



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**“Evaluación de las características tecnológicas de trigos y cebadas cultivados
en Cañar para la elaboración de bebidas no alcohólicas derivadas de la malta”**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Autora:

María Claudia Villacís Sánchez

Director:

Dr. Diego Patricio Suárez Estrella

CUENCA, ECUADOR

2024

Dedicatoria

A mis padres y hermana por su ayuda, compañía y apoyo incondicional, gracias por siempre tener las palabras correctas y levantarme el ánimo en todo momento.

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a mis padres y hermana por brindarme su apoyo durante esta etapa de formación académica y por acompañarme en este proceso. Son mi fuerza y mi motivación cada día.

A mis amigas Cisne, Paz y Sol por ser parte de mi vida, gracias por su ayuda y compañía en este proceso y por hacerme reír incluso en los momentos más difíciles.

Finalmente quiero agradecer al Dr. Diego Suárez Estrella, director de tesis quien compartió sus conocimientos y brindó su apoyo para poder culminar con éxito esta investigación.

Resumen

Durante los últimos años, ha aumentado significativamente la producción y consumo de cerveza artesanal en Ecuador. La mayor parte de maltas utilizadas son importadas y hay un consumo limitado de bebidas no alcohólicas a partir de maltas. El objetivo de esta investigación fue utilizar cebadas y trigos cultivados en Cañar para la elaboración de bebidas no alcohólicas a base de malta mediante la aplicación de modelos experimentales. Se utilizó cebada (*Hordeum vulgare* var. Local pelada cañareja) y trigo (*Triticum spp.* var. Óregon). Para la elaboración de las bebidas se aplicó un diseño experimental factorial fraccionado 2^{k-1} con tres réplicas en el punto central y se analizaron cuatro variables. Las bebidas fueron sometidas a análisis físico-químicos (sólidos solubles, densidad, extracto total, análisis colorimétrico) y análisis sensorial. Las bebidas optimizadas se obtuvieron utilizando los siguientes parámetros de proceso: malta de cebada, 32.07 minutos de tostado a 68°C, 6.1% azúcar, 2.52% saborizante; malta de trigo, tostado por 123.08 min a 70°C, 5.52% azúcar, 2.55% saborizante.

Palabras clave: Cebada, trigo, germinación, maceración, bebida a base de malta.

Abstract

In recent years, the production and consumption of craft beer in Ecuador have increased significantly. Most of the malts used are imported, and there is limited consumption of non-alcoholic malt-based beverages. The objective of this research was to use barley and wheat grown in Cañar to produce non-alcoholic malt-based beverages through the application of experimental models. Barley (*Hordeum vulgare* var. Local pelada cañareja) and wheat (*Triticum spp.* var. Óregon) were used. A fractional factorial experimental design 2^{k-1} with three central point replicates was applied to produce the beverages, and four variables were analyzed. The beverages underwent physicochemical analysis (soluble solids, density, total extract, colorimetric analysis) and sensory analysis. The optimized beverages were obtained using the following process parameters: barley malt, 32.07 minutes of roasting at 68°C, 6.1% sugar, 2.52% flavoring; wheat malt, roasted for 123.08 minutes at 70°C, 5.52% sugar, 2.55% flavoring.

Keywords: Barley, wheat, germination, maceration, malt-base beverage.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	1
Cebada.....	1
1.1 El grano de cebada	2
1.1.1 Estructura y composición química	3
1.1.1.1 Carbohidratos.....	4
1.1.1.2 Dureza del endospermo.....	4
1.2 Cebada en Ecuador.....	5
Trigo.....	5
1.3 El grano de Trigo.....	6
1.3.1 Estructura y composición química	6
1.3.1.1 Pericarpio	7
1.3.1.2 Endospermo	8
1.3.1.3 Germen.....	8
1.3.1.4 Carbohidratos.....	8
1.3.1.5 Almidón	9
1.4 Trigo en Ecuador.....	9
Proceso de Malteado	9
Elaboración de una bebida analcólica a base de malta	11
CAPÍTULO II.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 Materiales	12
2.2 Métodos.....	12
2.2.1 Limpieza y clasificación de las semillas de cebada y trigo	12
2.2.2 Desinfección de las semillas de cebada y trigo	13
2.2.3 Germinación de las semillas de cebada y trigo.....	13

