



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**SUSTITUCIÓN PARCIAL Y TOTAL DE CEBADA (*Hordeum
vulgare*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA
ELABORACIÓN DE CERVEZA LAGER.**

AUTORA

PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR

TUTOR

ING. NUÑEZ RODRIGUEZ PABLO JUAN, MSc.

**MILAGRO, ECUADOR
2025**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “SUSTITUCIÓN PARCIAL Y TOTAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA LAGER.”, realizado por la estudiante PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR; con cédula de identidad N° 1317037578 de la carrera AGROINDUSTRIA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Núñez Rodríguez Pablo, M.Sc
Tutor

Milagro, 4 de diciembre del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “SUSTITUCIÓN PARCIAL Y TOTAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA LAGER.”, realizado por el estudiante PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dr. Arcos Ramos Freddy, M.Sc
PRESIDENTE

Dr. Gavilanez Luna Freddy
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Guiracocha Freire Giniva, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Nuñez Pablo Rodriguez, M.Sc
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 4 de diciembre del 2024

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme guiado y fortalecido en cada paso de este camino, dándome la sabiduría y la perseverancia para alcanzar este logro.

A mis padres, quienes aun cuando las circunstancias parecían superar sus fuerzas, nunca dejaron de esforzarse un poco más por mí. Su amor y su inquebrantable apoyo han sido la luz en mis momentos más oscuros y el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Sin su sacrificio y perseverancia este logro no hubiera sido posible.

A mi hermana, por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente, incluso en los momentos más difíciles. Muchas veces cuando yo más lo necesitaba me ha dado el ánimo que a ella misma muchas veces le faltaba. Su cariño ha sido fundamental para seguir adelante.

A mi cuñado, por su amistad y apoyo en los momentos difíciles.

Finalmente, a mis queridas sobrinas, quienes con su sonrisas y alegrías me han recordado la importancia de luchar por lo que uno ama.

Agradecimiento

A Dios, por otorgarme la fortaleza y guía necesaria para completar esta etapa.

Al Ing. Pablo Núñez, expreso mi sincero agradecimiento por su orientación técnica, paciencia y valiosos aportes que han sido cruciales para la realización de este proyecto.

A mi novio, por ser mi compañero y mi refugio. Su amor y motivación constante me brindaron fuerza para superar los desafíos que surgieron a lo largo del camino.

A mis compañeros de estudio, por las risas y los momentos a menos que compartimos a lo largo de este camino. Las anécdotas que obtuvimos juntos hicieron que este proceso fuera más llevadero. Gracias por hacer de este viaje algo inolvidable.

A mis mejores amigas y amigos, por el apoyo emocional y comprensión durante este proceso, lo que fue fundamental para mantener el equilibrio necesario en momentos de alta demanda.

Finalmente, agradezco a la Universidad Agraria Del Ecuador y su cuerpo de docentes por proporcionar los recursos académicos y logísticos que permitieron la culminación de esta etapa.

AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “SUSTITUCIÓN PARCIAL Y TOTAL DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) POR ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA LAGER” para optar el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 3 de diciembre del 2024

PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR
C.I. 1317037578

Resumen

La investigación explora la sustitución de la malta de cebada por almidón de yuca en la producción de cerveza tipo lager, una alternativa económica y sostenible en respuesta a las limitaciones de disponibilidad y costo de la cebada. La yuca, por sus características de alto rendimiento y bajo costo, presenta ventajas para la industria cervecera, especialmente en regiones donde la cebada es cara o escasa. Este enfoque no solo reduce costos, sino que alinea la producción con prácticas sostenibles. El estudio se desarrolló con un diseño experimental, manipulando la proporción de cebada y almidón de yuca para analizar sus efectos en las propiedades sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas de la cerveza. Durante el proceso de maceración, se añadió enzima alfa-amilasa para descomponer el almidón en azúcares fermentables, optimizando la fermentación y asegurando un perfil de sabor constante con el uso uniforme de lúpulo. El análisis sensorial reveló que la formulación con 90% de cebada y 10% de almidón, fermentada durante 30 días, obtuvo las mejores calificaciones en color dando un resultado de 4,07, olor con 4,13, sabor con 3,93 y textura con 3,97, logrando un balance organoléptico ideal. Los resultados reflejan una cerveza de alta calidad con acidez de 0,3 % (m/m), azúcares 4,8% y grado alcohólico adecuados de 5.2, indicando una fermentación eficiente. El bajo recuento de microorganismos que dio como resultado <10 garantiza estabilidad y seguridad en el producto final, lo cual posiciona esta alternativa como una opción viable y sostenible para la producción cervecera, con potencial para optimizar recursos y reducir costos.

Palabras clave: Almidón, cerveza lager, fermentación.

Abstract

This research explores the substitution of barley malt with cassava starch in the production of lager beer, offering an economic and sustainable alternative in response to the availability and cost limitations of barley. Cassava, due to its high yield and low cost, presents advantages for the brewing industry, particularly in regions where barley is expensive or scarce. This approach not only reduces costs but also aligns production with sustainable practices. The study was developed with an experimental design, manipulating the proportion of barley and cassava starch to analyze their effects on the sensory, microbiological, and physicochemical properties of the beer. During the mashing process, an alpha-amylase enzyme was added to break down the starch into fermentable sugars, optimizing fermentation and ensuring a consistent flavor profile with uniform hop usage. Sensory analysis revealed that the formulation with 90% barley and 10% cassava starch, fermented for 30 days, achieved the highest ratings for color (4.07), aroma (4.13), taste (3.93), and texture (3.97), resulting in an ideal organoleptic balance. The results indicated a high-quality beer with an acidity of 0.3% (m/m), 4.8% sugars, and a suitable alcohol content of 5.2%, reflecting efficient fermentation. The low microorganism count (<10) ensured the stability and safety of the final product, positioning this alternative as a viable and sustainable option for beer production with the potential to optimize resources and reduce costs.

Keywords: Starch, lager beer, fermentation

Índice general

1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes del problema	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.2.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación.....	16
1.5 Objetivo general.....	16
1.6 Objetivos específicos	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Estado del arte	17
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Antecedentes de la cebada.....	19
2.2.1.1. <i>Usos de la cebada.</i>	20
2.2.1.2. <i>Situación de la Cadena Productiva de la Cebada en el Ecuador.</i>	20
2.2.1.3. <i>Valor nutritivo</i>	20
2.2.1.4. <i>Calidad del grano de cebada.</i>	21
2.2.2. Antecedentes de la yuca.	21
2.2.2.1. <i>Producción de yuca en Ecuador.</i>	22
2.2.2.2. <i>Características del almidón de yuca</i>	22
2.2.2.3. <i>Propiedades fisicoquímicas del almidón de yuca.</i>	22
2.2.2.4. <i>Valor nutricional del almidón de yuca.</i>	23
2.2.3. Levadura cervecera	23
2.2.3.1. <i>Tipos de levadura.</i>	24
2.2.3.2. <i>Floculación de las levaduras.</i>	24
2.2.3.3. <i>Comportamiento de la levadura en las diferentes fases de la fermentación</i>	25
2.2.3.4. <i>Fisiología de las levaduras.</i>	25
2.2.4. El lúpulo en la cerveza	26
2.2.4.1. <i>Características del lúpulo.</i>	26
2.2.4.2. <i>Variedades de lúpulo y sus propiedades.</i>	27
2.2.5. El agua y su importante papel en la cerveza.....	27

2.2.5.1. Parámetros para medir la calidad del agua.....	27
2.2.6. Clarificador en cerveza.....	28
2.2.6.1. Clarificantes en caliente.....	29
2.2.6.2. Clarificantes en frío.	29
2.2.7. Antecedentes de la cerveza.	30
2.2.7.1. ¿Que es la cerveza?	30
2.2.7.2. Variedades de cerveza	31
2.2.7.3. Composición.....	31
2.2.7.4. Maduración.	31
2.2.7.5. Equipos utilizados en la elaboración de cerveza.....	32
2.2.7.6. Análisis microbiológicos en cerveza.....	33
2.2.7.7. Comparación de una cerveza artesanal y una industrial.....	34
2.2.8. Fermentación.	35
2.2.8.1. Cambios físico químico en la fermentación para la cerveza.	35
2.2.8.2. Tipos de fermentación.	36
2.3. Marco legal	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1. Enfoque de la investigación.....	39
3.1.1. Tipo de investigación	39
3.1.2. Diseño de investigación.....	39
3.2. Metodología.....	39
3.2.1. Variable.....	39
3.2.1.1. Variable independiente	39
3.2.1.2. Variable dependiente.....	39
3.2.2. Tratamientos	39
3.2.3. Diseño experimental.....	41
3.2.4. Recolección de datos	41
3.2.4.1. Recursos	41
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	43
3.2.5. Análisis estadístico	46
4. RESULTADOS.....	47
4.1. Desarrolló de tratamientos variando los porcentajes de cebada y almidón de yuca, tiempo de fermentación y porcentajes de levaduras en la elaboración de una cerveza artesanal tipo lager.....	47

4.2. Valoración sensorial del tratamiento mejor evaluado mediante una escala hedónica.....	49
4.3. Calidad de la cerveza mediante el análisis de la vitalidad de las levaduras, nitrógeno, almidón y azúcares en la formulación de mayor aceptación.....	51
5. DISCUSIÓN	54
6. CONCLUSIONES	59
7. RECOMENDACIONES	60
8. BIBLIOGRAFÍA	61
9. ANEXOS	64
9.1. Análisis sensorial.....	64
9.2. Resultados del análisis sensorial de la cerveza elaborada con almidón de yuca.....	71
9.3. Análisis de varianza	77
9.4. Tablas de resultados.....	80
9.5. Resultados de análisis de laboratorio	82

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Valor nutricional del almidón de yuca.</i>	23
Tabla 2: <i>Nivel de floculación.</i>	25
Tabla 3: <i>Distintos tipos de cerveza en el mundo.</i>	31
Tabla 4: <i>Ingredientes de la cerveza.</i>	31
Tabla 6: <i>Requisitos físicos y químicos</i>	38
Tabla 7: <i>Requisitos microbiológicos</i>	38
Tabla 8.	40
<i>Variables con sus respectivos factores valorados en porcentaje y días.</i>	40
Tabla 9.	40
<i>Tratamientos del ensayo</i>	40
Tabla 10.	41
<i>Formulación general para cada tratamiento a evaluarse.</i>	41
Tabla 11: <i>Escala hedónica.</i>	43
Tabla 12: <i>Análisis estadístico (ANOVA).</i>	46

Índice de figuras

Figura 1. Equipos para fabricar cerveza artesanal o industrialmente.....	33
Figura 2. Diagrama utilizado para la elaboración de cerveza a base de cebada y almidón de yuca.	44
Figura 3: Selección de materia prima.....	65
Figura 4: Supervisión del docente tutor.....	65
Figura 5: Medición de agua para tratamientos.	65
Figura 6: Pesado del almidón de yuca.	65
Figura 7: Adición la malta en la hoya de hervido.....	66
Figura 8: Lavado del grano.....	66
Figura 9: Escurrido del grano.	66
Figura 10: Maceración del almidón de yuca.....	66
Figura 11: Adición de la encima Alfa-amilasa al almidón ya gelatinizado.	67
Figura 12: Mezclado del almidón de yuca en el mosto de la cerveza.	67
Figura 13: Adición de lupulos.	67
Figura 14: Embotellado del mosto para la 1ra fermentación.	67
Figura 15: Fermentación de los 9 tratamientos.	68
Figura 16: Filtrado de la cerveza para separar el bagazo.	68
Figura 17: Sellado de las botellas ya envasadas y gasificadas.....	68
Figura 18: Terminado el proceso.....	68
Figura 19: Prueba sensoriales.....	69

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La cerveza artesanal ha resurgido en las últimas décadas, destacándose por el uso de ingredientes locales y técnicas tradicionales que crean un producto diferenciado de las cervezas industriales. En América Latina, el uso de insumos autóctonos como la yuca y tubérculos andinos ha ganado popularidad, ya que aportan sabores únicos y permiten revalorizar ingredientes nativos. Estos almidones alternativos presentan un perfil nutricional particular y ofrecen una alternativa económica y sostenible frente a la cebada.

Además de los ingredientes, las levaduras empleadas en la fermentación son fundamentales para desarrollar el perfil sensorial de la cerveza. En la producción artesanal, la elección de cepas de levadura puede tener un impacto significativo en el aroma, la textura y el sabor, al interactuar de manera distintiva con los almidones presentes en la yuca y otros tubérculos (Portilla, 2022).

Investigaciones recientes sugieren que estas levaduras también podrían mejorar la estabilidad y la conservación de la cerveza, adaptándose a los ingredientes específicos usados en cada receta.

Por último, el empleo de insumos regionales responde a una tendencia de sostenibilidad y apoyo a los productores locales, impulsando una economía circular. Esto convierte a la cerveza artesanal elaborada con ingredientes locales y cepas especializadas de levadura en una propuesta innovadora y de alto valor en el mercado actual.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La producción de cerveza artesanal enfrenta altos costos, en gran parte debido al precio de la cebada, que constituye el ingrediente principal en su elaboración. Este factor representa un desafío para pequeños productores que desean ofrecer un producto de calidad, pero que a la vez compita en el mercado frente a opciones de menor costo. El aumento en los precios de la cebada está relacionado con su susceptibilidad a factores externos, como las oscilaciones del mercado global y las condiciones meteorológicas, lo que eleva adicionalmente los costos de producción (Castorena, 2020).

La diferencia de costos entre una cerveza industrial y una artesanal es significativa debido a los volúmenes de producción y los insumos utilizados. Una

cerveza artesanal elaborada completamente con cebada resulta mucho más costosa y tiene dificultad para competir en el mercado. Por ello, esta investigación plantea la posibilidad de reducir el uso de cebada, aprovechando el almidón de yuca como una opción complementaria que permita mantener la calidad sin elevar tanto los costos de producción.

Los costos de producción de una cerveza artesanal son más altos que los de una cerveza industrial debido a la utilización de ingredientes de alta calidad, producción a pequeña escala, procesos manuales, equipamiento especializado, costos de distribución y marketing enfocados, impuestos y regulaciones estrictas, y la constante innovación y experimentación. Esto resulta en una cerveza de mayor calidad y originalidad, valorada por los aficionados, pero con un precio más elevado en comparación con las cervezas industriales producidas en masa.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo afecta la sustitución parcial y total de cebada por almidón de yuca en la elaboración de una cerveza tipo lager, considerando su aceptación sensorial por el consumidor?

1.3 Justificación de la investigación

La búsqueda de alternativas sostenibles en la producción de cerveza ha adquirido una relevancia crucial en el contexto actual de preocupaciones ambientales y económicas. La malta de cebada, siendo la fuente tradicional de carbohidratos en la elaboración de cerveza, enfrenta desafíos relacionados con su disponibilidad y costos asociados (Poveda, 2018). En este sentido, la investigación propuesta cobra especial importancia al explorar la sustitución parcial o total de la malta de cebada por almidón de yuca, una materia prima conocida por su accesibilidad y bajos costos de producción.

La yuca, como cultivo resistente y de alto rendimiento, ofrece la posibilidad de optimizar significativamente los recursos económicos en comparación con la malta de cebada. Su almidón, presenta propiedades únicas que podrían influir en la calidad de la cerveza de manera positiva. Este enfoque no solo se alinea con la búsqueda de prácticas sostenibles, sino que también tiene el potencial de mejorar la viabilidad económica de la producción cervecera, especialmente en regiones donde la cebada es costosa o de acceso limitado (Cerveceria Nacional , 2018).

La investigación no solo abordó la optimización de costos en la obtención de materia prima, sino que también exploró cómo esta sustitución puede afectar la

eficiencia global de la producción cervecera. Al entender los impactos económicos y prácticos de utilizar almidón de yuca, se podrán identificar oportunidades para maximizar la rentabilidad de la industria cervecera, proporcionando un fundamento valioso para futuras decisiones comerciales y estrategias de producción.

En resumen, esta investigación no solo contribuyó al conocimiento científico sobre la cerveza tipo lager elaborada con almidón de yuca, sino que también se posiciona como un paso clave hacia la optimización de recursos, reducción de costos y mejora de la sostenibilidad en la producción cervecera a nivel global.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Lácteos y Cárnicos, en la Ciudad Universitaria “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz” de la Universidad Agraria del Ecuador.
- **Tiempo:** Se ejecutó en un periodo de ocho meses.
- **Población:** La población encuestada estuvo conformada por los 30 jueces no entrenados que conforman el panel sensorial. El producto está dirigido a la población mayor de 18 años.

