). Levaduras y alcoholes y otros productos de la fermentación. Barcelona España. *Reverté*.

Leon, C., y Portilla, J. (2018). Efecto de la pasteurización y la temperatura de incubación en la fermentación alcoholica del mosto de mora. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, *15*(2), 45-52. https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/2967

León, J. (2019). *Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal a base de malta de quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus).* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/879

López, L., Zumalacárregui, L., y Pérez, O. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Cientifica de la UCSA*, *6*(2), 11-19. https://revista.ucsa-ct.edu.py/ojs/index.php/ucsa/article/view/13/13

López, Z., y Hinojosa, M. (2021). La cerveza artesanal como alternativa de desarrollo turístico: Motivaciones y barreras en Guayas, Ecuador. *Centro Sur Social Science Journal*, *5*(1), 8-36. https://scholar.archive.org/work/y2yzbbuyfvcapdmkdyago3wkgq/access/wayback/http://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/download/97/278

Luna, O. (2022). *Comparación teórica de los parámetros de calidad de tres cervezas artesanales elaboradas en Colombia, Perú y Ecuador.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51697/Oalunac.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Martín, A. (2022). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto.* [Tesis de pregrado, Universitat Politécnica de Valéncia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185390/Martin%20-%20Propiedades%20fisicas%20funcionales%20y%20quimicas%20de%20harina%20obtenida%20a%20partir%20de%20semillas%20de%20am....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía, C. (2021). *Efecto de la adición de lactosuero dulce en las propiedades fisicoquímicas de una cerveza artesanal tipo American Pale Ale.* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/722aa379-e8ff-4139-a215-1ff87df73108/content

Mencia, G., y Perez, R. (2016). *Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de abeja.* [Tesis de pregrdo, Escuela Agricola Panamericana, Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5772

Mendoza, J., Pihuave, L., y Velasquez , M. (2022). Análisis comparativo del valor nutricional de la cerveza artesanal y la cerveza industrial. *Revista Ciencia UNEMI, 15*(38), 61-72. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8374921

Mex, R., Garma , P., Bolívar, N., y Guillén, M. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche,México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturale, 12*(2), 74-80. https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/254

Morán, M., y Erazo, J. (2018). *Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización del Amaranto aplicado en una barra energética, en la ciudad de*

Guayaquil. [Tesis de pregrado, Universidad De Guayaquil]. https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35904/1/TESIS%20Gs.%20300%20-%20elaborac%20comercializ%20Amaranto%20barra%20energ%C3%A9tica.pdf

Narváez, S. (2021). *Sustitución paracial de la cebada por malteado de maíz (Zeas mays) y el arroz (Oryza sativa) sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de una cerveza tipo Ale.* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/NARV%C3%81EZ%20FUENTES%20SHIRLEY%20YELIXA.pdf

Neelesh, M., y Pratibha, A. (2018). Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7*(2), 2258-2262. https://www.researchgate.net/profile/Neelesh-Maurya/publication/331832812_Amaranthus_grain_nutritional_benefits_A_review/links/5c8f6ba1a6fdcc38175ac7af/Amaranthus-grain-nutritional-benefits-A-review.pdf

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262. (2013). *Bebidas alcoholicas. Cerveza. Requisitos*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2662. (2003). *Cervezas. Requisitos.* https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf

Ormaza, G., y Quiroz, K. (2021). *Efectos del malteado y variedad de maíz en las características fisicoquímicas y sensoriales en una bebida refrescante.* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabi]. https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1410

Panda, S., Panda, S., Swain, M., Ray, R., y Kayitesi, E. (2015). Anthocyanin-Rich Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Beer: Technology, Biochemical and Sensory Evaluation. *ournal of food processing and preservation, 39*(6), 3040-3049. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.12569

Pérez, M. (2017). *Malteado de la semilla de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal.* [Tesis de maestría, Universidad Autonoma Metropolitana].

Pilligua, R., Barre, R., Mendoza, A., Lavayen, E., y Mero, R. (2021). Influencia del mucilago de cacao (*Theobroma cacao*) en las caracteristicas fisicoquimicas de la cerveza artesanal. *Revsita ESPAMCIENCIA para el agro, 12*(1), 25-32. http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/234#:~:text=En%20conclusi%C3%B3n%2C%20con%20la%20adici%C3%B3n,de%20significancia%20del%200%2C05.

