

Influencia de la malta de quinua y amaranto en la calidad de la cerveza artesanal

Influence of quinoa and amaranth malt on the quality of craft beer

Carmen Llerena Ramírez

Karla Miranda Ramos

Jonathan Espinoza Bazurto

María de los Angeles Chang Ontaneda



Investigación

Tecnología e Innovación



Influencia de la malta de quinua y amaranto en la calidad de la cerveza artesanal

Influence of quinoa and amaranth malt on the quality of craft beer

Carmen Llerena Ramirez¹, Jonathan Espinoza Bazurto², María Chang³, y Karla Miranda Ramos⁴

Como citar: Llerena Ramírez, C., Miranda Ramos, K., Espinoza Bazurto, J., Chang Ontaneda, M. (2024). Influencia de la malta de quinua y amaranto en la calidad de la cerveza artesanal. *Investigación, Tecnología e Innovación*. 16(22), 31-42. DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v16i22.1868>

RESUMEN

Contexto: La producción de cebada malteada en Ecuador es insuficiente para satisfacer la demanda cervecera, lo que lleva a la importación y eleva los costos. Como alternativa, se explora el uso de pseudocereales como la quinua y el amaranto, que ofrecen beneficios nutricionales y sensoriales. **Objetivo:** Este estudio busca optimizar la formulación con estos ingredientes para reducir la dependencia de cereales importados y mejorar la calidad de la cerveza artesanal. **Método:** análisis fisicoquímico de la quinua, amaranto, cebada y cerveza artesanal, análisis microbiológico, análisis sensorial. **Resultados:** La formulación número uno fue la mejor con (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto) y Muestra control (100% cebada), el sabor característico de la cebada y sus características organolépticas son favorables para su consumo respectivo. **Conclusiones:** La cerveza artesanal con sustitución de malta de cebada por quinua y amaranto, tuvo una buena aceptación entre los panelistas, por lo que se demuestra el uso de estos pseudocereales en las proporciones estudiadas.

Palabras clave: Amaranto, Cerveza artesanal, Malta, Propiedades sensoriales, Quinoa.

ABSTRACT

Context: Malted barley production in Ecuador is insufficient to meet beer demand, leading to imports and raising costs. As an alternative, using pseudo-cereals such as quinoa and amaranth, which offer nutritional and sensory benefits, is being explored. **Objective:** This study seeks to optimize the formulation with these ingredients to reduce dependence on imported grains and improve the quality of craft beer. **Method:** physicochemical analysis of quinoa, amaranth, barley, and craft beer, microbiological analysis, and sensory analysis. **Results:** Formulation number one was the best with (75% barley, 10% quinoa, 15% amaranth), 7 (66% barley, 16% quinoa, 18% amaranth), and Control sample (100% barley), the characteristic flavor of barley and its organoleptic characteristics are favorable for its respective consumption. **Conclusions:** Craft beer with the replacement of barley malt with quinoa and amaranth was well accepted among the panelists, which demonstrates the use of these pseudocereals in the proportions studied.

Keywords: Amaranth, Craft beer, Malta, Sensory properties, Quinoa.

Fecha de recepción: Octubre 31, 2024.

Fecha de aceptación: Noviembre 30, 2024.

1. INTRODUCCIÓN

La cerveza normalmente es producida por diferentes variedades de cebadas malteadas, o entre mezclas de cereales ricos en almidón como el arroz, trigo, cebada entre otros (Rani & Bhardwaj, 2021). La cebada dispone de una alta proporción de carbohidratos, almidones y celulosa con un 67%, además contiene 12.8 % de proteínas, el porcentaje restante lo conforman las minerales y vitaminas (Geng et al., 2022).

¹ Ph.D., Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: carmen.llerenar@ug.edu.ec

² Ph.D., Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: karla.mirandara@ug.edu.ec

³ Magister., Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: jonathan.espinozab@ug.edu.ec

⁴ Ing. Quím., Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: maria.chango@ug.edu.ec



La producción de cebada malteada en el Ecuador no satisface la demanda solicitada por el sector cervecero, por lo que se recurre a la importación de esta, provocando un incremento en el coste de producción (AgFlow, 2023). Por lo consiguiente, el sector productivo, está incursionando en el uso de los pseudocereales.

Existen diversos estudios sobre la incorporación de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus cruentus*) en la producción de cerveza despertando el interés por sus propiedades nutricionales únicas y su potencial para mejorar el perfil sensorial de las cervezas sin gluten. La quinua, es un pseudocereal, es reconocida por su contenido de proteínas entre 13,8 % y 21,9 %, aminoácidos esenciales y micronutrientes.