1.5 Objetivo general

Sustituir parcial y totalmente la cebada por almidón de yuca para la elaboración de una cerveza tipo lager.

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar nueve tratamientos variando los porcentajes de cebada y almidón de yuca, tiempo de fermentación y porcentajes de levaduras en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Lager.
- Realizar una valoración sensorial del tratamiento mejor evaluado mediante una escala hedónica
- Valorar la calidad de la cerveza mediante el análisis de la vitalidad de las levaduras, nitrógeno, almidón y azúcares en la formulación de mayor aceptación.

1.7 Hipótesis

La sustitución parcial y total de cebada por almidón de yuca en la elaboración de cerveza tipo lager afectará las características sensoriales del producto, pero se mantendrá dentro de los parámetros aceptables para los consumidores, dependiendo de la proporción utilizada.

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

Morquecho (2022) evaluó un diseño de un proceso de elaboración de una cerveza artesanal empleando cebada (*Hordeum vulgare*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) con aroma a chocolate en la ciudad de Ambato. La elaboración de la cerveza se llevó a cabo siguiendo la normativa vigente NTE INEN 2322:2002, la cual establece los parámetros necesarios que debe cumplir el producto final. En el proceso, se realizaron distintos tratamientos combinando cebada y yuca en proporciones variables, además de incluir diferentes porcentajes de cacao. El tratamiento que obtuvo la mayor aceptación entre los catadores contenía un 85% de cebada (*Hordeum Vulgare*), 15% de almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y 5% de cacao. Los parámetros físico-químicos fueron evaluados conforme a la norma NTE INEN 2325: se registró un pH de 5.3, lo cual representa una desviación de 1 unidad respecto al valor estándar de pH 4. Asimismo, en cuanto al grado alcohólico (°GL), la normativa NTE INEN 340 establece un valor de referencia de 5°, mientras que el resultado fue de 6.11°, superando dicho valor en 1°. La densidad se midió conforme a los estándares de la NTE INEN 2322, que establece un rango entre 1040-1060 g/L; sin embargo, el valor obtenido fue de 1.014 g/L. Esta diferencia en la densidad se atribuye a la transparencia y la falta de sólidos en el producto final debido a su dilución, lo cual genera una variación con respecto a la norma.

García (2015) elaboró una cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos Andinos. Se realizó un pre-ensayo con un tipo de almidón (oca) para determinar la formulación de mayor aceptación. Se establecieron tres formulaciones con base en la sustitución de malta por almidón en las proporciones de 25, 50 y 75%. La apariencia, cuerpo, color, aroma, sabor, frescura y sabor residual de las bebidas fueron evaluadas por panelistas semi-entrenados. Las cervezas obtenidas, el control y la cerveza artesanal comercial, fueron sometidas a un análisis físico, químico y sensorial. Existe diferencia significativa entre la formulación A, el control XC y la cerveza comercial. Sin embargo, todos los valores se ubican dentro del intervalo de pH (3,5-4,8) y acidez (máximo 0,3% de ácido láctico) indicados en la NTE INEN 2262. El valor más alto de pH corresponde al control XC (4,48), la cerveza comercial presenta un valor de 4,15, mientras que las

formulaciones con almidón presentan valores menores: A (3,89) y B (4,06), esto se debe a la incorporación de ácido cítrico en la etapa de hidrólisis del almidón, necesario para crear condiciones adecuadas para la actividad enzimática. Las formulaciones A y B presenta un valor de densidad de 1,006 g/cm³; no existe diferencia significativa entre las mismas y con la cerveza comercial, mientras que presentan diferencia significativa con el control XC con un valor de densidad de 1,020 g/cm³. Sanlate, obtuvo valores de densidad entre 1,010-1,012 g/cm³; lo cual coincide con las formulaciones A y B.

Vanegas (2019) evaluó el efecto de la utilización de dos cereales *Hordeum vulgare* (cebada), *Chenopodium quinoa* (quinua) y tres fuentes de almidón *Manihot esculenta* (YUCA), *Colocasia esculenta* (malanga) *Elpomoea batatas* (camote), en la elaboración de cerveza artesanal. Este proyecto busca emplear los cereales y tubérculos en la elaboración de la cerveza artesanal para incrementar la demanda de los cultivos y permita aprovechar la materia prima que se cosecha en nuestro país. Se realizó análisis fisicoquímicos de la cerveza como; pH, densidad, °GL, acidez, etanol y metanol. El tratamiento que se diferenció de los demás por sus mejores resultados fue c₁a₀p₂ (quinua + yuca + 50% almidón de yuca) el cual proporcionó mejores rendimientos según los factores de estudio. El tratamiento con mejor color fue c₁a₀p₂ (Quinua, Yuca y 50%) el cual presentó un promedio de cuatro el mismo que es considerado como color caramelo de acuerdo con la escala de calificaciones presentada en anexo N° 8. El tratamiento con mejor olor fue c₁a₀p₂ (Quinua, Yuca y 50%) el mismo que indica una intensidad de tres, el mismo que es considerado olor fuerte de la cerveza de acuerdo con la escala de calificaciones presentada en anexo N° 8. El tratamiento con mejor sabor fue c₁a₀p₂ (Quinua, Yuca y 50%) con una intensidad de tres se considera como sabor fuerte de la cerveza de acuerdo con la escala de calificaciones presentada en anexo N° 8.

Renteria (2020) elaboró y caracterizó una cerveza artesanal tipo Ale a base de maracuyá y almidón de olluco en la región de Piura, Perú, en 2019. En esta investigación, el proceso de elaboración de la cerveza inició con la extracción del almidón de olluco, para luego proceder a la preparación de la cerveza en distintas concentraciones, utilizando dicho almidón junto con malta de cebada como sustratos. Se evaluaron cuatro niveles de sustitución de cebada por almidón de olluco (90%/10 %, 80%/20%, 70%/30% y 60%/40%) y tres cantidades de levadura

(0.63g/L, 0.56g/L y 0.50g/L) para observar sus efectos en las características físico-químicas (pH, acidez, color y grado alcohólico) y en la aceptabilidad general de la cerveza tipo Ale. Las características organolépticas (color, aroma, sabor, apariencia y aceptabilidad) fueron evaluadas mediante un panel de 12 jueces, y los resultados fueron analizados mediante la prueba de Friedman. El análisis sensorial identificó el tratamiento M1L1 (90% de malta de cebada, 10% de almidón de olluco y 0.63g/L de levadura) como el mejor. A esta formulación se le realizaron análisis físicoquímicos, obteniéndose los siguientes resultados: pH de 3.52, acidez de 0.28, alcohol de 3.7% y color de 20.92 EBC. Todos los tratamientos de la cerveza artesanal se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas NTP 213.014:2016 y NTON 03 038.

Barriga (2018) elaboro una cerveza artesanal tipo lager. En el presente trabajo se realizó para ofrecer una alternativa al consumidor, proporcionando un producto de calidad y de producción nacional. De la misma manera se pretende aumentar la demanda interna de los insumos mínimos necesarios para elaboración de esta bebida y fomentar la producción de estos para con ello mejorar los costos de producción y generar fuentes de empleo. De implementarse esta iniciativa la actividad generará desarrollo económico, ofrecerá una alternativa con producto nacional bajo estándares de calidad, lo que potenciará la productividad del sector de producción de bebidas en Tarija. De acuerdo con los datos experimentales se puede concluir que en temas de rendimiento el mejor experimento en la etapa de macerado fue el Y12 (relación 1:7 y 2 extracciones) dando resultados más cercanos al objetivo (11°Brix). El mejor experimento en la etapa de fermentación tomando en cuenta rendimientos fue el realizado a 14°C. De igual manera el mismo resultado ganador en el análisis sensorial. Los análisis realizados al producto final resultaron cumpliendo con los rangos esperados al comienzo del proyecto (Alcohol= 4,85v/v, Color = 4,3 EBC, Amargo= 14,1 IBU) y dando resultados aceptables en el análisis sensorial

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Antecedentes de la cebada

La cebada, cuyo origen se sitúa en Asia, es el cereal más antiguo cultivado por el ser humano. Existen registros de su cultivo en China alrededor del año 2800 a.C., destinado tanto para la alimentación humana como animal. Aunque prospera en climas frescos y secos, la cebada tiene una notable capacidad de adaptación a

diversos tipos de suelos, lo que facilitó su expansión y cultivo a nivel mundial. (Sanchez, 2023).

El hecho de que la cebada sea capaz de crecer en una variedad de condiciones climáticas y tipos de suelos contribuyó a su amplia distribución y éxito como cultivo a lo largo de la historia. La versatilidad de la cebada la convirtió en un recurso valioso para la alimentación humana y animal, así como para la producción de cerveza en muchas culturas.

2.2.1.1. Usos de la cebada.

Sanchez (2023) menciona que, en la antigüedad, se utilizaba para elaborar pan, aunque poco a poco fue sustituida por el trigo. Hoy en día, vuelve a haber panes en los que es la cebada el ingrediente principal, o una de las harinas que se utilizan para su elaboración.

Otro de los usos de la cebada es para fabricar leches malteadas, que son unas bebidas parecidas a un batido, y que suelen consumirse sobre todo en los Estados Unidos. La malta de cebada y la cebada tostada también se utiliza para elaborar cervezas, así como otras bebidas alcohólicas como el whisky.

2.2.1.2. Situación de la Cadena Productiva de la Cebada en el Ecuador.

Ponce y Garófalo (2022) indicaron que en el Ecuador la cebada es un rubro de seguridad alimentaria ya que se usa especialmente para consumo humano, además, forma parte de los rubros básicos de la canasta familiar de los pequeños productores de la región interandina. La cebada es cultivada principalmente por agricultores de subsistencia por lo que su producción en su mayoría es para autoconsumo, como fuente de carbohidratos, fibra y proteína.

En la actualidad a nivel nacional la superficie dedicada al cultivo de cebada es de 11 115 hectáreas con una producción anual de 14 107 toneladas. Entre tanto que las importaciones alcanzaron las 37 mil t año⁻¹

2.2.1.3. Valor nutritivo

La cebada contiene vitaminas del grupo B (B₁, B₂ y B₆), folato, colina y vitamina K y es una buena fuente de potasio, magnesio y fósforo. También es rico en oligoelementos como el hierro y el zinc. Todos estos son productos muy saludables para nuestra salud.

Los efectos beneficiosos de la cebada, que se encuentran entre los principales beneficios, son que reduce los niveles de colesterol y ayuda a reducir los problemas cardíacos. La cebada también es una fuente de fibra que puede

proteger la mucosa intestinal, ayuda a mejorar la digestión y es un alimento de fácil digestión (Carrera, 2022).

Además, los gérmenes de cebada contienen una sustancia llamada hordeína, que puede actuar como agente antiinflamatorio para los intestinos y es beneficiosa para todos los trastornos intestinales.

2.2.1.4. Calidad del grano de cebada.

Para la elaboración de la bebida es necesario tomar en cuenta la calidad de la cebada siendo esta ya como malta. Aquí se depende principalmente la cantidad de azúcares fermentables. Estos azúcares provienen del almidón y para su conversión es necesario ciertas enzimas que transforman los altos contenidos de almidones en la cebada en azúcares fermentables (Carrasco, 2020).

Las amilasas son enzimas responsables para que ocurra esta transformación, aquí la reacción principal es la ruptura de moléculas de almidón para que las levaduras puedan usar el producto final para la fermentación.

- **Porcentaje de humedad**

Carrasco (2020) manifestó que para la determinación de la humedad dentro del grano fue la utilización de una balanza de humedad MRC mb500 se eleva la temperatura dentro de una cámara para determinar mediante pesos: inicial y final, con la ayuda de la fórmula (1)

$$\%H = \frac{m-mo}{mo} * 100 \quad (1)$$

Una vez que se obtuvo los datos de porcentaje de humedad se realizó un promedio en relación con las diferentes repeticiones, entonces los valores de porcentaje de humedad del grano variedad Santa Catalina 14.27% tiene un valor mayor al de la variedad Calicuchima 14.706%.

2.2.2. Antecedentes de la yuca.

Aristizábal y Sanchez (2007) conceptualizaron que La yuca (*Manihot esculenta Crantz*), perteneciente a la familia Euphorbiaceae, forma parte de un grupo compuesto por aproximadamente 7,200 especies que se distinguen por la presencia de vasos laticíferos. Estos vasos están conformados por células secretoras o galactocitos, los cuales generan una secreción lechosa. Su centro de origen genético se ubica en la Cuenca Amazónica.

La planta de yuca es capaz de crecer en una amplia variedad de condiciones tropicales, desde climas húmedos y cálidos de tierras bajas hasta trópicos de altitud

media y zonas subtropicales con inviernos fríos y lluvias estacionales en verano. Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, su principal ventaja frente a otros cultivos más rentables radica en su capacidad de adaptarse a suelos ácidos y de baja fertilidad, así como a condiciones de precipitaciones irregulares y períodos prolongados de sequía.

2.2.2.1. Producción de yuca en Ecuador.

Muñoz y Hinojosa (2017) describen que en Ecuador la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) se considera un producto fundamental para seguridad alimentaria. Además de emplearse en fresco para el consumo humano y animal, se utiliza como materia prima en las industrias locales, (textiles, balanceados, cartoneras), y para la exportación.

El cultivo de la yuca es tradicional en el país, explotado durante siglos por los indígenas en la Amazonia, así como los campesinos de la Costa y valles bajos de la Sierra, con repercusiones en los ámbitos social y económico.

2.2.2.2. Características del almidón de yuca

El elevado contenido de almidón de la yuca, junto con su alta proporción de amilosa en comparación con otras fuentes de almidón, convierte a esta planta en un cultivo de gran valor industrial, además de ser una fuente alimenticia rica en calorías. Actualmente, el almidón de yuca es la segunda fuente mundial de almidón, superado únicamente por el maíz y situándose por encima de la papa y el trigo (Zuñiga, 2019).

El almidón de yuca se emplea mayormente en su forma nativa, sin modificaciones. Sin embargo, también se utiliza modificado mediante distintos tratamientos que optimizan sus propiedades, tales como la consistencia, viscosidad, estabilidad frente a variaciones de pH y temperatura, gelificación y capacidad de dispersión. Estas modificaciones permiten su aplicación en diversas industrias que requieren propiedades específicas para sus procesos y productos.

2.2.2.3. Propiedades fisicoquímicas del almidón de yuca.

Las propiedades fisicoquímicas son las que determinan el uso del almidón de yuca. Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes encontramos la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa.

El contenido de proteínas del almidón de yuca y de papa es bajo, cerca del 0,1 por ciento, comparado con el de los almidones de arroz y de maíz (0,45 y 0,35 por ciento, respectivamente). La proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espuma (Zuñiga, 2019).

2.2.2.4. Valor nutricional del almidón de yuca.

El almidón de yuca es un polisacárido natural que se clasifica en dos tipos: almidón agrio y almidón dulce. El almidón agrio, tras ser sometido a un proceso de fermentación, adquiere propiedades favorables para su uso en alimentos. En cambio, el almidón dulce, empleado principalmente en la industria, se caracteriza por su semicristalinidad, en la cual la enzima amilopectina es el componente dominante, aportando estabilidad y consistencia en distintas aplicaciones industriales (Poltec, 2021).

Tabla 1: *Valor nutricional del almidón de yuca.*

COMPOSICION	PORCENTAJE (%)
Grasas	0,20
Ceniza	0,29
Proteína	0,06
Ceniza	9,48
Humedad	9,48
Fibra	1,01

Descripción del valor nutricional del almidón de yuca (Poltec, 2021).

2.2.3. Levadura cervecera

Cervecistas (2021) expone que levadura es un hongo unicelular que, durante el proceso de fermentación, convierte los azúcares fermentables en alcohol. El tipo de levadura empleado en la elaboración es determinante para definir las características finales de la cerveza.

Aunque la levadura ha sido responsable de transformar los azúcares del cereal en alcohol desde tiempos antiguos, solo a través de múltiples pruebas en cervecerías de diversas regiones se lograron reproducir miles de cepas distintas.

Hoy en día, se ha demostrado ampliamente que la levadura es la causa fundamental de la fermentación, generando alcohol, dióxido de carbono (CO₂) y otros compuestos que influyen en el aroma y sabor de la cerveza. Al igual que ingredientes como el lúpulo o la malta, el cuidado en el manejo de la levadura afecta significativamente las cualidades del producto final.