Plua, J. (2019). *Análisis de factibilidad para la explotación de amaranto orgánico al mercado Alemán.* [Tesis de pregrado, Universidad De Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41393/1/TESIS%20PLUA%20final%202019.pdf

Quezada, M., y Valencia, V. (2021). *Evaluación teórica del grado de descontaminación de micotoxinas en las etapas de producción de cerveza artesanal a nivel de laboratorio.* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35688/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf

Recalde, M. (2017). *Obtención de una bebida tipo cerveza a partir de maltas de maíz (Zea mays) y quinua (Chenopodium quinoa).* [Tesis de pregrado, Escuela Politecnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17533

Rivera, G. (2022). *Identificación taxonómica de una especie de lecadura, presente en el fruto de joyapa (Macleana rupestris (Kunth) A.C. Sm). con las mejores caracteristicas para la fermentación alcohólica.* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23375/1/UPS-CT010056.pdf

Rodríguez, M. (2021). *Cerveza artesanal: innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal.* [Tesis de pregrado, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación]. https://digital.csic.es/handle/10261/263763

Rodríguez, W. (2015). *Efecto de la sustitución de cebada (hordeum vulgare) por quinua (chenopodium quinoa) y del PH inicial de maceración en las características*

fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Antenor Orrego]. http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/815/1/RODRIGUEZ_WILMER_CARACTERISTICAS_FISICOQU%c3%8dMICAS_CERVEZA.pdf

Salazar, D. (2020). *Evaluación del efecto de la reutilización de la levadura para el proceso de fermentación en la producción de cerveza artesanal del estilo blonde ale en la empresa cervecería OD Colombia.* [Tesis de pregrado, Facultad de Ingenierías]. http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7777/1/6121867-2020-1-IQ.pdf

Sasintuña, J. (2022). *Elaboración de cerveza artesanal nutritiva utilizando como adjunto diferentes concentraciones de amaranto (Amaranthus L.) malteado.* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17607

Sergiev, I., Todorova, D., Gins, V., Motyleva, S., Gins, E., y Moskalev, E. (2019). Nutritional value of vegetable *Amaranthus tricolor* L. seedlings grown in Moscow region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries, 14*(3), 225-238. https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-3-225-238

Sisalema, A. (2019). *La gestión de las empresas anclas y su influencia en el desarrollo de negocios inclusivos del maíz duro amarillo de la provincia de Manabí, Ecuador.* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11561

Terán, D., y Torres, F. (2021). *Elaboración de cerveza en base de harina de residuos agroindustriales de cacao.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32128

Teran, S. (2017). *Evaluacion de la utilizacion de amaranto (Amaranthus spp) como adjunto y dos cepas de levaduras (Saccharomyces cerevisiae) en la fabricacion de cerveza.* [Tesis de Grado, Escuela Politecnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17617

Tirado, J., y Zalazar, G. (2018). *Banano (cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal.*

[Tesis de pregrado, Escueal Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. http://190.15.136.145/bitstream/42000/892/1/TTAI11.pdf

Torres, D., y Bohorquez, D. (2017). *Sustitución parcial del lúpulo (Humulus lupulus) por cidrón (Aloysia citrodora) en la elaboración de cerveza artesanal.* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/54/

Torres, J., Gallo, L., y Acevedo, D. (2016). Determinación de los parámetros de transferencia de calor durante la cocción de bollos de maíz amarillo. *UGCiencia, 22*(1), 213-225. https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/700

Villacrés, E., Tanquina, I., Yánez, C., Quelal, M., Alvarez, J., y Ramos, M. (2019). Impacto del procesamiento sobre los compuestos con propiedades antioxidantes de dos varieades de maiz (*Zea mays* L). *Avances en Ciencias e Ingenierias, 11*(17), 104 – 115. https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1099

Villanueva, J., Salazar, V., y Hidalgo, C. (2017). Producción y almacenamiento publico de arroz y maiz en Ecuador entre los años 2012 y 2014: Beneficios y retos. *Revista Academica de Investigación TLATEMOANI, 8*(25), 1-16. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7277123