2.2.3.1	Equipo para germinación de las semillas de cebada y trigo	13
2.2.3.2	Proceso de germinación de las semillas de cebada y trigo	13
2.2.3.3	Secado de las semillas de cebada y trigo	14
2.2.4	Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a partir de las maltas de cebada y trigo	15
2.2.5	Tostado de las semillas de cebada y trigo.....	16
2.2.6	Elaboración de las bebidas a base de malta	16
2.2.7	Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta.....	19
2.2.7.1	Medición de solidos solubles (s.s.)	19
2.2.7.2	Densidad	19
2.2.7.3	Extracto total.....	20
2.2.7.4	Colorimetría.....	20
2.2.8	Análisis sensorial de las bebidas a base de malta.....	21
2.2.9	Análisis estadístico	21
CAPÍTULO III.....		23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		23
3.1	Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta	23
3.1.1	Colorimetría.....	25
3.2	Análisis sensorial de las bebidas a base de malta.....	27
3.3	Análisis estadístico.....	31
3.4	Bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas.....	35
3.4.1	Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta optimizadas	36
3.4.1.1	Colorimetría.....	37
3.4.2	Análisis sensorial de las bebidas a base de malta optimizadas.....	38
3.4.3	Análisis estadístico	38
CONCLUSIONES		41
REFERENCIAS.....		42
ANEXOS		46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Área cosechada a nivel mundial de cereales en el año 2021	1
Tabla 1.2 Clasificación taxonómica de la cebada	2
Tabla 1.3 Composición proximal del grano de cebada	4
Tabla 1.4 Clasificación taxonómica del trigo	6
Tabla 1.5 Distribución de los nutrientes del grano en sus partes constitutivas.....	8
Tabla 1.6 Condiciones de malteado de cebada y trigo.....	10
Tabla 2.1 Matriz de diseño factorial fraccionado 2^{4-1} con tres réplicas al punto central	15
Tabla 2.2 Condiciones del diseño experimental factorial para la optimización de las bebidas a base de malta de cebada y de trigo.....	16
Tabla 2.3 Ponderación de los atributos para la optimización de las bebidas a base de maltas de trigo y cebada.....	22
Tabla 3.1 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de cebada....	23
Tabla 3.2 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de trigo	24
Tabla 3.3 Resultados de la colorimetría de las bebidas a base de malta de cebada.....	25
Tabla 3.4 Resultados de la colorimetría de las bebidas a base de malta de trigo	26
Tabla 3.5 Matriz de medianas calculadas a partir de la evaluación sensorial de las bebidas a base de malta de cebada	28
Tabla 3.6 Matriz de medianas calculadas a partir de la evaluación sensorial de las bebidas a base de malta de trigo.....	29
Tabla 3.7 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada.....	30
Tabla 3.8 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de trigo	31

Tabla 3.9 Función deseabilidad del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada	32
Tabla 3.10 Nivel de significancia al 95% de las variables analizadas para la malta de amaranto y sus interacciones	33
Tabla 3.11 Función deseabilidad del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de trigo.	33
Tabla 3.12 Nivel de significancia al 90%	34
Tabla 3.13 Condiciones de los nuevos puntos para la elaboración de las bebidas a base de malta de cebada (Opt C) y de trigo (Opt T).....	35
Tabla 3.14 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de cebada optimizada.....	36
Tabla 3.15 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de trigo optimizada.....	36
Tabla 3.16 Resultados del análisis colorimétrico de la bebida a base de malta de cebada optimizada respecto a la muestra C5	37
Tabla 3.17 Resultados del análisis colorimétrico de la bebida a base de malta de trigo optimizada respecto a la muestra T8	37
Tabla 3.18 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas	38
Tabla 3.19 Función deseabilidad del análisis sensorial de la bebida a base de malta de cebada optimizada respecto a la muestra C5	39
Tabla 3.20 Función deseabilidad del análisis sensorial de la bebida a base de malta de trigo optimizada respecto a la muestra T8.....	40