2.2.3.1. Tipos de levadura.

Existen dos tipos importantes de levaduras para la elaboración de cerveza, sin embargo, existen un sin números de cepas de levaduras, cada una brinda una característica distinta a cada cerveza. Estas cepas comúnmente son mutaciones las cuales fueron obtenidas por medio de diferentes métodos de elaboración y distintos tipos de cervezas a elaborar. A continuación, se detallan las levaduras comunes para elaboración de cerveza:

a) Levaduras inglesas

También llamadas English yeast, se determinan por poseer un perfil maltoso con altas notas de característica frutales. En ciertas cepas, ayudan en la eliminación de varios subproductos que se produjeron en la fermentación como el diacetilo, esto en pequeñas cantidades otorga un ligero carácter a mantequilla.

b) Levaduras Belgas

El aporte que realiza este tipo de levadura a la cerveza es su peculiar combinación de ésteres de cereza y banano, además de cierta presencia de ésteres de pimienta negra.

c) Levaduras de trigo alemanas

Los ésteres y perfil fenólico impartido por este tipo de levadura definen a las cervezas de trigo con alemana con un carácter muy presentable de plátano y clavo, también se presenta turbidez en este tipo de cerveza esto se debe a que su levadura es de floculación débil.

d) Levaduras Americanas

Este tipo de levaduras brinda una cerveza de características más limpias con bajos niveles de ésteres y fenoles. Además, una principal función de esta levadura es; que con un adecuado control de temperatura se pueden obtener cervezas de ale o lager (Walteros, 2020).

2.2.3.2. Floculación de las levaduras.

La floculación es la capacidad de la levadura para aglomerarse en grupos, una característica deseable y única en las levaduras utilizadas en cervecería, ya que facilita su desplazamiento hacia la superficie o el fondo del fermentador. Hacia el final de la fermentación, las células de levadura se agrupan en agregados que pueden contener miles de células. Las diferentes cepas de levadura presentan diversas características de floculación; algunas floculan de manera temprana y tienden a no atenuar mucho, mientras que otras floculan más lentamente y

alcanzan mayores niveles de atenuación. Una floculación temprana produce una cerveza con menor atenuación y un perfil más dulce.

Los factores que afectan el grado de floculación incluyen la gravedad original del mosto, la temperatura de fermentación, la cantidad de levadura inoculada y el nivel inicial de oxígeno. Cabe señalar que cualquier variable que influya en la salud y en la tasa de crecimiento de la levadura impactará también en su capacidad de floculación. (Cervecistas, 2021).

Tabla 2: *Nivel de floculación.*

Nivel de floculación	Observaciones
Alto	Empieza a flocular en 3-5 días. Nivel de diacetilo más alto y atenuación más. Buena para cervezas con perfil malteado.
Medio	Empieza a flocular en 6-15 días. Sabor limpio y equilibrado. Ideal para ales.
Bajo	En 15 días todavía no flocula. La separación de la levadura de la cerveza es más difícil. Ideal para cervezas belgas y de trigo.

Observaciones de los niveles de floculación de la levadura (Cervecistas, 2021).

2.2.3.3. Comportamiento de la levadura en las diferentes fases de la fermentación

En la fase de latencia o adaptación, la levadura es incorporada al mosto y se ajusta a las condiciones del entorno. Posteriormente, la levadura utiliza el oxígeno disponible para su crecimiento y multiplicación. En la fase de “fermentación”, la levadura convierte la mayor parte de los azúcares en CO₂, alcohol y otros subproductos, iniciando así la fase anaeróbica.

2.2.3.4. Fisiología de las levaduras.

Las levaduras son microorganismos unicelulares pertenecientes al reino Fungí. Aunque algunas levaduras son patógenas, la mayoría son utilizadas en la fermentación de alimentos y en la producción de productos como el pan y la cerveza.

a) Metabolismo de las levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares ubicuos y ampliamente presentes en entornos naturales. Aunque pueden metabolizar una variedad extensa de fuentes de carbono, como polioles, alcoholes, ácidos orgánicos y aminoácidos, muestran preferencia por los azúcares. Las levaduras tienen la capacidad de metabolizar

hexosas (como glucosa, fructosa, galactosa y manosa) y disacáridos (como maltosa y sacarosa), así como compuestos de dos carbonos, como etanol y acetato. Los procesos metabólicos que emplean incluyen la glucólisis de Embden-Meyerhof, el ciclo del ácido tricarbóxico (TCA), la vía del fosfato de pentosa y la fosforilación oxidativa (Graham, 2020).

b) Respiración de las levaduras

Algunas levaduras son capaces de realizar la respiración aeróbica, utilizando oxígeno para producir energía a través de la cadena respiratoria mitocondrial. Sin embargo, muchas levaduras son facultativas anaeróbicas, lo que significa que pueden cambiar entre la respiración aeróbica y la fermentación dependiendo de la disponibilidad de oxígeno.

c) Reproducción de las levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen de modo asexual [fisión binaria o gemación] o de forma sexual. La decisión de reproducirse de otra forma tiene mucho que ver con las feromonas similares a las hormonas, pero que se excretan al medio externo (Bocconi, 2018).

2.2.4. El lúpulo en la cerveza

El lúpulo es un ingrediente fundamental en la elaboración de la cerveza. A partir de sus flores secas se obtiene la lupulina, un componente clave que proporciona el característico sabor amargo y aroma de la cerveza. Además, el lúpulo contribuye a la estabilidad de la espuma, ayuda a mantener su frescura y le aporta otras propiedades beneficiosas.

2.2.4.1. Características del lúpulo.

Según Elfo (2019), el lúpulo tiene propiedades sedantes y antioxidantes debido a sus componentes psicoactivos, ya que pertenece a la familia de los cannabinoides. Actualmente, se emplea el ácido del lúpulo, conocido como ácidos alfa o ácidos A, debido a su leve efecto antibiótico contra bacterias Gram positivas y su capacidad para estimular la actividad de la levadura durante el malteado. Además, el amargor del lúpulo ayuda a equilibrar el dulzor natural de la malta.

En las flores de las plantas femeninas de lúpulo, bajo sus brácteas externas, se encuentran glándulas que contienen lupulina, la cual aporta el sabor amargo y los aromas distintivos a la cerveza. Las plantas masculinas se eliminan para evitar que polinicen a las femeninas, ya que la polinización provocaría que las flores, también llamadas piñas o motas, se llenen de semillas.

2.2.4.2. Variedades de lúpulo y sus propiedades.

Existen diversas variedades de lúpulo, algunas con mayor contenido de elementos ácidos y amargos, y otras con un perfil más aromático. Estos tipos se seleccionan para crear la mezcla ideal según el perfil deseado por cada fabricante en sus cervezas (Elfo, 2019). Los lúpulos de tipo amargo, como las variedades Brewer's Gold, Northern Brewer o Nordbrauer y Cascade, se caracterizan por aportar mayor amargor que aroma. Por otro lado, los lúpulos aromáticos, como las variedades Saaz/Zatec, son fundamentales en el estilo pilsener. Variedades como Spalt, Tettnanger, Hallertauer, Kent Goldings y Fuggle son utilizadas específicamente para añadir aroma a la cerveza.

Las variedades Nugget, Magnum y Columbus se consideran de alto amargor, mientras que Perle representa los lúpulos aromáticos. También existen lúpulos mixtos, que combinan características aromáticas y amargas, aunque sin destacarse en ninguna de ellas.

El lúpulo puede encontrarse en distintas presentaciones: fresco, en extracto o concentrado, y en polvo comprimido o en pellet. Esta última es la más comúnmente empleada debido a su capacidad para preservar eficazmente los ácidos alfa y aceites esenciales.

2.2.5. El agua y su importante papel en la cerveza.

El agua y su composición química son fundamentales en el proceso de elaboración de cualquier tipo de cerveza. Aunque la mayoría de las aguas de grifo (y aún más las aguas minerales embotelladas) suelen ser suficientemente adecuadas para la producción de cerveza, es importante conocer ciertos aspectos sobre este ingrediente, el más abundante en toda receta cervecera: el agua.

2.2.5.1. Parámetros para medir la calidad del agua.

a) Ph

El punto de equilibrio, correspondiente al agua pura en condiciones estándar de temperatura y presión, presenta un pH de 7. El pH es crucial durante el macerado, la cocción y la fermentación, ya que influye en las reacciones enzimáticas que convierten los azúcares complejos de la malta en azúcares fermentables. Un pH adecuado también ayuda a coagular las proteínas de la malta, produciendo cervezas más claras. El rango ideal de pH para el mosto durante el macerado y la cocción es entre 5,2 y 5,5, mientras que al final de la fermentación el pH de la cerveza debe estar entre 4 y 5. Si el agua inicial tiene un pH demasiado

alto (mayor a 7), puede dificultar la acidificación del mosto, afectando la conversión de azúcares y la coagulación de proteínas, lo que impacta la calidad de la cerveza.

b) Dureza

La dureza del agua se mide por la concentración de cationes de calcio y magnesio en sus diferentes formas. Se considera agua dura cuando estas concentraciones superan los 50 ppm (a veces reportados como ppm de CaCO_3), y muy dura si superan los 150 ppm. Las aguas blandas tienen concentraciones inferiores a 50 ppm. Las aguas duras son ideales para la elaboración de cerveza, ya que ayudan a reducir el pH. Además, una concentración adecuada de calcio y magnesio disminuye la turbidez y mejora la actividad de la levadura. Sin embargo, un agua excesivamente dura puede afectar negativamente a las levaduras durante la fermentación.

c) Alcalinidad

La concentración de aniones metálicos, especialmente calcio y magnesio, también influye en el pH del agua, actuando como un amortiguador que impide cambios drásticos en su acidez. Por esta razón, las aguas altamente alcalinas no son adecuadas para la elaboración de cerveza y deben evitarse. Las aguas alcalinas pueden originarse por la presencia de carbonatos (CO_3 y HCO_3), y cuando el calcio y el magnesio coexisten con estos carbonatos, el agua puede tratarse fácilmente con calor y agitación para precipitar los metales. Sin embargo, si el agua alcalina tiene baja presencia de carbonatos (menos de 50 mg/l), no es apta para la fabricación de cerveza.

d) Riqueza mineral

El agua debe proporcionar nutrientes necesarios para el desarrollo de las levaduras y para que puedan realizar su función adecuadamente durante la fermentación. Aunque la malta contribuye con algunos de estos nutrientes, los minerales presentes en el agua son igualmente importantes. En este sentido, usar agua destilada no es adecuado para la producción de cerveza. El agua ideal debe contener minerales como sodio, cloro, azufre, calcio y magnesio, entre otros, que son esenciales en todo el proceso de elaboración.

2.2.6. Clarificador en cerveza.

Los clarificantes contribuyen a mejorar el color y la claridad de la cerveza, y según el momento en que se añaden, pueden cumplir otras funciones igualmente

relevantes. Hay dos tipos principales de clarificantes: los que se emplean durante el proceso de hervido y los que se utilizan en la etapa de fermentación.

2.2.6.1. Clarificantes en caliente.

Los "clarificantes en caliente" se añaden al mosto unos minutos antes de terminar el hervor (aproximadamente 15 minutos), facilitando que las partículas sólidas se decanten hacia el fondo de la olla. También promueven la sedimentación de las proteínas, impidiendo que lleguen al fermentador. Aunque su capacidad de clarificación es inferior a la de otros clarificantes, ayudan a lograr una cerveza con sedimentos de levadura y un estilo más artesanal y rústico. Entre los más conocidos se encuentran:

a) Irish Moss

Clarificante que se incorpora durante el hervor del mosto. Mejora la coagulación de proteínas y promueve la formación del turbio caliente. Se debe añadir diluido en agua fría cuando falten 10 minutos para terminar el hervor, con una dosis de 4 gramos por cada 20 litros de mosto.

b) Irish

Este clarificante se agrega al mosto durante el hervor y aumenta la coagulación de proteínas, facilitando el turbio caliente. Se diluye en agua fría y se añade 10 minutos antes del final del hervor, con una dosis de 4 gramos por cada 20 litros de mosto.

c) Whirflock

Clarificante de alto peso molecular derivado de algas marinas rojas, utilizado en el hervor. Su adición aumenta la coagulación de proteínas y garantiza un turbio caliente compacto, obteniendo así un mosto más claro. Se recomienda añadir 10 minutos antes del fin del hervor, con una dosificación de 1 pastilla por cada 20-30 litros.

d) Clariflog

Clarificante de mosto caliente, alternativo a otros más tradicionales. Es un sol de sílice que cumple con la Ley de Pureza Alemana. La dosis recomendada es de 15 a 30 gramos por hectolitro.

2.2.6.2. Clarificantes en frío.

Por otro lado, los "clarificantes en frío" se añaden al fermentador una vez concluida la fermentación o directamente en el madurador. Son ideales para obtener una cerveza limpia y sin partículas suspendidas, ya que ayudan a que los

sedimentos de levadura se acumulen en el fondo del recipiente. Entre los clarificantes más comunes se encuentran:

a) Isinglass

Este clarificante en frío se agrega después de la fermentación. Es derivado de la vejiga natatoria de peces, y su componente activo es el colágeno, una proteína con carga eléctrica positiva que atrae partículas cargadas negativamente, como levaduras y otras proteínas responsables de la turbidez en esta fase.

b) Gelatina Clarificante

Utilizada para clarificar la cerveza al promover la precipitación de levaduras. Se añade en la etapa de maduración y reduce el tiempo de almacenamiento en frío. La dosis recomendada es de 6 a 8 gramos por cada 20 litros de cerveza, previa dilución en agua fría.

c) Polygel

Un clarificante en frío que también actúa como estabilizador de la cerveza. Suele añadirse antes de la filtración, y uno de sus componentes, el PVPP, es ampliamente empleado como clarificante en frío. La dosis recomendada es de 30 a 70 gramos por hectolitro.

2.2.7. Antecedentes de la cerveza.

En la frontera de los ríos Tigris y Éufrates, la civilización sumeria de Mesopotamia producía y consumía cerveza. Por otro lado, los babilonios aprendieron de los sumerios el arte de cultivar la tierra y elaborar cerveza. Estas civilizaciones comenzaron elaborando rollos de harina de cebada y los llamaron pan líquido (Cornett, 2023).

2.2.7.1. ¿Qué es la cerveza?

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada, elaborada por medio de fermentación con levadura de una solución de cereales, con la adición o no de adjuntos cerveceros. En un sentido amplio, se denomina cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal (cebada, sorgo, trigo, maíz, entre otros), pero normalmente se elige la cebada malteada (Cascaron, 2021).

Para su adecuada preparación, se debe comprender los principios básicos de los procesos biológicos que ocurren en la cerveza, como las reacciones enzimáticas y microbiológicas, así como el control preciso de varios parámetros, que convierte al maestro cervecero en un experto a fondo del producto que

elaborara, sin saltarte ninguna etapa de su elaboración para no obtener una cerveza de mala calidad.

2.2.7.2. Variedades de cerveza

Tabla 3: *Distintos tipos de cerveza en el mundo.*

Tipos de cerveza	Características
LAGER	
Pilsener, Hell o pale Dortmunder	Clara con mucho lúpulo, seca, poco, cuerpo. Igual que la pilsener, pero con menos lúpulo y sabor más suave.
Munich, Dunkel o Dark	Oscura, sabor intenso, aromática, poco lúpulo, poco amarga, dulce, mucho cuerpo.
Bock, Marzen o Marzenbier	Igual que Múnich, pero con más alcohol.
ALE	
Pale Ale	Clara, mucho lúpulo, seca y amarga.
Browm Ale	Oscura, poco lúpulo, dulce.
Bitter	Clara mucho lúpulo, mucho cuerpo (pale ale de barril)
Mild Ale	Semioscura, dulce, poco densa, amarga.
Stout o Porter	Muy oscura, mucho cuerpo, mucho lúpulo, amarga, dulce o seca.

Variedades de cervezas de acuerdo con su tipo de fermentación

(Vozdecatadores, 2020).