Zambrano, E., Limongi, J., Alarcón, F., Villavicencio, J., Caicedo, M., Eguez, J., y Zambrano, J. (2017). Interaccion genotipo ambiente de hibridos de maiz bajo temporal en Manabi y los Rios, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA, 8*(1), 7-14. http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/124

Zeas, D. (2021). *Elaboracion de una cerveza artesanal tipo ale sustituyendo parcialmente la malta por lenteja (Lens culinaris) y el lupulo por hierbanuena (Mentha spicata).* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ZEAS%20BERNAL%20DIEGO%20ARMANDO.pdf

12. ANEXOS

Anexos 1. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo ALE.

Germinación del maíz

Germinación del amaranto

Alcohol etílico

Recepción de la materia prima

Pesado de la materia prima

Cocción

Filtrado

Envasado

Fermentación

Filtrado

Envasado

Sellado

Anexos 2. Reporte de Análisis de laboratorio de los tratamientos en estudio

FCZ-LAB

Investigamos para cambiar el sector Agropecuario

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS

EXTENSIÓN CHONE

Cliente	José Alcivar Sorlórzano Maria Aveiga Vera	**Fecha de recibido:** 13/09/2022 **Fecha de análisis:** 16/09/2022 **Fecha de reporte:** 23/09/2022
Dirección	Chone	
Teléfono	0987355528	
Muestra	Cerveza artesanal	
Cantidad recibida	300 mL / muestra	
Objetivo del análisis	Realizar un análisis –Bromatológico, microbiológico y fisicoquímico	Ing. Mario Bonilla Loor; PhD **Jefe de los Laboratorios de la FCZ - LAB** Autorizado y revisado

MICROBIOLÓGICOS

Ensayo	Valor	Unidad	Método
Anaerobios mesófilos	1,82E+01	UFC/mL	NTE INEN 1529-17
Mohos y Levaduras	4,90E+03	UPC/mL	NTE INEN 1529-10

BROMATOLÓGICO

Ensayo	Unidad	Valor	Método
Proteína (6,25)	%	0,1265	NTE INEN-ISO 20483
Humedad	%	97,818	NTE INEN-ISO 712
Cenizas	%	0,1116	NTE INEN-ISO 2171
Materia Seca	%	2,182	NTE INEN-ISO 712
Grasa	%	0,07764	AOAC 2003.06
Fibra Bruta	%	0,00	AOAC 962.09
Extracto Libre de Nitrógeno	%	1,86626	Cálculo proximal

FCZ-LAB

Investigamos para cambiar el sector Agropecuario

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS

EXTENSIÓN CHONE

Cliente	José Alcívar Sorlórzano María Aveiga Vera	**Fecha de recibido:** 13/09/2022 **Fecha de análisis:** 16/09/2022 **Fecha de reporte:** 23/09/2022
Dirección	Chone	MARIO JAVIER BONILLA LOOR Ing. Mario Bonilla Loor, PhD **Jefe de los Laboratorios de la FCZ - LAB** Autorizado y revisado
Teléfono	0987355528	
Muestra	Cerveza artesanal	
Cantidad recibida	300 mL / muestra	
Objetivo del análisis	Realizar un análisis –Bromatológico, microbiológico y fisicoquímico	

Energía	kcal/mL	0,086698	Cálculo

FISICO-QUÍMICOS

Ensayo	**Unidad**	**Valor**	**Método**
Hierro	mg/dm^3	0,7	Espectrofotométrico / ISO 8466-1
Zinc	mg/dm^3	> 0,20	Espectrofotométrico / ISO 8466-1
Acidez total	% (m/m)	0,409	NTE INEN 2323
Solidos solubles	°Brix	2,1	Refractómetro

Multianalityca S.A.
Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de Calidad

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.62946a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	JOSE VIRGILIO ALCIVAR SOLORZANO
Dirección:	AVENIDA MARCOS ARAY DUEÑAS, BARRIO SANTA MARTHA, POR EL COLEGIO SAN CAYETANO A LOS LADOS DE UN PARQUE
Teléfono:	0867535528