El malteado de la quinua y el amaranto es esencial para su uso en la elaboración de cerveza, ya que permite producir una malta de alta calidad adecuada para este fin, aunque su contenido de ácidos grasos y ésteres puede influir en las propiedades sensoriales de la cerveza (Chawanda et al., 2022; Demeester et al., 2023; Cadenas et al., 2021). Además, sustituir la malta tradicional por amaranto mejora los compuestos de nitrógeno y ácidos grasos en la cerveza, impactando positivamente su perfil de sabor y aroma (Bogdan et al., 2020).

A pesar de estas ventajas, siguen existiendo desafíos en el proceso de malteado del amaranto y quinua, así como encontrar el porcentaje adecuado de la sustitución en la malta de cebada, para lograr una formulación óptima que logre aprovechar la alta calidad nutricional de los pseudocereales, sin afectar la calidad de la cerveza artesanal.

De acuerdo a esta premisa, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar la formulación óptima y demostrar la influencia de la malta de quinua y amaranto, en las propiedades sensoriales de la cerveza artesanal; para disminuir la dependencia a los cereales y contribuir a la diversificación de cultivos de pseudocereales.

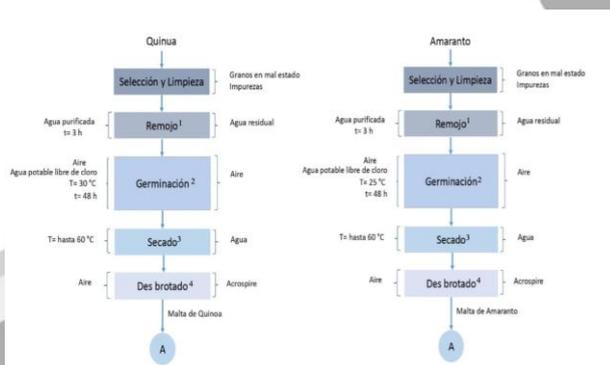
2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales: Malta de Cebada (Origen Argentino marca Cargill), Quinua variedad (INIAP; estación Tunkuhuan), Amaranto Variedad (INIAP; estación Alegría), Levadura (Safale S-04 marca Fermentis, tipo Ale), Lúpulo (Cascade de origen americano), Agua (marca All natural).

Procedimiento de elaboración de maltas de quinua y amaranto

Figura 1. Proceso germinativo para obtención de malta de quinua y amaranto

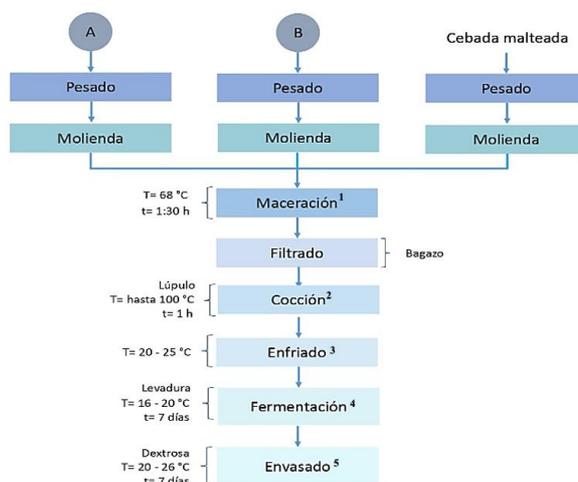


Fuente: ¹Remojo (Rodríguez et al. 2015); ²Germinación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016); ³Secado (Forero et al., 2016) y ⁴Des brotado (Drapala & Hernández, 2018).



Procedimiento para la elaboración de la cerveza artesanal

Figura 2. Elaboración de cerveza artesanal



Fuente:¹ Maceración (Rodríguez et al., 2015); ² Cocción (Gonzales, 2017); ³ Enfriamiento (Rodríguez et al., 2015); ⁴ Fermentación (Tijerino et al., 2023) y ⁵ Envasado (Rodríguez et al., 2015).

Evaluación fisicoquímica de la quinua, amaranto, cebada y de la cerveza artesanal

Tabla 1. Composición química de las materias primas

| MATERIAS PRIMAS | Proteínas (%) | Grasas (%) | Humedad (%) | Cenizas (%) | Carbohidratos Por cálculo |
|-----------------|---------------|------------|--------------|-------------|---------------------------|
| AMARANTO | 16,5 ± 0,6 | 8,1 ± 0,1 | 13,92 ± 0,2 | 2,27 ± 0,01 | 59,21 |
| QUINUA | 15,33 ± 0,5 | 6,93 ± 0,6 | 12,62 ± 0,04 | 3,42 ± 0,02 | 61,70 |
| CEBADA | 9,6 ± 0,4 | 1,8 ± 0,2 | 11,6 ± 0,2 | - | 77,00 |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2022). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de malts de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

De la misma forma, se realizaron análisis de las diferentes formulaciones de cerveza artesanal tales como: densidad, atenuación, contenido alcohólico, acidez total y pH.