2.2.7.3. Composición.

Tabla 4: *Ingredientes de la cerveza.*

La malta	Se obtiene del proceso de malteo de granos de cebada cervecera, esto comprende al desarrollo controlado de la germinación del grano posterior a su proceso final de secado/tostado. Después de estos métodos la malta cederá el almidón, las enzimas y las proteínas necesarias para la elaboración del mosto
El lúpulo	Son provenientes de las flores maduras de la planta del lúpulo. Proporciona a la cerveza del gusto amargo, agradable y del fino aroma que la caracteriza.
El agua	El agua, al igual que todos los demás componentes, es continuamente analizada y tratada con sulfatos, nitratos, cloruros, sodio, calcio, etc. De esta manera se asegura con mayor factibilidad el sabor final del producto para mantener los estándares de calidad exigidos en las plantas.
Levadura	Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por germinación. La levadura es fundamental para el proceso de fabricación de la cerveza, donde la mayor cantidad de las sustancias presentes en el mosto como los azúcares, se difunden desde la pared celular hasta el interior de la célula. Los azúcares son convertidos en alcohol y gas carbónico.

Especificación de los ingredientes compuestos en una cerveza (Selecta, 2019)

2.2.7.4. Maduración.

Durante la fase de maduración o guarda, la cerveza se enfría a temperaturas entre -1 y 4 °C, durante un período que varía entre 3-4 días y un máximo de 30 días. En este tiempo, las levaduras y otros compuestos responsables de la turbidez

se van sedimentando de forma gradual, logrando así una mayor claridad en la cerveza.

Los restos de levadura de los fondos de los tanques de fermentación y guarda contienen entre 10–14% de sólidos totales y entre 1.5–2.5% del total de cerveza producida. Esta etapa puede llevarse a cabo en los mismos tanques cilíndricos de fermentación (sistema unitank) o en tanques diferentes horizontales o cilíndricos (sistema de tanques múltiples).

En estos tanques se realiza la fermentación secundaria utilizando la levadura residual. Durante este período, la cerveza desarrolla sus sabores y aromas característicos, mientras se produce una decantación adicional que precipita compuestos que, de otro modo, causarían turbidez. Las levaduras se sedimentan lentamente, clarificando la cerveza mediante decantación. El objetivo de la maduración es transformar una bebida cruda en una de mayor suavidad y agrado al paladar (Renapra, 2021).

2.2.7.5. Equipos utilizados en la elaboración de cerveza.

Este equipo de elaboración de cerveza artesanal también es llamado equipamiento cervecero se utiliza para fabricar cerveza artesanal o industrial e incluye todo lo necesario para iniciarse en la elaboración de la cerveza artesanal. Controla todo el proceso de fermentación midiendo temperaturas, densidades, colores (nos permiten averiguar el final de la fermentación y los grados de alcohol de la cerveza).

Los equipos de cerveza son:

- Macerador
- Olla de hervor
- Deposito agua caliente
- Fermentador / madurador
- Tablero de control general
- Plataforma de trabajo
- Placa de refrescado 2 etapas
- Bomba de carga de agua fría
- Bomba de circulación línea de cerveza

- Bomba de circulación línea de agua

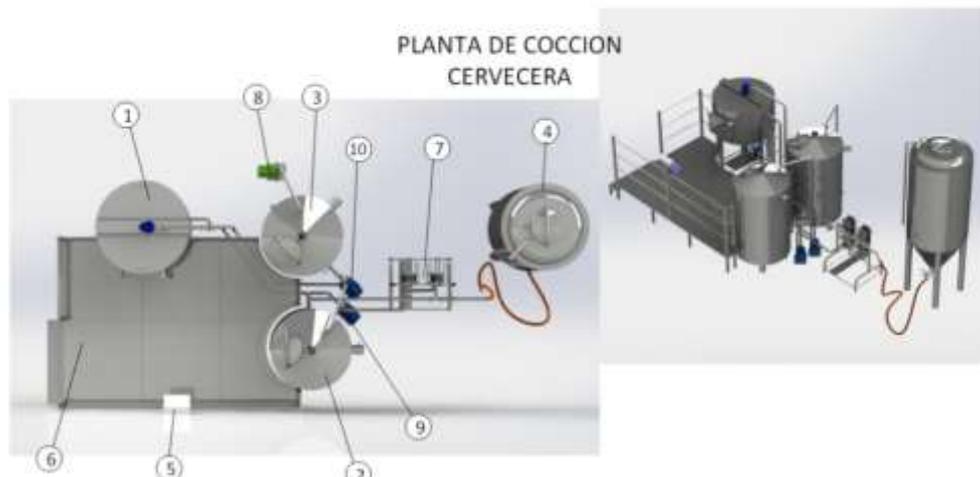


Figura 1. Equipos para fabricar cerveza artesanal o industrialmente.

2.2.7.6. Análisis microbiológicos en cerveza.

En general, la cerveza no es un entorno favorable para los microorganismos debido a su contenido de alcohol, bajo pH, ambiente anaeróbico, amargor del lúpulo y suministro limitado de nutrientes. A pesar de ello, algunas bacterias han logrado adaptarse a este ambiente. Aunque no son patógenos, estos microorganismos pueden generar olores y sabores no deseados, así como turbidez en la cerveza. Las fuentes de deterioro de la cerveza se pueden clasificar en tres categorías: 1) bacterias que causan deterioro directo, 2) organismos potenciales de deterioro, y 3) microorganismos que provocan deterioro indirecto.

Las bacterias responsables del deterioro directo de la cerveza, como (*Lactobacillus brevis*), (*Pediococcus damnosus*), (*Megasphaera spp*). Y (*Pectinatus spp*), siempre causarán un deterioro evidente. Los organismos potenciales de deterioro (como algunas bacterias lácticas o levaduras exógenas) solo crecerán bajo ciertas condiciones, como en cervezas con bajo contenido de alcohol o lúpulo. Por otro lado, los microorganismos de deterioro indirecto no pueden desarrollarse en la cerveza, aunque pueden estar presentes en las materias primas empleadas en su elaboración. La siguiente tabla resume estos microorganismos y los sabores no deseados que pueden producir.

Tabla 5: Microorganismos causantes de la descomposición de la cerveza.

Microorganismo	Característica de sabor indeseable
Levadura exógena, por ejemplo (<i>Saccharomyces diastaticus</i>)	Sabor florido o amargo
Bacterias del ácido láctico, por ejemplo (<i>Lactobacillus brevis</i>)	Sabor agrio
Bacterias ácido acético	Sabor a vinagre
Bacterias termofílicas	Sabor a verduras o apio
Lactobacillus, por ejemplo (<i>Lactobacillus perjudicial</i>)	Sabor a mantequilla
Firmicutes (<i>Megasphaera spp.</i> , <i>Pectinatus spp.</i>)	Sabor a huevos podridos
Moho	Sabor a moho

(Renapra, 2021)

2.2.7.7. Comparación de una cerveza artesanal y una industrial.

El mundo cervecero cada día es más popular y con ello encontramos una gran variedad de estilos de cervezas tanto artesanales como industriales

a) 100% natural

Una de las principales ventajas de las cervezas artesanales es que se elaboran con ingredientes naturales, sin conservantes ni aditivos artificiales. A diferencia de la cerveza industrial, que a menudo contiene conservadores y se produce con arroz, maíz o mijo para reducir costos, la cerveza artesanal utiliza ingredientes auténticos como malta y levadura.

b) La receta

La receta es una de las principales diferencias entre la cerveza artesanal y la industrial. La cerveza artesanal se elabora cuidadosamente, con pruebas y ajustes realizados por el maestro cervecero hasta lograr el equilibrio perfecto entre aroma, sabor, espuma, color y textura. En cambio, la cerveza industrial sigue una receta estándar, enfocada en mantener la consistencia sin errores, buscando un balance entre costo y calidad.

c) Proceso de elaboración

Las cervezas artesanales se producen de manera manual o con maquinaria mínima y a pequeña escala, mientras que las cervezas industriales emplean grandes equipos y procesos automatizados que requieren un esfuerzo mínimo en su elaboración.

d) Filtrado

La cerveza artesanal se filtra de forma manual, lo que le permite conservar intactas sus propiedades, aroma y sabor. En cambio, la cerveza industrial se filtra

químicamente, lo que puede eliminar o destruir las levaduras y proteínas que contribuyen al sabor característico de la cerveza.

e) Producto local vs globalización.

La cerveza artesanal, al ser producida en menor escala, tiene limitaciones para su distribución y expansión a otras regiones o países. En cambio, la cerveza industrial dispone de canales de producción y logística que facilitan su expansión global.

f) Objetivos de producción

El principal objetivo de la cerveza artesanal es desarrollar la receta perfecta para resaltar aromas y sabores únicos, mientras que las grandes cerveceras buscan reducir al máximo los costos de producción y distribución.

2.2.8. Fermentación.

La fermentación es un proceso fundamental en la elaboración de la cerveza, en el cual la levadura convierte los azúcares del mosto de cebada en etanol y dióxido de carbono. Las diversas especies de levaduras producen cervezas con características muy diferentes, como se detalla a continuación. Según el tipo de levadura utilizado en la fermentación, las cervezas se clasifican en dos grandes grupos: la lager, o de baja fermentación, que fermentan a temperaturas entre 5-10°C, y las ale, o de alta fermentación, que lo hacen entre 17 y 25°C.

Existen también cervezas de fermentación espontánea, como las lámbicas, que siguen el método tradicional y fermentan de forma natural mediante microorganismos presentes en el ambiente. (Cervecistas, 2020).

2.2.8.1. Cambios físico químico en la fermentación para la cerveza.

La fermentación es uno de los pasos esenciales en la producción de cerveza, ya que es en este proceso donde los carbohidratos como la glucosa se transforman en etanol y dióxido de carbono. Sin embargo, este no es el único cambio que ocurre durante la fabricación de la cerveza. Los carbohidratos participan en varias reacciones, como la reacción de Maillard, la degradación de Strecker y algunos procesos oxidativos, que afectan el color, aroma y sabor de la cerveza.

a) Reacción de Maillard, reordenamiento de Amadori y degradación de aminoácidos de Strecker: el origen del color en la cerveza

Uno de los pasos clave en la producción de cerveza es el calentamiento del mosto junto con el lúpulo. Durante esta etapa, se produce la reacción de Maillard y otras reacciones asociadas, las cuales son responsables del color característico de

la cerveza. La reacción de Maillard es un proceso químico entre aminas (provenientes de aminoácidos o proteínas) y compuestos carbonílicos (como carbohidratos, aldehídos y cetonas) que genera productos marrones insolubles conocidos como melanoidinas. Esta reacción ocurre cuando el grupo carbonilo de un carbohidrato en su forma aldosa interactúa con un grupo amino libre de un aminoácido o proteína en una condensación que forma una glicosilamina N-sustituida (o base de Schiff) tras la pérdida de una molécula de agua.

b) Diacetilos y el indeseable sabor a mantequilla que se elimina durante la maduración

El diacetilo, o 2,3-butanodiona, es una dicetona que se genera durante la fermentación de la cerveza y que aporta un sabor indeseado similar al de mantequilla o caramelo. Por esta razón, debe eliminarse antes de que la cerveza sea distribuida. Este compuesto es un subproducto de la biosíntesis de valina en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y su eliminación prolonga el proceso de maduración de la cerveza.

c) Procesos de oxidación y estabilidad del sabor en la cerveza

El oxígeno juega un papel crucial en la producción de cerveza, ya que favorece el crecimiento de la levadura y es necesario en cantidades óptimas en el mosto para un desarrollo vigoroso. Durante la oxidación, se forman compuestos como alcoholes, iso-ácidos y ácidos grasos que pueden dar lugar a compuestos carbonílicos, como 2-heptenal, 2-octenal y trans-2-nonenal, los cuales tienen umbrales de detección muy bajos y son fácilmente perceptibles por el consumidor. Por esta razón, se busca mantener bajos los niveles de oxígeno en la cerveza envasada para asegurar una mayor estabilidad en su sabor. (Morales-Toyo, 2018).

2.2.8.2. Tipos de fermentación.

Según la sustancia resultante al finalizar el proceso de fermentación, se pueden clasificar los tipos de fermentación en:

a) Fermentación alcohólica

Realizada principalmente por levaduras, donde ciertos azúcares se transforman en etanol, dióxido de carbono y ATP. Este proceso se utiliza para la producción de bebidas alcohólicas.

b) Fermentación acética

Propia de las bacterias del género *Acetobacter*, en la cual el alcohol etílico se convierte en ácido acético, es decir, en vinagre. Es un proceso aeróbico y puede ocurrir en vinos expuestos al aire.

c) Fermentación láctica

Es una oxidación parcial de la glucosa, llevada a cabo por bacterias lácticas o por células musculares en animales cuando se agota el oxígeno. Este proceso genera ATP y ácido láctico, que al acumularse causa la sensación de fatiga muscular.

d) Fermentación butírica

Transforma la glucosa en ácido butírico y gas, produciendo un olor característicamente desagradable. Este proceso es realizado por bacterias del género *Clostridium* y requiere lactosa.

e) Fermentación butanodiólica

Es una variante de la fermentación láctica realizada por enterobacterias, que libera dióxido de carbono y produce butanodiol, un alcohol incoloro y viscoso.

f) Fermentación propiónica

Involucra la participación del ácido acético, dióxido de carbono y ácido succínico para obtener ácido propiónico, un compuesto corrosivo con un olor acre. (Alvarez, 2021).

2.3. Marco legal

El desarrollo de la presente investigación está enmarcada en el cumplimiento de la norma INEN 2262:2013-11 da a conocer en su punto 2.1.1 la definición de “cerveza” indicando que es una bebida con un bajo contenido alcohólico siendo el resultante de una controlada fermentación natural, esto gracias a levaduras cerveceras que provengan de un cultivo puro, debe contar con un mosto elaborado con agua apropiada en sus características físico químicas y bacteriológicas, además se debe adicionar lúpulo y/o derivados en función de cebada malteada sola o ya sea mezclada con adjuntos. En la misma norma también se especifica en el punto 2.1.5 lo que es adjuntos cerveceros, diciendo “Adjuntos cerveceros. Son ingredientes malteados o no malteados, que colaboran con extracto al proceso esto en reemplazo parcial de la malta sin afectar la calidad de la cerveza, estos pueden ser adjuntos crudos como

otros tipos de granos y modificados como jarabes o azúcares obtenidos industrialmente de fuentes de almidón por medio de procesos enzimáticos

Tabla 6: Requisitos físicos y químicos

Requisitos	Unidad	Cerveza Pasteurizada		Métodos de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido alcohólico a 20°C	% (v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total expresados como ácido láctico	%(m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volumenes de CO ₂	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de hierro	mg/dm ³	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2330

Tabla de requisitos físicos – químicos impuestos por la norma INEN 2262:2013.
Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013

Tabla 7: Requisitos microbiológicos

Requisitos	Unidad	Cerveza Pasteurizada		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Microorganismos Anaeróbicos	UFC/cm ³	-	-	NTE INEN 1520-17
Mohos y levaduras	UFC/cm ³	-	-	NTE INEN 1529-10

Tabla de requisitos microbiológicos impuestos por la norma INEN 2262:2013
Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Se desarrolló una investigación descriptiva ya que por medio del uso de variables se buscó especificar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas y calidad de la cerveza artesanal tipo Lager (Análisis de la vitalidad de las levaduras, nitrógeno, almidón y azúcares, contenido alcohólico, acidez total, carbonatación, pH, microorganismos anaerobios, mohos y levaduras). Del mismo modo es de tipo experimental ya que mediante la debida implementación de la variable independiente (combinación del almidón de yuca en cada tratamiento) se observaron las variaciones entre las muestras de estudio mediante la implementación de una prueba sensorial valorada por criterios propios de los panelistas.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado fue de tipo experimental ya que se manipuló la variable independiente para observar las características sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas de la cerveza realizada.

3.2. Metodología

3.2.1. Variable

3.2.1.1. Variable independiente

- Porcentaje de almidón de yuca con cebada
- Porcentaje de levadura
- Tiempo de maduración.

3.2.1.2. Variable dependiente

- Análisis sensorial (olor, color, sabor, textura).
- Análisis fisicoquímico (análisis de la vitalidad de las levaduras, nitrógeno, almidón, azúcares, contenido alcohólico, acidez, carbonatación, pH)
- Microbiológico (microorganismos anaerobios, mohos y levaduras) al mejor tratamiento.

3.2.2. Tratamientos

Los tratamientos a evaluados estuvieron conformados por tres variables: mezcla del almidón de yuca y cebada; Porcentaje de levadura; Tiempo de maduración.