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Cerveza		
Lote		**Contenido Declarado:**	300ml.
Fecha de Elaboración:	---	**Fecha de Vencimiento:**	---
Fecha de Recepción:	2022-10-05	**Hora de Recepción**	11:50:41
Fecha de Análisis:	2022-10-05	**Fecha de Emisión:**	2022-10-19
Material de Envase:			
Toma de Muestra realizada por:	El Cliente		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	**Olor:**	Característico.
Estado:	Líquido	**Conservación:**	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

RESULTADOS FISICOQUIMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
CENIZA	0.13	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
**ARSENICO	0.02	mg/L	MFQ-106	EPA3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B/ Espectroscopía de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado ICP
**PLOMO	0.004	mg/L	MFQ-102	EPA 3005A, EPA 6010B, SM Ed. 23,2017,3120B/ Espectroscopía de emisión atómica con plasma inductivo acoplado ICP
COBRE	<0.10	mg/L	MFQ-82	SM, Ed. 23, 2017, 3111B-Cu / Espectrofotometría de AA por llama aire acetileno

Multianalityca S.A.
Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de Calidad

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.6274

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	JOSE VIRGILIO ALCIVAR SOLORZANO
Dirección:	AVENIDA MARCOS ARAY DUEÑAS, BARRIO SANTA MARTHA, POR EL COLEGIO SAN CAYETANO A L LADOS DE UN PARQUE.
Teléfono:	0987355528

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE		
Lote	---	**Contenido Declarado:**	330ml
Fecha de Elaboración:	2022-08-18	**Fecha de Vencimiento:**	---
Fecha de Recepción:	2022-09-21	**Hora de Recepción**	15:11:08
Fecha de Análisis:	2022-09-22	**Fecha de Emisión:**	2022-09-29
Material de Envase:	ENVASE DE VIDRIO COLOR AMBAR		
Toma de Muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	**Olor:**	Característico.
Estado:	Liquido.	**Conservación:**	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

RESULTADOS FISICOQUIMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO D ANALISIS D REFERENCI
**CARBONATACIÓN	2.6	L CO2/L bebida	MFQ-507	Gravimetría

Nota 1: **Los resultados / la información marcada, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-002, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohibe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.
El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio a partir de la fecha de ingreso será de 15 días para muestras perecibles y mes calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para análisis microbiológicos 5 días laborables a part de la fecha de análisis, posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.
Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultad ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.
El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvios encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.
El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilida será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

Quim. Mercedes Parra
Jefe División Instrumental

Anexos 3. Evaluación sensorial de los tratamientos en estudio

Anexos 4. Modelo del test utilizado para la evaluación sensorial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI

FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS

EXTENCION CHONE

TEST DE ANÁLISIS SENSORIAL

Instrucciones

El siguiente test consiste en evaluar 4 tratamientos de una cerveza artesanal tipo ALE, con sustitución parcial de la cebada (*Hordeum vulgare*) por Amaranto (*Amaranthus caudatus L*) Y Maíz amarillo (*Zea mays*) malteado, enumere la opción que crea conveniente según su apreciación. Las escalas de calificación serán de la siguiente forma 1 al 5 (desde me desagrada a me gusta mucho).

Nombre comercial: Cerveza artesanal	**Tipo:** ALE
Factor de estudio: Amaranto y Maíz malteado	**Fermentación:** 10 días

	INTENSIDAD				
	1 BAJA			5 ALTA	
ATRIBUTOS DE LA CERVEZA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
COLOR	**T1**	**T2**	**T3**	**T0**	
Amarillo					
Dorado					
Rojizo					
Caramelo					
Negro					
OLOR	**T1**	**T2**	**T3**	**T0**	
Inapreciable					
Suave					
Fuerte					
Intenso					
Muy intenso					
TRANSPARENCIA	**T1**	**T2**	**T3**	**T0**	
Cristalina					
Poco transparente					
Turbio					
Semi opaca					
Opaca					
VIVASIDAD	**T1**	**T2**	**T3**	**T0**	
Casi sin gas					
Poca					
Equilibrada					
Abundante					
Gran cantidad de gas					
AMARGOR	**T1**	**T2**	**T3**	**T0**	
Inapreciable					
Suave					
Fuerte					
Intenso					
Muy intenso					