Densidad

Se toma la lectura a una temperatura entre 15 a 25 °C al inicio y al final de la fermentación (Gonzales, 2017).

Atenuación

Permite calcular el porcentaje de azúcares totales que se transformaron en alcohol y CO₂. La atenuación se calcula mediante la ecuación 1:

$$\text{Atenuación} = \frac{100 \cdot (DI - DF)}{DI - 1} \quad (1)$$

Donde:

DI = Densidad inicial (Previo a la fermentación)

DF= Densidad final (Tomada al finalizar la fermentación)



Determinación de pH

Muestra de cerveza anteriormente desgasificada, filtrada y a temperatura de 20 a 25° C, los resultados de las mediciones realizadas se efectuaron por triplicado analizando que sus diferencias no excedan las 0,05 unidades de pH.

Determinación de Acidez Total

La determinación de acidez total, se expresa como ácido láctico, se efectuó por medio de la aplicación del método por titulación descrito en la norma (NTE-INEN-2323, 2002), para realizar dicho método se desgasificó previamente las muestras de cervezas, la acidez de la cerveza se neutralizó con solución de hidróxido de sodio 0,1 N, los resultados se expresaron con las ecuaciones 2 y 3:

$$\text{Acidez total} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de NaOH } 0,1 \text{ N } \times 10}{\text{cm}^3 \text{ cerveza } \times \text{ gravedad específica de la cerveza}} \quad (2)$$

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de NaOH } 0,1 \text{ N } \times 10}{\text{cm}^3 \text{ cerveza } \times \text{ gravedad específica de la cerveza}} \times 0,09 \quad (3)$$

Siendo: 0,09 = cm³ equivalentes de una solución de ácido láctico 1,0 N

Determinación de Grado Alcohólico

Para determinar el contenido alcohólico se siguió el procedimiento descrito por (Gonzales, 2017), el cual se realiza mediante cálculos matemáticos, con una previa medición de la densidad antes de la fermentación y después de la misma aplicando la ecuación 4:

$$\% \text{ Alcohol} = \frac{1000 \cdot (DI - DF)}{7,4} \quad (4)$$

Donde:

DI = Densidad inicial (Previa a la fermentación primaria)

DF = Densidad final (Posterior a la fermentación primaria)

7,4 = Constante

Determinación de Carbonatación

La determinación del volumen de CO₂ se estableció mediante la norma (NTE-INEN-2324, 2002)

Análisis sensorial de la cerveza

Prueba discriminatoria dúo trío y de ordenamiento

Se utilizó un panel de 12 jueces semientrenados para evaluar cinco formulaciones a través de una prueba dúo-trío, analizando atributos como: apariencia, olor, sabor y sensación en papilas gustativas, según la metodología de Catania & Avagnina (2007) y la tabla para pruebas de evaluación sensorial (Roessler et al., 1948). Además, se aplicó una prueba de ordenamiento con la tabla de Kramer para comparar las formulaciones con una muestra control, siguiendo el método de Hernández (2005), lo que permitió seleccionar las dos mejores formulaciones para la investigación.

Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

Esta prueba de aceptación se realizó de acuerdo con lo descrito por Celis Castaño, 2019; la misma, tiene como objetivo: obtener el perfil organoléptico de la cerveza como el sabor, olor y, para representar el perfil descriptivo se tomó en cuenta el promedio de la evaluación realizada por el panel de jueces, considerando la valoración para cada descriptor, representadas en un diagrama radial utilizando los complementos de Excel. Los datos obtenidos se analizaron mediante una tabla ANOVA con el software estadístico StatGraphics Centurion XVII.



Prueba de escala hedónica

Un panel de 30 jueces catadores de cerveza artesanal evaluó la aceptabilidad del producto en términos de apariencia, olor, sabor y sensación en papilas gustativas, utilizando una escala no estructurada del 1 al 9 (1: me disgusta extremadamente, 9: me gusta extremadamente). Drake (2007).

Pruebas químicas y microbiológicas de la mejor formulación de cerveza artesanal

La Determinación de Mohos, Levaduras, se aplicó el procedimiento descrito en la norma (NTE-INEN-1529-10, 2013) y aerobios mesófilos de acuerdo a la (NTE-INEN-1529-5, 2006). En cuanto a las determinaciones químicas, se realizaron los análisis descritos en la normativa NTE INEN 2262: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos 2003, para evaluar su cumplimiento, entre ellas tenemos: contenidos alcohólicos NTE INEN 2322, acidez total NTE INEN 2323, pH NTE INEN 2325, contenido de Hierro NTE INEN 2326, contenido de Cobre NTE INEN 2327, contenido de Zinc NTE INEN 2328, contenido de Arsénico NTE INEN 2329, contenido de Plomo NTE INEN 2330.