Tabla 8.
Variables con sus respectivos factores valorados en porcentaje y días

VARIABLES		
Factor A	Malta de cebada + Almidón de yuca	
A1	90%	10%
A2	80%	20%
Factor B	Porcentaje de levadura	
B1	1%	
B2	2%	
Factor C	Tiempo de maduración	
C1	10 días	
C2	30 días	

Paneso, 2024

A continuación, se detalla la tabla de los tratamientos (A1, A2; B1, B2; C1, C2) en estudio.

Tabla 9.
Tratamientos del ensayo

TRATAMIENTOS	COMBINACIONES
T 1 (A1B1C1)	90% Cebada + 10% Almidón; 1% Levadura; 10 días
T 2 (A1B1C2)	90% Cebada + 10% Almidón; 1% Levadura; 30 días
T 3 (A1B2C1)	90% Cebada + 10% Almidón; 2% Levadura; 10 días
T 4 (A1B2C2)	90% Cebada + 10% Almidón; 2% Levadura; 30 días
T 5 (A2B1C1)	80% Cebada + 20% Almidón; 1% Levadura; 10 días
T 6 (A2B1C2)	80% Cebada + 20% Almidón; 1% Levadura; 30 días
T 7 (A2B2C1)	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 10 días
T 8 (A2B2C2)	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 30 días
T 9 (TESTIGO)	100% Cebada; 1% Levadura; 10 días

Paneso, 2024

Tabla 10.**Formulación general para cada tratamiento a evaluarse.**

Materia prima	Cantidad	Porcentaje (%)
Cebada + Almidón de yuca	1144.4 g	28.61 %
Agua	2845.95 g	71.15 %
Lúpulos	6.66 g	0.17 %
Levadura	2.55 g	0.06 %
Clarificador	0.44 g	0.01 %
TOTAL	4000g	100 %

Descripción de las cantidades y porcentajes de la materia prima para la elaboración de la cerveza artesanal. (Paneso, 2024)

3.2.3. Diseño experimental

La investigación se realizó aplicando una prueba sensorial con una escala hedónica, desde un punto de vista de aceptación. Para este proceso se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con nueve tratamientos y como réplica con un panel sensorial de 30 personas, donde se analizó las variables organolépticas: textura, color, olor y sabor.

El análisis sensorial se realizó con un panel de 30 personas (a excepción de mujeres embarazadas y lactantes), se determinó el grado de aceptabilidad del producto mediante prueba hedónica la cual se llevó a cabo con personas no entrenadas que probaron las muestras de los nueve tratamientos realizados, los mismos que fueron codificadas para facilitar su evaluación expresado en la ficha que cual fue el de mejor palatabilidad, mediante una escala con rangos desde me gusta a no me gusta o me disgusta.

3.2.4. Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Recursos bibliográficos

- Revistas científicas
- Artículos
- Libros
- Sitios on-line
- Tesis

Recursos institucionales

- Universidad Agraria del Ecuador
- Laboratorio de lácteos y cárnicos.

Recursos humanos

- Tutor: MSc. Pablo Núñez
- Investigador: Paneso Zambrano Diana Dagmar

Recursos materiales

Los materiales que se utilizan en el trabajo experimental se detallan a continuación.

Materia prima e insumos

- Almidón de yuca
- Cebada
- Levadura de cerveza
- Lúpulo
- Azúcar
- Agua
- Kits de fermentación

Equipos de proceso

- Recipiente de cocción de 20L
- Colador
- Botellas de vidrio
- Tapas corona
- Botellones de fermentación
- Tanque de CO₂

Equipos de proceso

- Balanza digital
- Termómetro
- Cocina industrial
- Densímetro
- pH-metro
- Chapadora

Equipos de protección personal

- Mandil

- Guantes de látex
- Cofia
- Mascara de protección respiratoria

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Protocolo sensorial

El protocolo sensorial fue realizado mediante el empleo de una escala hedónica valorada en cuatro puntos aplicados a 30 personas no entrenadas, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 11: *Escala hedónica.*

Categoría	Valoración Numérica
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Me gusta poco	3
No me gusta	2
Me disgusta	1

(Paneso, 2024)

La prueba sensorial fue realizada de forma aleatoria en la cual se evaluaron las características organolépticas del producto terminado.

3.2.4.3. Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza

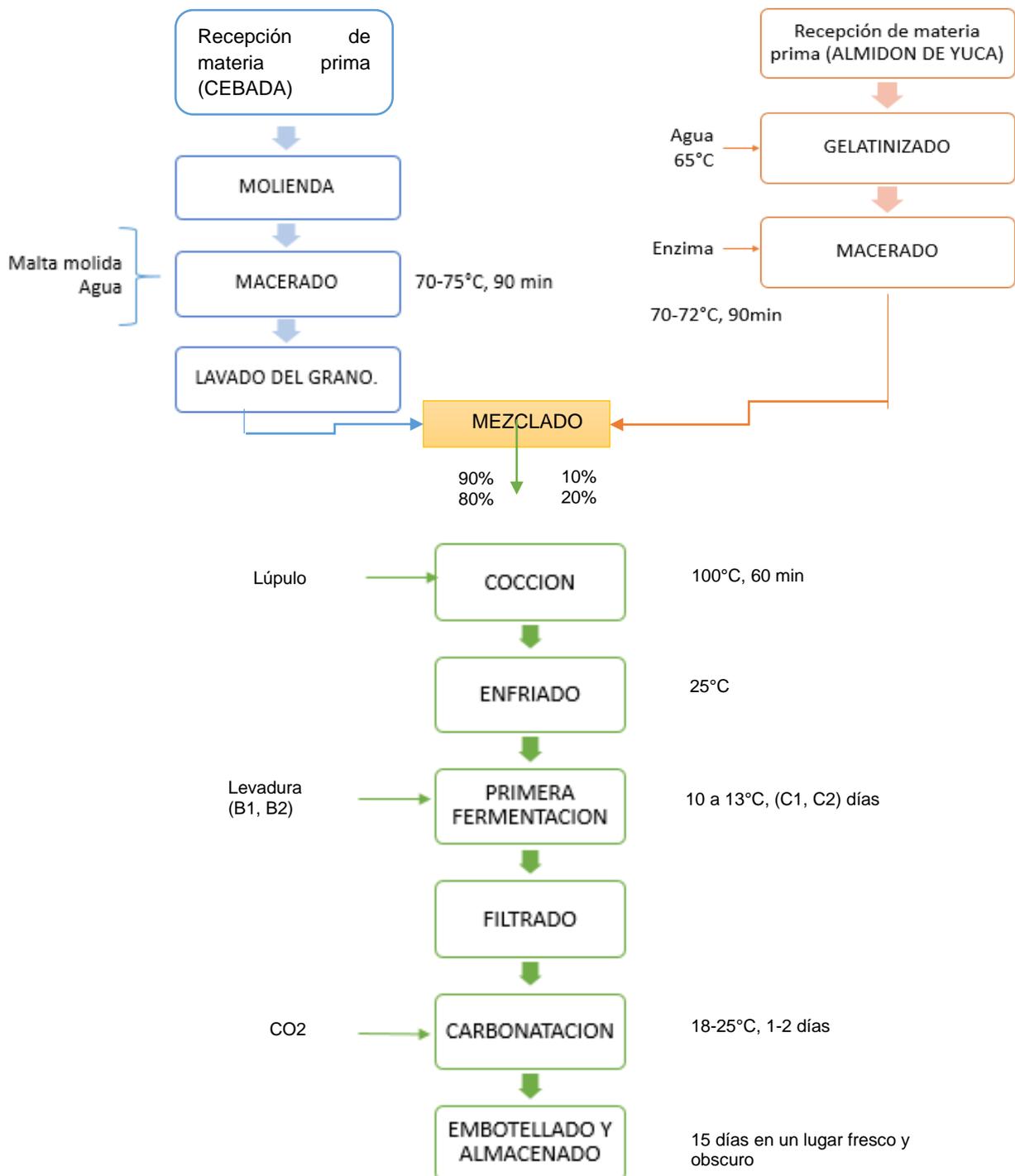


Figura 2. Diagrama utilizado para la elaboración de cerveza a base de cebada y almidón de yuca. (Paneso, 2024)

Descripción del diagrama de flujo de la elaboración de una cerveza artesanal tipo lager utilizando cebada y almidón de yuca.

a) Recepción de la materia prima:

Se obtuvieron las materias primas en estado inocuo procedentes de beerlan store en el caso de los granos, de igual manera levaduras y lúpulo de gran calidad.

b) Molienda:

Consistió en la extracción de azúcares presentes en los granos a través de las enzimas durante el proceso de maceración, asegurando que la molienda sea lo suficientemente fina para conservar los azúcares.

c) Maceración (Cebada):

Se mezcló la malta con agua a una temperatura de 70-90°C durante 90 minutos, activando las enzimas diastasas presentes en la malta, las cuales transforman el almidón en azúcares fermentables, generando así un mosto denso, oscuro y dulce.

d) Lavado del grano:

Se recogió en una jarra el mosto y con la ayuda de un utensilio se volvió a introducir en la hoyo de acero, se repitió el proceso un par de veces. Luego, se recogió el mosto en la olla de acero. Cuando el nivel de mosto disminuyó y dejó al descubierto los granos, se introdujo con un utensilio el agua caliente previamente preparada hacia la olla de acero. Se adicionó un volumen de tres litros, hasta alcanzar la densidad requerida antes de alcanzar el punto de ebullición.

e) Gelatinización:

Se mezcló el agua con el almidón de yuca a una temperatura de 65°C.

f) Macerado (Yuca):

Se adicionó las enzimas a una temperatura de 55-65°C durante 10 minutos.

g) Mezclado:

Se aplicaron las formulaciones detallado en la Tabla 6 entre la cebada y harina de yuca.

h) Cocción:

Se agregó el lúpulo cuando el mosto este hirviendo a una temperatura de 100°C por 60 minutos.

i) Enfriado:

Se enfrió hasta llegar a una temperatura de 25°C.

j) Primera Fermentación:

Se añadió la levadura para su activación, manteniendo una temperatura de 18-25°C durante un período de cinco a siete días

k) Filtrado:

Se filtró el líquido obtenido de la primera fermentación para retener las partes sólidas de la cebada y los restos de harina, realizando una recirculación del mosto tres veces.

l) Carbonatación:

Se le adicionó sacarosa mediante un cálculo de carbonatación y se dejó reposar a temperatura ambiente durante siete días.

m) Embotellado y almacenado:

Se trasvaso el mosto mediante un embudo para evitar oxigenar las botellas y tapar herméticamente para su maduración durante 10 y 30 días según el tratamiento en un lugar oscuro.

3.2.5. Análisis estadístico

Para valorar estadísticamente las variables sensoriales se utilizará el análisis de varianza (ANOVA), cuyo esquema se indica en la tabla 10. En los casos en que se detecte diferencias significativas se aplicara la prueba de comparación de medias de Tukey. Estos análisis se realizarán considerando un 5% de probabilidad para el error tipo I, constatando los principios de normalidad y varianzas iguales de los datos. Para estos análisis se utilizará el software Infostat.

Tabla 12: *Análisis estadístico (ANOVA).*

Fuentes de variación	Grados de libertad (GL)
Total (abc+1) r-1	269
Factor A (Almidona + Cebada) (a-1)	1
Factor B (Levadura) (b-1)	1
Factor C (Tiempo de maduración) (c-1)	1
Interacción AB (a-1) (b-1)	1
Interacción AC (a-1) (c-1)	1
Interacción BC (b-1) (c-1)	1
Interacción ABC (a-1) (b-1) (c-1)	1
Testigo vs factorial (abc+1) - abc	1
Jueces (r-1)	29
Error experimental abc (r-1)	232

4. RESULTADOS

4.1. Evaluación de nueve tratamientos variando los porcentajes de cebada y almidón de yuca, tiempo de fermentación y porcentajes de levaduras en la elaboración de una cerveza artesanal tipo lager.

Durante el desarrollo de la cerveza tipo lager, se intentó sustituir totalmente la cebada por almidón de yuca, pero este enfoque no fue viable. La cebada es un ingrediente esencial en la fabricación de cerveza, ya que es la fuente principal de malta, la cual proporciona las enzimas necesarias para la fermentación y las características organolépticas fundamentales del producto, como el sabor y el cuerpo. Al sustituirla completamente, se pierde la esencia de lo que define a la cerveza, transformando el producto final en una bebida alcohólica diferente, similar al pisco o a otros destilados, pero sin las cualidades que hacen a la cerveza única. Por lo tanto, la sustitución total de cebada por almidón de yuca resulta en una bebida que no puede ser clasificada como cerveza.

La operación inicial para la elaboración se inició con la selección y pesado de la materia prima, calculando los porcentajes y formulaciones para elaborar cada uno de los tratamientos.

El volumen final de agua que se adicionó para cada tratamiento fue de cinco litros, añadida en dos etapas, en la primera etapa inició con el proceso de macerado de la cebada con 2.5 lt, de lo cual se separó 0,4 litros para macerar el almidón. En la segunda etapa se completa con 2.5 lt en el proceso de lavado del grano.

Durante el proceso de maceración, se añadió la enzima alfa-amilasa (2,5 ml) con el objetivo de catalizar la hidrólisis de las cadenas de almidón presentes, fragmentándolas en azúcares fermentables. Este paso es crucial, ya que los azúcares resultantes servirán como sustrato para las levaduras incorporadas posteriormente al mosto, permitiendo así su conversión en etanol a través de la fermentación alcohólica.

El proceso de filtrado se llevó a cabo siete días después de la primera fermentación. Posteriormente, se refrigeró nuevamente el producto para continuar con la maduración, la cual se extendió durante 10 y 30 días, según lo establecido.

La carbonatación se llevó a cabo mediante la adición de azúcar, con la expectativa de que las levaduras presentes metabolizaran este azúcar y lo convirtieran en CO₂. Se estima que este proceso tomará aproximadamente siete

días. De esta manera, se calculó la cantidad de azúcar necesaria en función del volumen de cerveza embotellada.

$$G \text{ de azúcar} = \frac{(\text{Vol de cerveza en lts} \times \text{Nivel de carbonatación deseado})}{4}$$

$$G \text{ de azúcar} = \frac{0,33 \text{ lts} \times 5,5 \text{ g/lts}}{4} = 0,45 \text{ g por botella.}$$

Los niveles de carbonatación en cerveza varían según el estilo y preferencias personales. Generalmente, se clasifican en: baja (1,5-2,5 UV / 3-5 g/L) para estilos porter y stout; moderada (2,5-3,5 UV / 5-7 g/L) para pale ale, amber y cervezas belgas; alta (3,5-4,5 UV / 7,9 g/L) para pilsner, lager y cervezas alemanas; y muy alta (4,5-5,5 UV / 9-11 g/L) para estilos champán y cerveza de trigo. Para una Irish Lager, se recomienda un nivel moderado a alto (2,8-3,8 UV / 5,5-7,5 g/L). Estos parámetros sirven como referencia para ajustar la carbonatación y lograr el equilibrio deseado en la cerveza.

Tabla 13.

Resultado de parámetros fisicoquímicos de los tratamientos en estudio

#	COMBINACIONES	pH	°Brix	°GL
T 1	90% Cebada + 10% Almidón; 1% Levadura; 10 d	4,2	5,0	5,2
T 2	90% Cebada + 10% Almidón; 1% Levadura; 30 d	4,0	4,7	5,7
T 3	90% Cebada + 10% Almidón; 2% Levadura; 10 d	4,2	4,6	5,3
T 4	90% Cebada + 10% Almidón; 2% Levadura; 30 d	3,9	4,5	5,9
T 5	80% Cebada + 20% Almidón; 1% Levadura; 10 d	4,3	4,8	5,0
T 6	80% Cebada + 20% Almidón; 1% Levadura; 30 d	4,0	4,5	5,2
T 7	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 10 d	4,2	4,4	5,6
T 8	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 30 d	3,9	4,1	5,5
T 9	100% Cebada 1% Levadura; 10 d	4,3	5,1	5,3

Paneso, 2024

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos permitieron identificar que con el aumento en el tiempo de fermentación (de 10 a 30 días) en combinaciones con la misma proporción de cebada y almidón, así como la misma cantidad de levadura, se observa una reducción en el pH y en los °Brix, junto con un aumento en el % de alcohol. Esta tendencia es consistente, lo que indica que una mayor duración de fermentación permite que la levadura consuma más azúcares, reduciendo el °Brix y generando más alcohol.

De igual manera, con un aumento en la cantidad de levadura del 1% al 2%, se observa una ligera disminución en los °Brix y un aumento en el % de alcohol, lo que sugiere una mayor fermentación de los azúcares debido a la mayor cantidad de levadura.