Diseño experimental

El número de mezclas de la sustitución de maltas se determinó mediante el software Statgraphics Centurion XVII, con el cual, se seleccionó el diseño factorial tipo *Optimal custom*, que estableció un rango máximo de 75%, 50% y 18% y un mínimo de 30%, 0% y 0% de malta de cebada, quinoa y amaranto respetivamente; para sustituir parcialmente la cebada en el producto, por cada componente siendo para la malta de quinoa dichos rangos se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Rangos para cada componente

| Componente | Rango Mínimo | Rango máximo |
|-------------------|--------------|--------------|
| Malta de cebada | 30% | 75% |
| Malta de Quinoa | 0 | 50% |
| Malta de Amaranto | 0 | 18% |

Fuente: (Joaquín Lizárraga, 2018); (Castañeda et al., 2018)

Las diez formulaciones procedentes del diseño factorial, se indican en la tabla 3, con la sustitución de la malta de cebada, quinoa y amaranto dentro de los rangos máximos y mínimos determinados en la tabla 2, las formulaciones obtenidas se utilizarán para analizar el comportamiento en las diferentes sustituciones de los componentes.

Tabla 3. Formulaciones obtenidas mediante el software Statgraphics Centurion XVII

| Formulación | Malta de cebada (%) | Malta de quinoa (%) | Malta de amaranto (%) |
|-------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 75 | 10 | 15 |
| 2 | 45 | 50 | 5 |
| 3 | 55 | 27 | 18 |
| 4 | 53 | 42 | 5 |
| 5 | 70 | 25 | 5 |
| 6 | 65 | 30 | 5 |
| 7 | 66 | 16 | 18 |
| 8 | 34 | 50 | 16 |



| | | | |
|----|----|----|----|
| 9 | 44 | 39 | 17 |
| 10 | 63 | 24 | 13 |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2022). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de las materias primas

En la Tabla 1. La quinua y el amaranto tienen un alto contenido de proteínas, grasas y minerales, destacando así, frente a la cebada y el trigo. La quinua contiene entre un 9,1% y un 15,7% de proteínas, principalmente albúminas y globulinas (Fan et al., 2023; Peñas et al., 2014), mientras que la cebada tiene un 10-12% de proteínas (Pathan et al., 2024). Ambos pseudocereales son ricos en grasas, especialmente insaturadas, y contienen entre un 57% y un 68% de carbohidratos (Vidueiros et al., 2015; Pereira et al., 2019). La quinua retiene entre un 10% y un 14% de humedad, similar a la cebada (Pathan et al., 2024). Finalmente, la quinua y el amaranto presentan mayor contenido de cenizas, reflejando su riqueza mineral (Vidueiros et al., 2015; Pereira et al., 2019).

Evaluación fisicoquímica de las formulaciones de cerveza artesanal

Tabla 4. Parámetros físicoquímicos de las formulaciones de la cerveza artesanal obtenidas

| Muestra | Cebada (%) | Quinua (%) | Amaranto (%) | Densidad inicial (g/cm ³) | Densidad final (g/cm ³) | Atenuación (%) | pH mosto | pH cerveza | Acidez total | Grado alcohólico (°GL) |
|---------|------------|------------|--------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| MC | 100 | 0 | 0 | 1,1 ± 0,0 ^b | 1,0 ± 0,0 ^a | 78,0 ± 1,1 ^d | 5,8 ± 0,1 ^a | 4,8 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^d | 5,0 ± 0,1 ^d |
| 1 | 75 | 10 | 15 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 74,5 ± 1,1 ^{bcd} | 5,8 ± 0,1 ^a | 4,7 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{cd} | 4,4 ± 0,1 ^{cd} |
| 2 | 45 | 50 | 5 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 71,0 ± 1,1 ^{abc} | 5,6 ± 0,1 ^a | 4,5 ± 0,1 ^a | 0,1 ± 0,1 ^{ab} | 3,9 ± 0,1 ^{ab} |
| 3 | 55 | 27 | 18 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 72,6 ± 1,1 ^{abcd} | 5,7 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{abcd} | 4,0 ± 0,1 ^{abcd} |
| 4 | 53 | 42 | 5 | 1,0 ± 0,0 ^a | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 72,8 ± 1,1 ^{abcd} | 5,7 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{ab} | 4,0 ± 0,1 ^{ab} |
| 5 | 70 | 25 | 5 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^a | 76,0 ± 1,1 ^{cd} | 5,8 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^d | 4,4 ± 0,1 ^d |
| 6 | 65 | 30 | 5 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 73,4 ± 1,1 ^{bcd} | 5,7 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{abcd} | 4,1 ± 0,1 ^{abcd} |
| 7 | 66 | 16 | 18 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 73,6 ± 1,1 ^{bcd} | 5,8 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{bcd} | 4,1 ± 0,1 ^{bcd} |
| 8 | 34 | 50 | 16 | 1,0 ± 0,0 ^a | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 69,0 ± 1,1 ^{ab} | 5,6 ± 0,1 ^a | 4,5 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{ab} | 3,8 ± 0,1 ^{ab} |
| 9 | 44 | 39 | 17 | 1,0 ± 0,0 ^{ab} | 1,0 ± 0,0 ^b | 68,5 ± 1,1 ^a | 5,6 ± 0,1 ^a | 4,5 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^a | 3,7 ± 0,1 ^a |
| 10 | 63 | 24 | 13 | 1,0 ± 0,0 ^a | 1,0 ± 0,0 ^a | 74,2 ± 1,1 ^{bcd} | 5,7 ± 0,1 ^a | 4,6 ± 0,1 ^a | 0,2 ± 0,1 ^{abc} | 4,1 ± 0,1 ^{abc} |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

En la Tabla 4, se muestran los resultados obtenidos para cada parámetro descrito a continuación:



Evaluación de Densidad

La densidad inicial y final no tiene un efecto estadísticamente significativo (95% de confianza) entre las mezclas propuestas con respecto al patrón de 100% cebada. Al reemplazar la cebada por quinua y amaranto, se evidenció una disminución en la densidad inicial, ya que la cebada contiene un almidón más alto (67%) en comparación con la quinua (58,1-64,2%) y el amaranto (50-60%). Este almidón se convierte en azúcares fermentables durante la maceración, obteniendo resultados similares a los reportados por Castañeda et al. (2018).

Evaluación de Atenuación

Se observó que, al reemplazar la cebada con quinua y amaranto, la atenuación tiende a disminuir. Según Broderick y Canales (1977), el intervalo de atenuación varía entre el 67% y el 77%, y los datos obtenidos se encuentran dentro de este rango, excepto, en la muestra de control. No obstante, no se detecta una variación significativa respecto al rango ideal. Los altos porcentajes de atenuación logrados se deben a una elevada concentración de azúcares fermentables, como Maltosa, Glucosa y Maltotriosa, presentes en la muestra.

Evaluación de pH del mosto y pH de la cerveza

El análisis de varianza ANOVA indicó que, la atenuación no afecta significativamente el pH entre las mezclas con sustitutos de cebada y la mezcla de control (100% cebada), con un 95% de confianza. Las unidades de pH de todas las mezclas cumplen con el rango normativo de 3,5 a 4,8 (NTE-INEN-2262, 2013). Por otro lado, se observó que, al reemplazar cebada por quinua malteada, el pH disminuye con el aumento de la sustitución; en la formulación 1, el pH de la malta bajó de 5,8 a 4,7. Este descenso se debe a la transformación de aminoácidos y a la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación anaerobia (Cadenas et al., 2021; Bogdan et al., 2020).

Evaluación de Acidez total en la cerveza

La atenuación no tiene un efecto significativo en la acidez total entre las mezclas con cebada y las formulaciones con quinua y amaranto, manteniéndose dentro del límite máximo de 0,3 % m/m (NTE-INEN-2262, 2013). La acidez total disminuye ligeramente con el incremento del reemplazo de cebada, siendo más notable en las formulaciones 2, 3, 8 y 9. Esto concuerda con Dabija et al. (2022), quienes también observaron una reducción en la acidez al reemplazar cebada por amaranto.

Evaluación de Grados Alcohólicos

La atenuación no tiene un efecto significativo sobre los grados alcohólicos entre las mezclas con sustitutos de cebada y la mezcla de control (100% cebada), con un 95% de confianza. Los grados alcohólicos de todas las mezclas cumplen con el rango normativo (1 - 10 % v/v) (NTE-INEN-2262, 2013). Según Rani & Bhardwaj (2021), el reemplazo de cebada disminuye el poder diastático de extracción del malteado, reduciendo la conversión de almidones en azúcares fermentables y, por ende, el grado alcohólico.

Análisis Sensorial Discriminatorio de Ordenamiento

Considerando la muestra patrón para la selección de la mezcla, en la Tabla 6 se presentan los resultados de esta evaluación.