Por otra parte, las formulaciones con un 20% de almidón (T5, T6) tienden a tener un pH más alto en comparación con las formulaciones con un 10% de almidón (T1, T2). Esto sugiere que una mayor proporción de almidón puede estar proporcionando menos sustrato fermentable para la producción de ácidos.

4.2. Valoración sensorial del tratamiento mejor evaluado mediante una escala hedónica.

El análisis sensorial de la cerveza artesanal con almidón de yuca muestra cómo las variaciones en la composición de los tratamientos (porcentaje de cebada, almidón, levadura y tiempo de fermentación) afectan las características organolépticas, evaluadas en una escala sensorial. A continuación, en la Tabla 14 se describen los resultados.

Tabla 14.
Resultados del análisis sensorial de la cerveza artesanal con almidón de yuca

#	Descripción	Color	Olor	Sabor	Textura
T1	90% Cebada+ 10% Almidón; 1% Levadura; 30 d	4,07a	4,13a	3,93a	3,97a
T2	90% Cebada+ 10% Almidón; 2% Levadura; 10 d	4,03a	3,65ab	3,55a	3,74ab
T3	90% Cebada+ 10% Almidón; 2% Levadura; 30 d	4,21a	3,62ab	3,24a	3,52ab
T4	80% Cebada+ 20% Almidón; 1% Levadura; 10 d	3,93a	3,57ab	3,40a	3,70ab
T5	80% Cebada + 20% Almidón; 1% Levadura; 30 d	3.57ab	3,47ab	3,27a	3,67ab
T6	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 10 d	4,03a	3,40ab	3,20a	3,43ab

T7	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 30 d	3,57ab	3,47ab	3,20a	3,73ab
T8	80% Cebada + 20% Almidón; 2% Levadura; 30 d	3,87a	3,60ab	3,67a	3,77ab
T9	100% Cebada; 1% Levadura; 10 días	3,00b	3,27b	3,43a	3,10b
	Coeficiente de variación	24,04%	26,49%	30,78%	25,46%

Paneso, 2024

En el análisis sensorial de la cerveza con distintas formulaciones de almidón de yuca, porcentajes de levadura y tiempos de fermentación, se evaluaron cuatro atributos principales: color, olor, sabor y textura. Los resultados indican diferencias perceptibles en cada atributo según la combinación de ingredientes y condiciones de fermentación.

En el atributo del color si existe una diferencia estadísticamente significativa. En la evaluación del color los tratamientos con almidón de yuca y mayores tiempos de fermentación (T1 y T3) obtuvieron las puntuaciones más altas (4,07 y 4,21 respectivamente), mientras que el tratamiento con 100% cebada, 1% de levadura y fermentación de 10 días (T9) presentó la calificación más baja (3,00). Esto sugiere que la inclusión de almidón de yuca y el tiempo de fermentación tienen un efecto en la percepción del color, posiblemente otorgando una tonalidad más deseada.

En el atributo del olor si existe una diferencia estadísticamente significativa. En el atributo olor, el tratamiento T1 (90% cebada, 10% almidón, 1% levadura, 30 días) destacó con un puntaje de 4,13, indicando un aroma atractivo, mientras que los tratamientos con mayor proporción de almidón y tiempos de fermentación más cortos tendieron a obtener calificaciones más bajas (por ejemplo, T9 con 3,27). La variación en la cantidad de levadura y el tiempo de fermentación parece influir en la percepción olfativa, probablemente afectando el perfil aromático de la cerveza.

En el atributo del sabor no existe una diferencia estadísticamente significativa. En la valoración del sabor las diferencias entre tratamientos en cuanto al sabor no fueron estadísticamente significativas, con puntajes que varían entre 3,20 y 3,93. Esto sugiere que, aunque el almidón de yuca y el tiempo de

fermentación pueden influir, los cambios no son suficientes para alterar la percepción del sabor de manera considerable.

En el atributo de la textura si existe una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, los tratamientos con tiempos de fermentación prolongados y menor porcentaje de almidón (T1, T3 y T8) obtuvieron puntajes relativamente altos (3,97 y 3,77), lo cual podría estar relacionado con una mayor suavidad o cuerpo percibido. Por otro lado, el tratamiento T9, sin almidón y con el menor tiempo de fermentación, recibió la calificación más baja en textura (3,10).

Del análisis sensorial se puede resumir, que la adición de almidón de yuca y el ajuste en el porcentaje de levadura y tiempo de fermentación afectan significativamente algunos aspectos sensoriales de la cerveza, especialmente en términos de color y aroma. Los tratamientos con tiempos de fermentación más largos y menores niveles de almidón parecen ser preferidos en general. Esto sugiere que una combinación balanceada entre los ingredientes y el proceso de fermentación puede mejorar la calidad sensorial de la cerveza.

4.3. Calidad de la cerveza mediante el análisis de la vitalidad de las levaduras, nitrógeno, almidón y azúcares en la formulación de mayor aceptación.

Los análisis fisicoquímicos realizados a la cerveza de mayor aceptación sensorial se muestran en la Tabla 16.

Tabla 15.
Resultados fisicoquímicos de la cerveza con almidón de yuca

PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad
Acidez	AOAC 950.07 (Volumétrico)	0.3	%(m/m)
Almidon	AOAC 935.24 (Cuantitativo)	11.2	g/L
Azucares totales por inversión.	Lane & Eynon (Cuantitativo)	4.8	%
Grado Alcohólico	MMQ-302 AOAC 935.21 (Destilación-Gravimétrico)	5.4	%(v/v)
Nitrógeno	MMQ-352 AOAC 920.53 (kjeldahl)	62.1	%

UVA, 2024

Tabla 16:
Resultados microbiológicos de la cerveza con almidón de yuca.

PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad
<i>Anaerobios mesófilos</i>	MME M18 (Recuento en Placa)	<10	UFC/ml
<i>Anaerobios termófilos</i>	MME M18 (Recuento en placa)	AUSENCIA	Aus/Pres
<i>Mohos y Levaduras</i>	NTE INEN 1529-10 (Recuento en placa)	<10	UFC/ml

UVA, 2024

La acidez en las cervezas se debe a la presencia de ácidos orgánicos, como el ácido láctico y el ácido acético, que se forman durante la fermentación. Un nivel de acidez de 0.3% es relativamente bajo, lo cual es favorable, ya que ayuda a mantener la estabilidad del sabor sin exceder niveles que alteren el perfil sensorial o causen incomodidad en el consumo. Un contenido de 11.2 g/L sugiere que la mayoría del almidón se ha convertido en azúcares fermentables, lo cual es deseable para optimizar la producción de alcohol. Un 4.8% de azúcares totales es consistente con el nivel de dulzura esperada en una cerveza y sugiere que la fermentación ha sido controlada, dejando una cantidad residual de azúcares para equilibrar el sabor sin comprometer el grado alcohólico. El grado alcohólico es adecuado para una cerveza tipo lager artesanal, generalmente dentro del rango de 4-6% v/v. Este nivel de alcohol indica una fermentación eficiente y es consistente con el contenido de azúcares iniciales y el control en los parámetros de fermentación, especialmente la cantidad de levadura y el tiempo de fermentación.

El contenido de nitrógeno, derivado principalmente de proteínas y aminoácidos, es fundamental para la actividad de la levadura durante la fermentación. Un nivel de 62.1% sugiere un contenido adecuado de nutrientes nitrogenados, lo cual es favorable para el crecimiento de levaduras y la producción de compuestos que contribuyen al sabor y al aroma de la cerveza.

Los análisis microbiológicos muestran un bajo recuento de microorganismos (<10 UFC/ml), lo cual es esencial para garantizar la seguridad y la estabilidad del producto durante su vida útil.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados evidencian el cumplimiento con respecto a la normativa legal vigente (NTE INEN 2262).

Nota: Debido a las limitaciones en la disponibilidad de recursos y servicios especializados en Ecuador, no fue posible realizar un análisis de vitalidad de

levaduras en este estudio. Después de una exhaustiva búsqueda, se confirmó que no hay laboratorios locales que ofrezcan este servicio.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio guardan similitud con los obtenidos por Morquecho (2022), ya que también empleó almidón de yuca en la formulación de la cerveza. En ambos estudios, el uso de almidón de yuca influye en las características sensoriales del producto, siendo la formulación que incluía 15% de almidón de yuca y 85% de cebada la más aceptada, mientras que, en este estudio, el tratamiento con 10% de almidón y 90% de cebada (T1) obtuvo las mejores calificaciones en color, olor, sabor y textura. Esto sugiere que una proporción baja de almidón de yuca contribuye a una mejor aceptación sensorial.

Por otra parte, García (2015) utilizó almidón de oca para sustituir la malta en proporciones de 25%, 50% y 75%. Aunque en la investigación actual se utilizó almidón de yuca en lugar de malta, ambas investigaciones exploran cómo las proporciones de sustitución influyen en las características organolépticas. En aquel estudio, las formulaciones con 25% y 50% de oca en sustitución de malta fueron las más aceptadas, lo cual coincide con el estudio actual donde la formulación con 10% de almidón de yuca fue la más preferida.

Vanegas (2019) evaluó el uso de cebada, quinua y almidón de yuca para mejorar el rendimiento de la cerveza. El tratamiento con mejor resultado fue el que incluía 50% de almidón de yuca. Aunque en el estudio actual se evaluaron proporciones más bajas de almidón de yuca (10% y 20%), ambos estudios coinciden en que el almidón de yuca tiene un efecto positivo en las características sensoriales, especialmente en el color y el sabor. Así mismo, se encontró que el tratamiento con 50% de almidón de yuca obtuvo las mejores calificaciones en color y olor. En la investigación actual, los tratamientos con menor proporción de almidón (10%) también muestran mejores resultados en estos atributos sensoriales, lo que podría sugerir que la combinación de cebada y almidón de yuca en proporciones equilibradas mejoran estos parámetros.

Rentería (2020) investigó la sustitución de cebada por almidón de olluco en diferentes proporciones (90%/10%, 80%/20%, etc.). Los resultados sensoriales y fisicoquímicos muestran que la formulación con 90% de cebada y 10% de almidón de olluco fue la más aceptada, lo cual es coherente con los resultados del estudio actual donde el tratamiento con 90% de cebada y 10% de almidón de yuca (T1) fue el más valorado en términos de sabor, color y textura. Ambos estudios sugieren que

una sustitución moderada de almidón mejora las características sensoriales sin comprometer la calidad del producto.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la cerveza en este estudio muestra resultados que pueden compararse con los obtenidos en investigaciones previas realizadas por otros autores. En cuanto al pH obtenido en este estudio, el valor de 4.2 se encuentra dentro del rango adecuado para cervezas tipo lager, lo cual favorece tanto la estabilidad microbiana como el perfil de sabor. Este valor es comparativamente inferior al pH de 5.3 reportado por Morquecho (2022), quien elaboró una cerveza con 85% de cebada, 15% de almidón de yuca y 5% de cacao, lo que podría explicar el aumento en el pH debido a la adición de cacao, que influye en la acidez. García (2015) también reporta valores de pH entre 3.5 y 4.8 en cervezas formuladas con almidón de oca, siendo estos valores inferiores al de la presente investigación. Esto podría estar relacionado con el uso de ácido cítrico en la hidrólisis del almidón, que resulta en cervezas con mayor acidez en comparación con las de cebada. Asimismo, Vanegas (2019) obtuvo valores de pH de 4 en sus formulaciones con quinua y yuca, similares al pH del estudio actual, lo cual puede atribuirse a los efectos de estos ingredientes en la acidez de la bebida. En contraste, Rentería (2020) obtuvo un pH más bajo de 3.52 en su formulación con 90% de cebada y 10% de almidón de olluco, posiblemente debido al proceso de hidrólisis del almidón con ácido cítrico, que genera un ambiente más ácido en comparación con el almidón de yuca.

En cuanto al grado alcohólico, los resultados de este estudio muestran un contenido de 5.4% v/v, característico de una lager artesanal. Este valor se encuentra dentro de un rango competitivo en relación con otros estudios. Por ejemplo, Morquecho (2022) alcanzó un valor de 6.11% v/v en su cerveza formulada con cacao y almidón de yuca, probablemente debido al aporte de azúcares fermentables adicionales provenientes del cacao, que incrementan la producción de alcohol. En la investigación de Rentería (2020), el grado alcohólico obtenido fue de 3.7% v/v, valor menor en comparación con el presente estudio, debido en parte a la menor eficiencia fermentativa del almidón de olluco frente al de yuca. Barriga (2018) también reportó un contenido de alcohol de 4.85% v/v en su cerveza tipo lager, inferior al del presente estudio, lo que se explica por las condiciones específicas de fermentación y el uso exclusivo de cebada. Estos datos resaltan la

eficacia fermentativa de la formulación actual, que permite un grado alcohólico elevado sin comprometer el perfil organoléptico de la cerveza.

Respecto al contenido de azúcares y almidón, este estudio obtuvo 11.2 g/L de almidón y un contenido de azúcares totales de 4.8%, reflejando una conversión moderada de azúcares fermentables y proporcionando un dulzor adecuado. Este valor se encuentra alineado con el nivel de azúcares residuales deseado en una lager, que equilibra el cuerpo y dulzor de la cerveza sin excederse. Aunque Morquecho (2022) no especifica el contenido de azúcares totales en su estudio, la adición de cacao pudo haber contribuido a un contenido residual de azúcares que mejora la percepción de cuerpo y dulzor en la cerveza. En el caso de García (2015), su formulación con almidón de oca también mostró una mayor acidez y menor contenido de azúcares residuales, influida por el uso de ácido cítrico durante la hidrólisis del almidón. Vanegas (2019), por otro lado, sugiere que las formulaciones con quinua y yuca tienden a tener mayor contenido de almidón y azúcares no fermentables, lo cual brinda una textura robusta sin afectar notablemente el contenido alcohólico. La formulación de Rentería (2020), empleando almidón de olluco, tampoco especifica el contenido de azúcares residuales, aunque la proporción elevada de este almidón en ciertas formulaciones podría haber influido en el menor grado alcohólico debido a la baja eficiencia de conversión a etanol.

En términos de calidad microbiológica, los resultados de este estudio son altamente satisfactorios. Los recuentos de microorganismos mesófilos y de mohos y levaduras fueron inferiores a 10 UFC/ml, mientras que no se detectaron anaerobios termófilos, indicando una cerveza estable y segura microbiológicamente. Aunque Morquecho (2022) y otros estudios revisados no ofrecen datos específicos de los parámetros microbiológicos, se considera que el cumplimiento con normas nacionales, como la NTE INEN 2325, respalda una adecuada calidad microbiológica en sus cervezas. De manera similar, Vanegas (2019) y Rentería (2020) enfatizan la importancia de condiciones controladas de fermentación, pero no reportan recuentos microbiológicos en detalle. Barriga (2018) menciona que los análisis de su cerveza tipo lager cumplen con los estándares de calidad nacionales, lo que sugiere una buena estabilidad microbiana en el producto final. Estos resultados confirman que las prácticas de elaboración seguidas en el presente estudio permiten obtener un producto seguro, al igual que en las investigaciones anteriores.

En la evaluación del color T3 (4,21), T1 (4,07) y T2 (4,03) obtuvieron los puntajes más altos en cuanto a color, lo que sugiere que los evaluadores prefirieron la apariencia visual de estos tratamientos. Todos ellos contienen un 90% de cebada y un 10% de almidón, lo que indica que esta proporción influye favorablemente en el color.

El tratamiento T9 (3,00), con el 100% de cebada, obtuvo el puntaje más bajo, lo que indica que esta formulación fue menos atractiva visualmente.

En la percepción del olor, el tratamiento T1 (4,13) fue el mejor evaluado, seguido por T2 (3,65). Esto sugiere que una mayor proporción de cebada (90%) y un menor porcentaje de levadura (1%) puede contribuir positivamente a la percepción olfativa, especialmente cuando se fermenta durante 30 días.

El tratamiento T9 (3,27), con 100% de cebada y 1% de levadura, fue la menos preferida en olor, lo que sugiere que la ausencia de almidón y un corto tiempo de fermentación (10 días) afectaron negativamente esta característica.

El tratamiento T1 (3,93) tuvo el puntaje más alto en sabor, seguido de T2 (3,55) y T8 (3,67). Esto podría estar relacionado con la proporción de cebada y almidón, así como con el tiempo de fermentación. Es evidente que el 10% de almidón y los 30 días de fermentación favorecen el sabor. Sin embargo, estadísticamente los tratamientos no muestran diferencias significativas.