Tabla 5. Resultados según la prueba discriminatoria de ordenamiento

| Formulación | Puntaje | Nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$) dado por Kramer | Fórmula seleccionada |
|-------------|---------|---|----------------------|
| 1 | 20 | Presenta diferencia significativa | 1 |
| 7 | 23 | Presenta diferencia significativa | |
| 10 | 30 | No presenta diferencia significativa | 7 |
| 4 | 48 | Presenta diferencia significativa | |
| 9 | 58 | Presenta diferencia significativa | |



Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto) y 9 (44 % cebada, 39% quinua, 13% amaranto).

Las formulaciones 1, 7, 4 y 9 mostraron diferencias considerables respecto a la muestra de referencia al estar fuera del rango de la tabla de Kramer, roess mientras que la formulación 10 no presentó diferencias notables. Basándose en el nivel de ordenamiento, las fórmulas 1 y 7, con puntajes más bajos y mayor similitud con la muestra de control, fueron seleccionadas como las más destacadas.

Análisis Sensorial Discriminatorio Dúo – Trio

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados según la prueba discriminatoria dúo-trío

| Grupo | Formulación | Puntuación | Nivel de significancia dado por Roessler, Warren, & Guymon | Fórmula seleccionada |
|-------|-------------|------------|--|----------------------|
| A | 1 | 8 | - | 1 |
| | 5 | 4 | | |
| B | 6 | 5 | - | 7 |
| | 7 | 7 | | |
| C | 3 | 2 | 5% | 10 |
| | 10 | 10 | | |
| D | 2 | 2 | 5% | 4 |
| | 4 | 10 | | |
| E | 8 | 1 | 1 % | 9 |
| | 9 | 11 | | |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 5 (70 % cebada, 25% quinua, 5% amaranto), 6 (65 % cebada, 30% quinua, 5% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto), 3 (55 % cebada, 27% quinua, 18% amaranto), 10 (63 % cebada, 24% quinua, 13% amaranto), 2 (45 % cebada, 50% quinua, 5% amaranto), 4 (53 % cebada, 42% quinua, 5% amaranto), 8 (34 % cebada, 50% quinua, 16% amaranto) y 9 (44 % cebada, 39% quinua, 13% amaranto).

En el grupo A, se seleccionó la formulación 1 por votación, al no presentar diferencias significativas con la formulación 5. En el grupo B, se eligió la formulación 7 por su similitud con la formulación 6. En el grupo C, se optó por la formulación 10, que mostró un nivel de significancia del 5%, mientras que en el grupo D se eligió la formulación 4. Finalmente, en el grupo E, se escogió la formulación 9 con un nivel de significancia del 1% (Roessler et al., 1948).



Análisis Sensorial con escala hedónica

En la Tabla 7 se presenta el nivel de aceptabilidad calculado mediante la media de la puntuación para cada formulación, considerando como referencia a la muestra de control (100% malta de cebada).

Tabla 7. Evaluación según la prueba de escala piloto.

| Fórmula | Atributo | Puntaje | | | Resultado | Aceptabilidad |
|--------------------|---------------------------------|-----------|----------|-------|------------------------|---------------------------------|
| | | \bar{x} | σ | CV | | |
| Muestra de control | Apariencia | 7,700 | 0,466 | 0,061 | Me gusta moderadamente | 7,7 Me gusta moderadamente |
| | Olor | 7,700 | 0,466 | 0,061 | Me gusta moderadamente | |
| | Sabor | 7,800 | 0,407 | 0,052 | Me gusta moderadamente | |
| | Sensación en papilas gustativas | 7,600 | 0,814 | 0,107 | Me gusta moderadamente | |
| | Apariencia | 7,467 | 0,629 | 0,084 | Me gusta moderadamente | |
| 1 | Olor | 7,300 | 0,702 | 0,096 | Me gusta moderadamente | 7,525 Me gusta moderadamente |
| | Sabor | 7,633 | 0,615 | 0,081 | Me gusta moderadamente | |
| | Sensación en papilas gustativas | 7,700 | 0,535 | 0,069 | Me gusta moderadamente | |
| | Apariencia | 6,667 | 0,884 | 0,133 | Me gusta levemente | |
| 7 | Olor | 6,767 | 0,774 | 0,114 | Me gusta levemente | 6,817 Me gusta levemente |
| | Sabor | 6,900 | 0,712 | 0,103 | Me gusta levemente | |
| | Sensación en papilas gustativas | 6,933 | 0,691 | 0,100 | Me gusta levemente | |
| | Apariencia | 6,667 | 0,884 | 0,133 | Me gusta levemente | |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Formulaciones: 1 (75 % cebada, 10% quinua, 15% amaranto), 7 (66 % cebada, 16% quinua, 18% amaranto) y Muestra control (100% cebada).

La formulación 1 tuvo mejor aceptabilidad que la formulación 7. Según (Gonzales, 2017), el sabor característico de la cebada y sus características organolépticas son favorables para su consumo respectivo.

Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la Cerveza Artesanal con mayor aceptación.

Los factores evaluados, como el pH, el nivel de alcohol, los niveles de CO₂, la acidez total y el contenido mineral (Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico y Plomo), se encuentran en los límites establecidos por la legislación ecuatoriana actual para la cerveza. Estos hallazgos estuvieron en consonancia con los obtenidos por (Cadenas et al., 2021) en la creación de una cerveza con amaranto y con los que se determinaron por (Castañeda et al., 2018) en la producción de la cerveza Ale hecha con cebada y quinua. En ambas, los análisis logrados también cumplieron satisfactoriamente con lo establecido por la normativa (NTE-INEN-2262, 2013), según los resultados mostrados en la Tabla 8.



Tabla 8. Resultados fisicoquímicos de la cerveza seleccionada

| Parámetro | Unidad | Resultado | NTE INEN 2262 | |
|------------------------------|----------------------|-----------|---------------|--------|
| | | | Mínimo | Máximo |
| pH | - | 4,7 | 3,5 | 4,8 |
| Grado alcohólico | %(v/v) | 4,5 | 1,0 | 10,0 |
| Volúmenes de CO ₂ | Vol. CO ₂ | 2,21 | 2,2 | 3,5 |
| Acidez total | %(m/m) | 0,19 | - | 0,3 |
| Hierro | mg/dm ³ | 0,19 | - | 0,2 |
| Cobre | mg/dm ³ | 0,08 | - | 1,0 |
| Zinc | mg/dm ³ | 0,08 | - | 1,0 |
| Arsénico | mg/dm ³ | <0,01 | - | 0,1 |
| Plomo | mg/dm ³ | <0,01 | - | 0,1 |
| Proteína factor 6,25 | | 0,47 | | |
| Fibra dietética | | 0,1 | | |
| Anaerobios mesófilos | ufc/cm ³ | <10 | - | 10,0 |
| Mohos y levaduras | up/cm ³ | <10 | - | 10,0 |

Fuente: Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

4. CONCLUSIONES

Al evaluar parámetros como densidad, atenuación, pH, acidez total y grado de alcohol en las mezclas sugeridas, se observó que la densidad disminuye con el incremento del porcentaje de sustitución, y el porcentaje de atenuación se mantiene entre el 66 y 77 %. El pH disminuye debido a la formación de ácidos orgánicos, mientras que la acidez total y el nivel de alcohol cumplen con la normativa ecuatoriana vigente (NTE-INEN-2262, 2013). La sustitución de cebada por quinua y amaranto reduce el grado alcohólico y la espuma, pero, incrementa la retención de esta última. Las mezclas 1 y 7, con menor sustitución de cebada, fueron las más aceptadas en comparación con la cerveza 100% malta. La fórmula 1 se destacó en aspecto, aroma, sabor y sensación en papilas gustativas, con un cambio en el color de Cobre a dorado y un aumento en la turbidez a medida que se incrementa el reemplazo.

5. AGRADECIMIENTOS

Se confiere el agradecimiento a los Ingenieros químicos Bryan Chamba Valarezo y Ana Ochoa Procel que aportaron con los conocimientos y desarrollo de los datos utilizados en la presente investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgFlow. (2023, enero 30). *Ecuador: Brewery Project Boosts Barley Growing - AgFlow*. Recuperado de <https://www.agflow.com/agricultural-markets-news/ecuador-brewery-project-boosts-barley-growing/>
- Bogdan, P., Kordialik-Bogacka, E., Czyżowska, A., Oracz, J., & Żyzelewicz, D. (2020). The Profiles of Low Molecular Nitrogen Compounds and Fatty Acids in Wort and Beer Obtained with the Addition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) or Maltose Syrup. *Foods*, 9(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/foods9111626>