El tratamiento T9 (3,43) mostró un sabor intermedio a pesar de ser 100% cebada. Este resultado puede indicar que, aunque los otros factores influyen, la cebada pura no fue la más destacada.

En la evaluación de la textura, los tratamientos T1 (3,97) y T8 (3,77) sobresalen, al relacionar tanto con la cantidad de cebada con la duración de la fermentación (30 días). Una mayor cantidad de cebada parece conferir una textura más agradable.

El tratamiento T9 (3,10) tuvo el puntaje más bajo en textura, sugiriendo que la formulación con cebada al 100% y 10 días de fermentación produce una textura menos agradable para los evaluadores.

Los coeficientes de variación para los diferentes atributos sensoriales son relativamente altos, particularmente para el sabor (30,78%) y el olor (26,49%), lo que indica una variabilidad considerable en la percepción de los panelistas. Esto sugiere que las preferencias sensoriales entre los evaluadores son diversas.

En términos generales, el tratamiento T1 (90% cebada, 10% almidón, 1% levadura, 30 días) parece ser el más equilibrado y mejor evaluado en todas las características sensoriales.

Los resultados sugieren que las variaciones en los factores estudiados (mezcla de cebada-yuca, concentración de levadura y tiempo de maduración) no afectan significativamente los atributos sensoriales principales de la cerveza lager, y el producto final es similar entre las combinaciones evaluadas. Esto indica la viabilidad de usar almidón de yuca como sustituto parcial de la cebada sin afectar las propiedades sensoriales percibidas.

6. CONCLUSIONES

El proceso de maceración, con la adición de enzima alfa-amilasa, fue crucial para la descomposición del almidón en azúcares fermentables, garantizando así que las levaduras actúen eficientemente en la fermentación. La adición escalonada del agua en el proceso, junto con el uso de lúpulo en cantidades constantes para todas las formulaciones, asegura una consistencia en el perfil de sabor, amargor y aroma de las cervezas producidas.

El análisis sensorial de la cerveza artesanal de yuca reveló que los tratamientos con una mayor proporción de cebada (90%) y un menor contenido de almidón de yuca (10%), combinados con un tiempo de fermentación prolongado de 30 días, fueron los más aceptados en términos de color, olor, sabor y textura. El tratamiento T1 (90% cebada, 10% almidón, 1% levadura, 30 días) obtuvo las mejores calificaciones globales en todos los parámetros sensoriales, lo que sugiere que esta formulación proporciona un equilibrio favorable de características organolépticas.

Los resultados reflejan una cerveza de alta calidad con acidez de 0,3 %(m/m), azúcares 4,8% y grado alcohólico adecuados de 5.2, indicando una fermentación eficiente. El bajo recuento de microorganismos que dio resultado <10 garantiza estabilidad y seguridad en el producto final, lo cual posiciona esta alternativa una opción viable y sostenible para la producción cervecera, con potencial para optimizar recursos y reducir costos.

En conclusión, la sustitución total de la cebada por almidón de yuca en la elaboración de cerveza tipo lager no es posible sin alterar su naturaleza fundamental. La cebada, al ser el ingrediente base de la malta, es esencial para las propiedades enzimáticas, el proceso de fermentación y el perfil sensorial característico de la cerveza. Al reemplazarla completamente, el producto resultante pierde las características propias de la cerveza y se asemeja más a una bebida alcohólica distinta, como el pisco, lo que impide que se clasifique como cerveza. Por lo tanto, la sustitución total de la cebada comprometería la identidad del producto.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar pruebas adicionales ajustando las proporciones de almidón de yuca en un rango de 10% a 20%, al explorar otras combinaciones, un 15% de almidón, que en otros estudios ha demostrado ser una proporción favorable. Esto permitirá refinar la fórmula óptima, en el análisis sensorial se observaron mejores calificaciones en las formulaciones con 10% de almidón.

Basándose en los resultados del análisis sensorial, se recomienda extender los tiempos de fermentación, evaluando el efecto de periodos de 30 a 45 días, además de continuar con las pruebas a 10 y 30 días.

Realizar ajustes en la cantidad de alfa-amilasa añadida durante el proceso de maceración, con el fin de asegurar una hidrólisis eficiente del almidón de yuca. Además, es esencial medir y monitorear regularmente los parámetros fisicoquímicos (pH, densidad, grado alcohólico, etc.) en cada etapa del proceso, siguiendo las normativas establecidas, como las mencionadas en otros estudios

Incluir análisis más en las etapas de macerado, fermentación y post-carbonatación, el contenido de azúcares, la acidez, y la evolución de los grados alcohólicos. Estos análisis pueden correlacionarse con las percepciones sensoriales para obtener una comprensión más profunda de los procesos que afectan el producto final.

Se recomienda extender el tiempo de reposo del almidón de yuca con la enzima alfa-amilasa a más de 30 minutos facilita una hidrólisis enzimática más prolongada, permitiendo que las largas cadenas de almidón se desdoblén en azúcares simples y fermentables, optimizando así el sustrato disponible para la acción de las levaduras durante la fermentación. Esto favorece la eficiencia en la conversión del almidón en alcohol, influyendo de forma positiva en el rendimiento y en el perfil organoléptico de la cerveza.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, D. O. (2021). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/fermentacion/>
- Aristizabal, J., & Sanchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: Boletín de servicios agrícolas de la FAO.
- Bocconi, M. T. (2018). *Conicet* . Obtenido de <https://www.conicet.gov.ar/una-proteina-que-promueve-su-propio-apagado-y-rompe-con-el-esquema-de-regulacion-clasico/#:~:text=Las%20levaduras%20son%20hongos%20unicelulares,se%20excretan%20al%20medio%20externo.>
- Carrasco, 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.* Ambato: Repositorio Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31406/1/BQ%20233.pdf>
- Carrera, C. (2022). *Cocinatis*. Obtenido de <https://www.cocinatis.com/como-cocinar/consejos-trucos/cebada-un-cereal-de-gran-valor-nutritivo.html>
- Cascaron, J. (2021). *Ambar*. Obtenido de <https://ambar.com/noticias/cultura-cervecera/historia-de-la-cerveza/>
- Castorena, J. (2020). Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de maíz Azul y derivados de caña de azúcar. *Instituto Tecnológico de Aguascalientes*, 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94465715001/94465715001.pdf>
- Cerveceria Nacional . (2018). Obtenido de <https://www.cervecerianacional.ec/content/cebada>
- Cervecistas. (2020). *Cultura Cervecista* . Obtenido de <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/la-fermentacion-clave-en-la-produccion-cervecera/#:~:text=La%20fermentaci%C3%B3n%20es%20un%20paso,etanol%20y%20di%C3%B3xido%20de%20carbono.>
- Cervecistas. (2021). *Cultura cervecista*. Obtenido de <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/la-levadura-el-cuarto-ingrediente-de-la->

- Portilla, C. (2022). *Escuela el gremio*. Obtenido de <https://escuelagremio.com/cebada-malteada/>
- Poveda, S. J. (2018). *Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboracion de una barra de cereales alta en fibra*. Imbabura: Universidad Tecnica del Norte . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7888>
- Renapra. (2021). *Red Nacional de Proteccion de Alimentos*. Obtenido de <https://mascapacitacionencerveza.wordpress.com/maduracion/>
- Sanchez, C. (2023). ¿Qué es la cebada y cómo se consume? *Fiatc Seguros Blog*.
- Selecta, G. (2019). Principales tipos de cerveza de alta fermentación. *Selecta Gourmet*. Obtenido de <https://www.selectagourmet.com/blog/principales-tipos-de-cerveza-de-alta-fermentacion/>
- Vozdecatadores. (2020). *Voz de Catador.es*. Obtenido de <https://vozdecatador.es/2020/06/27/tipos-de-cerveza-de-fermentacion-baja/>
- Walteros. (2020). *Caracterización de cepas de levadura colombiana Saccharomyces cerevisiae para su potencial uso en la producción de cerveza "Colombian Ale*. Bogota: Universidad de los Andes.
- Zuñiga, V. (2019). *Extraccion y analisis comparativo de las características del almidon de malanga, yuca y papa china*. Riobamba: Repositorio Digital UNACH. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5485/1/UNACH-EC-ING.AGRO-IND-2019-0004.pdf>

9. ANEXOS

9.1. Análisis sensorial.

 UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS AGROINDUSTRIA													
Adjunto a la presente boleta se le entregará 9 muestras las cuales deberá valorar cada parámetro según la escala que se presenta a continuación:													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valoración Numérica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Me gusta mucho</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Me gusta</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Me gusta poco</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>No me gusta</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Me disgusta</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Categoría	Valoración Numérica	Me gusta mucho	5	Me gusta	4	Me gusta poco	3	No me gusta	2	Me disgusta	1
Categoría	Valoración Numérica												
Me gusta mucho	5												
Me gusta	4												
Me gusta poco	3												
No me gusta	2												
Me disgusta	1												
INDIQUE CON UNA (X) SEGÚN SU CRITERIO EN LOS ESPACIOS INDICADOS													
ATRIBUTOS	V.N.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
COLOR	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
OLOR	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
SABOR	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
TEXTURA	5												
	4												
	3												
	2												
	1												

(Paneso, 2024)



Figura 3: Selección de materia prima.
(Paneso, 2024)



Figura 4: Supervisión del docente tutor.
(Paneso, 2024)



Figura 5: Medición de agua para tratamientos.
Paneso, 2024



Figura 6: Pesado del almidón de yuca.
Paneso, 2024



Figura 7: Adición la malta en la
hoya de hervido.
(Paneso, 2024)



Figura 8: Lavado del grano.
(Paneso, 2024)



Figura 9: Escurrido del grano.
(Paneso, 2024)



Figura 10: Maceración del
almidón de yuca.
(Paneso, 2024)



Figura 11: Adición de la encima Alfa-amilasa al almidón ya gelatinizado.
(Paneso, 2024)



Figura 12: Mezclado del almidón de yuca en el mosto de la cerveza.
(Paneso, 2024)



Figura 13: Adición de lúpulos.
(Paneso, 2024)



Figura 14: Embotellado del mosto para la 1ra fermentación.
(Paneso, 2024)



Figura 15: Fermentación de los 9 tratamientos.
(Paneso, 2024)



Figura 16: Filtrado de la cerveza para separar el bagazo.
(Paneso, 2024)



Figura 17: Sellado de las botellas ya envasadas y gasificadas.
(Paneso, 2024)



Figura 18: Terminado el proceso.
(Paneso, 2024)



Figura 19: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)



Figura 20: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)



Figura 21: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)



Figura 22: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)



Figura 23: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)



Figura 24: Prueba sensoriales
(Paneso, 2024)

9.2. Resultados del análisis sensorial de la cerveza elaborada con almidón de yuca

Tratamientos	Factor A (Mezcla)	Factor B (Levadura)	Factor C (Maduración)	Jueces	Color	Olor	Sabor	Textura
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	1	4	4	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	2	4	3	3	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	3	4	3	3	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	4	4	5	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	5	3	3	3	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	6	4	4	5	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	7	4	4	5	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	8	4	3	4	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	9	4	4	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	10	4	5	5	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	11	5	5	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	12	5	4	3	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	13	5	4	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	14	5	5	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	15	3	3	2	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	16	5	5	5	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	17	2	3	2	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	18	4	5	5	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	19	5	5	5	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	20	4	4	3	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	21	4	2	4	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	22	4	4	3	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	23	4	5	5	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	24	3	4	4	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	25	4	5	3	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	26	4	5	5	3
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	27	5	4	5	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	28	3	5	4	4
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	29	4	4	3	5
T1	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	30	5	5	5	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	1	4	4	4	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	2	5	4	4	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	3	4	4	4	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	4	4	5	5	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	5	4	3	4	1
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	6	4	3	3	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	7	4	4	5	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	8	3	4	3	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	9	5	5	4	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	10	5	3	2	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	11	4	2	2	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	12	5	5	2	3

T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	13	5	4	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	14	5	3	2	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	15	3	3	3	2
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	16	3	3	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	17	4	3	4	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	18	5	5	4	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	19	3	4	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	20	4	4	4	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	21	4	3	4	2
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	22	4	3	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	23	4	4	5	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	24	3	4	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	25	4	3	2	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	26	3	3	3	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	27	3	2	4	3
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	28	4	5	5	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	29	5	3	4	4
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	30	4	4	5	5
T2	A1: 90C+10Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	1	4	4	4	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	2	4	4	4	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	3	4	4	3	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	4	5	5	5	5
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	5	5	3	2	1
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	6	3	3	2	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	7	5	3	5	5
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	8	4	4	3	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	9	5	4	5	5
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	10	4	4	3	5
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	11	4	3	3	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	12	5	5	2	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	13	5	3	5	5
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	14	5	4	3	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	15	3	2	3	2
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	16	4	3	2	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	17	3	4	4	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	18	5	5	5	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	19	3	3	2	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	20	3	3	3	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	21	3	3	4	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	22	5	4	4	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	23	5	4	4	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	24	5	4	4	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	25	5	3	2	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	26	4	4	3	4
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	27	4	3	2	3
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	28	3	4	2	4

T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	29	4	2	1	2
T3	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	30	5	5	4	1
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	1	3	3	3	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	2	3	3	3	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	3	5	4	5	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	4	5	4	5	5
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	5	5	3	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	6	5	5	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	7	3	3	3	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	8	4	4	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	9	5	5	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	10	5	5	5	5
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	11	4	4	2	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	12	4	5	3	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	13	4	4	2	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	14	5	4	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	15	3	2	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	16	2	2	2	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	17	4	3	3	2
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	18	5	4	5	5
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	19	4	5	5	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	20	4	3	2	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	21	4	4	3	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	22	4	3	3	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	23	4	4	5	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	24	4	4	3	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	25	5	4	2	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	26	4	1	2	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	27	3	2	3	2
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	28	2	3	2	3
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	29	5	4	4	4
T4	A1: 90C+10Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	30	1	3	3	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	1	3	4	3	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	2	3	4	4	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	3	5	4	5	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	4	5	5	5	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	5	4	3	4	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	6	3	3	1	2
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	7	4	4	4	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	8	4	3	4	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	9	5	4	5	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	10	4	3	3	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	11	4	4	3	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	12	4	5	4	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	13	4	4	2	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	14	3	4	2	3

T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	15	3	3	4	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	16	3	3	3	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	17	4	3	4	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	18	5	5	4	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	19	3	3	3	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	20	4	3	2	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	21	3	3	3	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	22	4	2	2	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	23	4	4	4	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	24	4	4	4	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	25	2	4	3	4
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	26	1	4	2	3
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	27	2	3	3	2
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	28	3	3	1	5
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	29	3	2	3	2
T5	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C1: 10 Días	30	4	1	4	5
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	1	4	3	4	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	2	3	2	1	1
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	3	4	4	4	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	4	5	4	5	5
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	5	5	4	4	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	6	3	3	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	7	4	4	5	5
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	8	3	3	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	9	5	5	5	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	10	3	4	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	11	4	4	2	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	12	4	4	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	13	4	2	1	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	14	5	2	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	15	4	3	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	16	4	4	4	5
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	17	4	4	4	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	18	5	5	5	5
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	19	4	4	4	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	20	3	3	1	2
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	21	4	3	4	2
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	22	4	3	3	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	23	5	5	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	24	5	3	3	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	25	5	4	2	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	26	3	4	2	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	27	4	3	3	3
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	28	4	2	3	2
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	29	3	1	2	4
T6	A2: 80C+20Y	B1: 1% L	C2: 30 Días	30	4	3	4	3

T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	1	3	4	4	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	2	2	2	2	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	3	4	3	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	4	5	4	4	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	5	4	4	2	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	6	4	4	4	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	7	4	3	3	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	8	3	2	3	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	9	4	5	4	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	10	5	3	3	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	11	4	4	3	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	12	4	4	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	13	4	2	1	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	14	5	3	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	15	4	3	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	16	3	3	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	17	4	5	4	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	18	4	5	4	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	19	3	5	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	20	2	4	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	21	4	4	3	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	22	4	2	2	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	23	4	4	4	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	24	4	3	4	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	25	4	2	3	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	26	3	3	4	4
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	27	3	4	4	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	28	2	3	5	5
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	29	3	2	3	3
T7	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C1: 10 Días	30	1	5	2	2
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	1	3	3	4	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	2	3	3	2	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	3	4	4	5	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	4	5	5	4	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	5	5	3	4	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	6	2	2	1	2
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	7	4	4	5	5
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	8	4	3	3	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	9	5	4	5	5
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	10	4	4	4	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	11	4	4	3	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	12	5	4	4	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	13	4	2	2	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	14	5	3	4	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	15	4	3	3	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	16	3	3	2	3

T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	17	4	5	5	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	18	5	5	5	5
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	19	3	4	4	2
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	20	5	5	5	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	21	4	3	4	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	22	4	3	3	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	23	5	5	5	5
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	24	3	2	2	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	25	3	4	3	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	26	2	4	4	5
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	27	2	4	5	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	28	3	3	3	3
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	29	5	2	2	4
T8	A2: 80C+20Y	B2: 2% L	C2: 30 Días	30	4	5	5	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	1	3	4	3	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	2	2	3	2	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	3	3	5	3	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	4	4	4	4	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	5	3	4	4	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	6	3	5	4	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	7	2	3	3	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	8	1	2	2	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	9	1	4	5	5
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	10	1	3	4	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	11	3	5	2	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	12	4	3	3	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	13	2	4	4	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	14	3	3	4	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	15	2	2	5	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	16	4	5	4	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	17	5	1	3	5
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	18	4	2	5	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	19	5	3	4	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	20	3	2	3	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	21	4	1	4	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	22	3	3	3	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	23	2	3	3	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	24	5	4	3	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	25	1	3	5	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	26	5	2	2	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	27	4	4	1	3
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	28	3	3	2	4
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	29	3	4	5	2
T9	A3: 100C	B1: 1% L	C1: 10 Días	30	2	4	4	3

9.3. Análisis de varianza

Análisis de la varianza

Color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	270	0,13	0,10	24,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33,36	9	3,71	4,41	<0,0001
Tratamientos	33,36	8	4,17	4,96	<0,0001
Factor A (Mezcla)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor B (Levadura)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor C (Maduración)	1,1E-03	1	1,1E-03	1,3E-03	0,9715
Error	218,63	260	0,84		
Total	251,99	269			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,73609

Error: 0,8409 gl: 260

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	4,21	29	0,17	A
T1	4,07	30	0,17	A
T6	4,03	30	0,17	A
T2	4,02	31	0,47	A
T4	3,93	30	0,17	A
T8	3,87	30	0,17	A
T7	3,57	30	0,17	A B
T5	3,57	30	0,17	A B
T9	3,00	30	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39296

Error: 0,8409 gl: 260

Factor A (Mezcla)	Medias	n	E.E.	
A1: 90C+10Y	4,05	120	0,20	A
A2: 80C+20Y	3,76	120	0,08	A
A3: 100C	3,00	30	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22058

Error: 0,8409 gl: 260

Factor B (Levadura)	Medias	n	E.E.	
B2: 2% L	3,89	119	0,08	A
B1: 1% L	3,78	151	0,17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22039

Error: 0,8409 gl: 260

Factor C (Maduracion)	Medias	n	E.E.	
C2: 30 Días	3,97	120	0,08	A
C1: 10 Días	3,73	150	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Olor**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	270	0,06	0,02	26,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,19	9	1,58	1,75	0,0775
Tratamientos	14,06	8	1,76	1,95	0,0526
Factor A (Mezcla)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor B (Levadura)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor C (Maduracion)	0,13	1	0,13	0,14	0,7040
Error	233,83	260	0,90		
Total	248,02	269			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,76126

Error: 0,8993 gl: 260

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	4,13	30	0,17	A
T2	3,82	31	0,48	A B
T3	3,62	29	0,18	A B
T8	3,60	30	0,17	A B
T4	3,57	30	0,17	A B
T7	3,47	30	0,17	A B
T5	3,47	30	0,17	A B
T6	3,40	30	0,17	A B
T9	3,27	30	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40640**

Error: 0,8993 gl: 260

Factor A (Mezcla)	Medias	n	E.E.	
A1: 90C+10Y	3,79	120	0,20	A
A2: 80C+20Y	3,48	120	0,09	A B
A3: 100C	3,27	30	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22812**

Error: 0,8993 gl: 260

Factor B (Levadura)	Medias	n	E.E.	
B1: 1% L	3,65	151	0,17	A
B2: 2% L	3,56	119	0,09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22792**

Error: 0,8993 gl: 260

Factor C (Maduracion)	Medias	n	E.E.	
C1: 10 Días	3,66	150	0,17	A
C2: 30 Días	3,55	120	0,09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Sabor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	270	0,05	0,02	30,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,96	9	1,66	1,48	0,1542
Tratamientos	14,75	8	1,84	1,64	0,1124
Factor A (Mezcla)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor B (Levadura)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor C (Maduración)	0,21	1	0,21	0,19	0,6649
Error	291,34	260	1,12		
Total	306,30	269			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,84974

Error: 1,1206 gl: 260

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	3,93	30	0,19 A
T2	3,77	31	0,54 A
T8	3,67	30	0,19 A
T9	3,43	30	0,19 A
T4	3,40	30	0,19 A
T5	3,27	30	0,19 A
T3	3,24	29	0,20 A
T7	3,20	30	0,19 A
T6	3,20	30	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45363

Error: 1,1206 gl: 260

Factor A (Mezcla)	Medias	n	E.E.
A1: 90C+10Y	3,62	120	0,23 A
A3: 100C	3,43	30	0,19 A
A2: 80C+20Y	3,33	120	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25463

Error: 1,1206 gl: 260

Factor B (Levadura)	Medias	n	E.E.
B1: 1% L	3,56	151	0,19 A
B2: 2% L	3,38	119	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25441

Error: 1,1206 gl: 260

Factor C (Maduración)	Medias	n	E.E.
C1: 10 Días	3,51	150	0,19 A
C2: 30 Días	3,45	120	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Textura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Textura 270 0,05 0,02 24,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,99	9	1,33	1,63	0,1068
Tratamientos	11,92	8	1,49	1,82	0,0730
Factor A (Mezcla)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor B (Levadura)	0,00	0	0,00	sd	sd
Factor C (Maduración)	0,07	1	0,07	0,08	0,7719
Error	212,44	260	0,82		
Total	224,43	269			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72561

Error: 0,8171 gl: 260

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T1	3,97	30	0,17	A	
T2	3,87	31	0,46	A	B
T8	3,77	30	0,17	A	B
T7	3,73	30	0,17	A	B
T4	3,70	30	0,17	A	B
T5	3,67	30	0,17	A	B
T3	3,52	29	0,17	A	B
T6	3,43	30	0,17	A	B
T9	3,20	30	0,17	A	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38737

Error: 0,8171 gl: 260

Factor A (Mezcla)	Medias	n	E.E.		
A1: 90C+10Y	3,78	120	0,19	A	
A2: 80C+20Y	3,65	120	0,08	A	
A3: 100C	3,20	30	0,17		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21743

Error: 0,8171 gl: 260

Factor B (Levadura)	Medias	n	E.E.		
B2: 2% L	3,68	119	0,08	A	
B1: 1% L	3,67	151	0,16	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21725

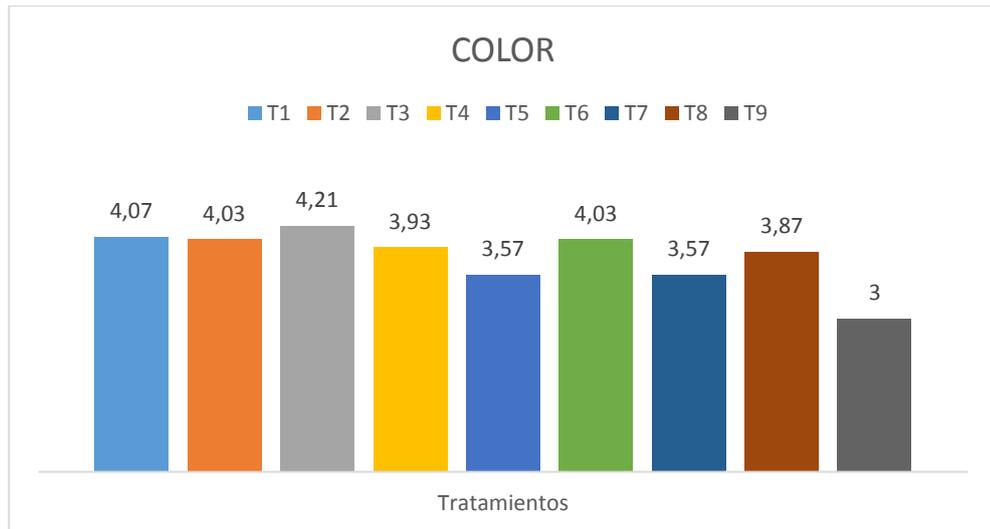
Error: 0,8171 gl: 260

Factor C (Maduración)	Medias	n	E.E.		
C1: 10 Días	3,68	150	0,16	A	
C2: 30 Días	3,66	120	0,08	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

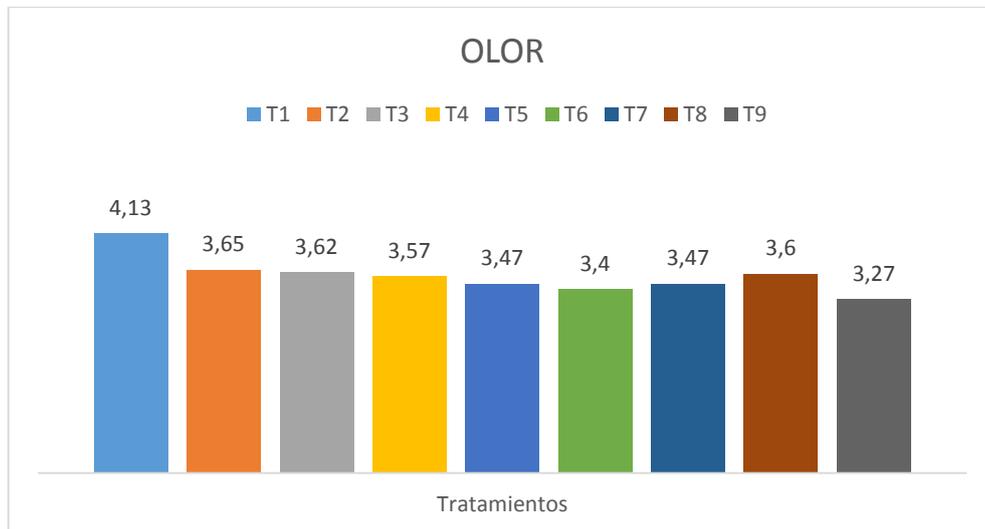
9.4. Tablas de resultados

Gráfico 1: Resultados del color por cada tratamiento.



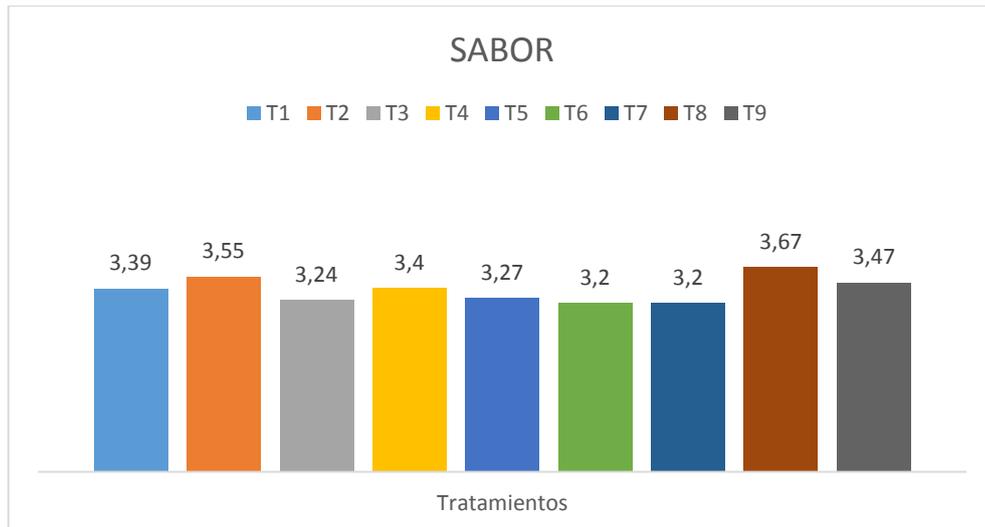
(Paneso, 2024)

Gráfico 2: Resultados del olor por cada tratamiento



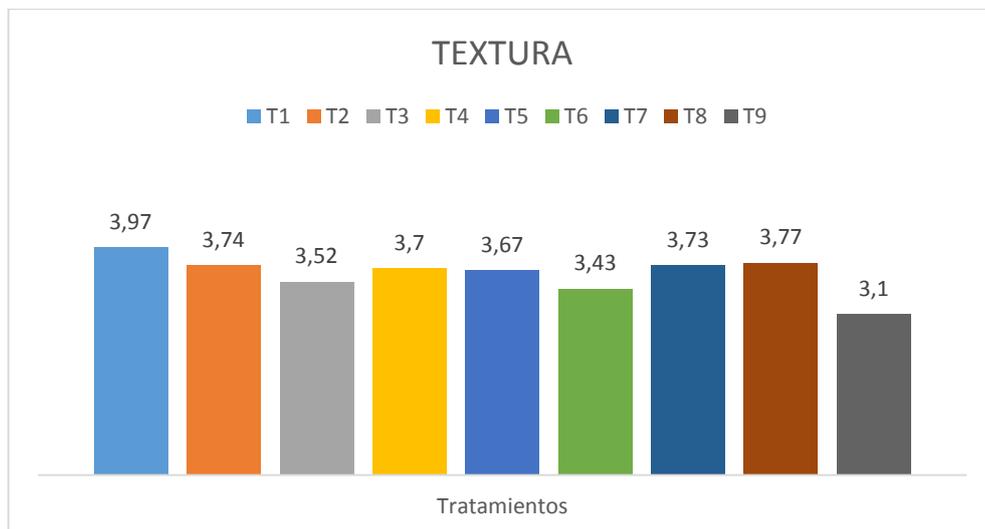
(Paneso, 2024)

Gráfico 3: Resultados del sabor por cada tratamiento.



(Paneso, 2024)

Gráfico 4: Resultados de la textura por cada tratamiento.



(Paneso, 2024)

9.5. Resultados de análisis de laboratorio

Fecha: 25 de septiembre del 2024



INFORME DE RESULTADOS IDR 38396-2024

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	PANESO ZAMBRANO DIANA DAGMAR					
Dirección	Av. García Moreno y Alpes					
Teléfono	0988068749					
Contacto	Srta. Diana Paneso Z.					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Bebida	Cantidad	Aprox. 2 L			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Botella de vidrio estéril	Fecha de recepción	8 de septiembre del 2024			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	27.0	Humedad (%)	74.4			
Fecha de Inicio de Análisis		9 de septiembre del 2024				
Fecha de Finalización del análisis		24 de septiembre del 2024				
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Sustitución parcial y total de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por almidón de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) Para la elaboración de una cerveza tipo lager.	UBA-38396-1	Acidez	AOAC 950.07 (Volumétrico)	0.3	%(m/m)	0.3
		Almidón	AOAC 935.24 (Cuantitativo)	11.2	g/L	-
		Azúcares totales por inversión.	Lane & Eynon (Cuantitativo)	4.8	%	-
		<i>Grado Alcohólico</i>	MMQ-302 AOAC 935.21 (Destilación-Gravimétrico)	5.4	%(v/v)	10,0
		<i>Nitrógeno</i>	MMQ-352 AOAC 920.53 (kjeldahl)	62.1	%	-
		<i>Anaerobios mesófilos</i>	MME M18 (Recuento en Placa)	<10	UFC/ml	10
		<i>Anaerobios termófilos</i>	MME M18 (Recuento en placa)	AUSENCIA	Aus/Pres	Aus/Pres
		<i>Mohos y Levaduras</i>	NTE INEN 1529-10 (Recuento en placa)	<10	UFC/ml	10
Observaciones:						
<ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe. corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente. excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D.: No Detectable; N.E. = No Estimado; N.A. = No aplica; AA = Aminoácidos; P/P = Peso; P/V: Peso Volumen. <10 Ausencia de crecimiento en la menor dilución empleada. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados. 						

Firmado electrónicamente por:

NELSON BOLIVAR MONTOYA

VILLAMAR

Razón: AUTORIZADO Y APROBADO POR
Localización:
Fecha: 2024-08-27T15:31:57.3142-05:00

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1