- Broderick, H. M., & Canales, A. M. (1977). *El Cerveceros en la práctica: Un manual para la industria cervecera* (2a ed). Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas.
- Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., & Blanco, C. A. (2021). Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. *Foods*, *10*(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods10081726>
- Castañeda, R., Andrade-Cuvi, M. J., Argüello, Y., & Vernaza, M. G. (2018). Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada. *Enfoque UTE*, *9*(2), 15-26.
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). *Curso Superior de Degustación de Vinos*. Recuperado de https://www.academia.edu/17630206/29_El_analisis_sensorial
- Cela, N., Galgano, F., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Condelli, N. (2022). Assessment of brewing attitude of unmalted cereals and pseudocereals for gluten free beer production. *Food Chemistry*, *384*, 132621. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132621>
- Celis Castaño, I. A. (2019). *Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico: Cerveza artesanal)*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76961>
- Chamba, B., Ochoa, A. (2021). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a partir de la mezcla de maltas de cebada, quinua y amaranto (Tesis inédita de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Chawanda, E. T., Manhokwe, S., Jombo, T. Z., Mugadza, D. T., Njini, M., & Manjeru, P. (2022). Optimisation of Malting Parameters for Quinoa and Barley: Application of Response Surface Methodology. *Journal of Food Quality*, *2022*(1), 5279177. <https://doi.org/10.1155/2022/5279177>
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2022). Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants*, *11*(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/plants11060756>
- Demeester, A., Laureys, D., Baillière, J., Huys, J., Vermeir, P., De Leyn, I., Vanderputten, D., & De Clippeleer, J. (2023). Comparison of Congress Mash with Final 65 °C Mash for Wort Production with Unmalted Barley, Triticum, and Quinoa, with or without Pregelatinization and/or Enzyme Addition. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *81*(1), 66-75. <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1989571>
- Drake, M. A. (2007). Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. *Journal of Dairy Science*, *90*(11), 4925-4937. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>
- Drapala, A. C., & Hernández, D. A. (2018). *Elaboración de cerveza de maíz* [Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria]. Recuperado de <https://bdigital.uncu.edu.ar/>
- Fan, X., Ma, X., Maimaitiyiming, R., Aihaiti, A., Yang, J., Li, X., Wang, X., Pang, G., Liu, X., Qiu, C., Abra, R., & Wang, L. (2023). Study on the preparation process of quinoa anti-hypertensive peptide and its stability. *Frontiers in Nutrition*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1119042>
- Forero, N. C., Salgado, Y. N., Moncayo, D. C., & Cote, S. P. (2016). Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y mango (*Mangifera indica*). *Agroindustrial Science*, *6*(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.09>



- Geng, L., Li, M., Zhang, G., & Ye, L. (2022). Barley: A potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*, 6, fyac012. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
- Gonzales, M. (2017). *Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales*. Recuperado de https://www.google.com.ec/books/edition/Principios_de_Elaboraci_n_de_las_Cerveza/0COaDgAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=Principios+de+Elaboraci%C3%B3n+de+las+Cervezas+Artesanales:+Pr%C3%A1ctico+libro+de+consulta+para+aficionados+y+expertos&printsec=frontcover
- Hernández, E. (2005). *Curso Tecnología de Cereales y Oleaginosas Evaluación Sensorial*. Universidad Nacional de Bogotá. Recuperado de <https://feji.us/qi4qbx>
- Joaquín Lizárraga, J. E. (2018). Efecto de la sustitución de la cebada (*Hordeum Vulgare*) por amaranto (*Amaranthus Caudatus* L.) en el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y en las características sensoriales en una cerveza tipo Ale. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31547>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Guía de cultivo de la quinua* (1-1). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/76594aca-c6a8-45e0-97db-39905cd72575/content>
- Pathan, S., Ndunguru, G., & Ayele, A. G. (2024). Comparison of the Nutritional Composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Inflorescences, Green Leaves, and Grains. *Crops*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/crops4010006>
- Peñas, E., Uberti, F., di Lorenzo, C., Ballabio, C., Brandolini, A., & Restani, P. (2014). Biochemical and Immunochemical Evidences Supporting the Inclusion of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a Gluten-free Ingredient. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(4), 297-303. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0449-2>
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Rani, H., & Bhardwaj, R. D. (2021). Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. *Journal of Food Science*, 86(8), 3322-3340. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15858>
- Rodríguez, L., Gallardo Aguilar, I., Nieblas Morfa, C., & Ortiz Fernández, W. (2015). Evaluación de dos variedades de sorgo para la obtención de almidón. *Centro Azúcar*, 42(1), 88-95.
- Roessler, E. B., Warren, J., & Guymon, J. F. (1948). Significance in Triangular Taste Tests. *Journal of Food Science*, 13(6), 503-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1948.tb16650.x>
- Salazar Tijerino, M. B., San Martín-González, M. F., Velasquez Domingo, J. A., & Huang, J.-Y. (2023). Life Cycle Assessment of Craft Beer Brewing at Different Scales on a Unit Operation Basis. *Sustainability*, 15(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/su151411416>
- Vidueiros, S. M., Curti, R. N., Dyner, L. M., Binaghi, M. J., Peterson, G., Bertero, H. D., & Pallaro, A. N. (2015). Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. *Journal of Cereal Science*, 62, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.01.001>