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1 Equipo de germinación de las semillas de cebada y trigo.....	13
Imagen 2.2 Semillas de cebada colocadas dentro del germinador.....	14
Imagen 2.3 Semillas de cebada germinadas colocadas sobre las mallas del deshidratador.....	15
Imagen 2.4 Molino Mighty Mill de 2 rodillos	17
Imagen 2.5 Macerado de malta de cebada	17
Imagen 2.6 Prueba de Lugol para almidones	18
Imagen 2.7 Regulación de pH.....	18
Imagen 2.8 Refractómetro digital	19
Imagen 2.9 Análisis colorimétrico	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama del corte longitudinal de un grano de cebada	3
Figura 1.2 Diagrama del corte longitudinal de un grano de trigo con sus principales capas.	7
Figura 3.1 Diagrama de Pareto de la deseabilidad de bebidas a base de malta de cebada	39
Figura 3.2 Diagrama de Pareto de la deseabilidad de bebidas a base de malta de trigo.....	40

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

Cebada

La cebada pertenece al género *Hordeum* de la familia de las gramíneas o poáceas. El género *Hordeum* cuenta con 32 especies, incluyendo la *Hordeum vulgare* L., a la que generalmente se conoce como cebada, en la actualidad, aunque existen otras especies de cebadas más rústicas. (Ponce Molina et al., 2020). La cebada es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial, después del trigo, maíz y arroz (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Área cosechada a nivel mundial de cereales en el año 2021

Cultivo	ha (millones)
Trigo	202 759 739
Maíz	205 870 016
Arroz	165 250 620
Cebada	48 941 020

Fuente: FAOSTAT (2023)

Existen variedades de cebada diploides, tetraploides y hexaploides, que son aquellas que contienen dos, cuatro o seis pares de cromosomas, respectivamente. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha desarrollado variedades mejoradas de cebadas malteras y para otros usos, siendo las más aceptadas: INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Pacha 2003, debido a su resistencia contra roya amarilla y roya de la hoja (plagas micóticas causadas por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* y *Puccinia triticina* Eriksson, respectivamente) y por su alto rendimiento (Falconí-Castillo et al., 2010). La taxonomía de la cebada se presenta en la tabla 1.2.

La cebada es cultivada principalmente para pienso (alimento destinado a los animales) y malteado, que se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. La cebada se usa en menor proporción para siembra y alimentación humana, ya sea de forma directa o luego de

haber sido sometida a diversos procesos tecnológicos (arroz de cebada, máchica u otros productos procesados). Las cebadas con alto contenido de almidón y bajo contenido proteico, son preferidas para elaboración de maltas, por razones tecnológicas, mientras que las variedades con alto valor proteico se destinan para otros productos (Ponce Molina et al., 2020).

Tabla 1.2 Clasificación taxonómica de la cebada

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Hordeum
Especie	vulgare L.
Nombre científico	Hordeum vulgare L.

Fuente: Ponce Molina et al. (2020)

Durante los últimos años, la elaboración y consumo de cervezas artesanales ha tomado gran relevancia en Ecuador, razón por la cual se ha comenzado a cultivar variedades de cebada con características malteras, con mayor frecuencia (Ponce Molina et al., 2020).

1.1 El grano de cebada

Es una cariósida con forma ovoide, acanalada al centro y con extremos redondeados, que puede estar cubierta por la pálea y la lemma (capas exteriores adheridas al grano) o encontrarse desnudo. El color del grano puede variar entre blanco, amarillo, azul o negro (Ponce Molina et al., 2020).

1.1.1 Estructura y composición química

El grano de cebada entero está compuesto aproximadamente por 65-68% de almidón, 10-17% de proteína, 4-9% de β - glucanos, 2-3% de grasas y 1.5-2.5% de minerales (Baik & Ullrich, 2008).

Está conformado por diversas capas y tejidos. Las capas externas de la cariósida son el pericarpio, la testa y la aleurona; mientras que las capas internas son el endospermo amiláceo y el germen o embrión (MacGregor, 2003). En la Figura 1.1 se muestra la estructura interna del grano de cebada y sus principales capas.

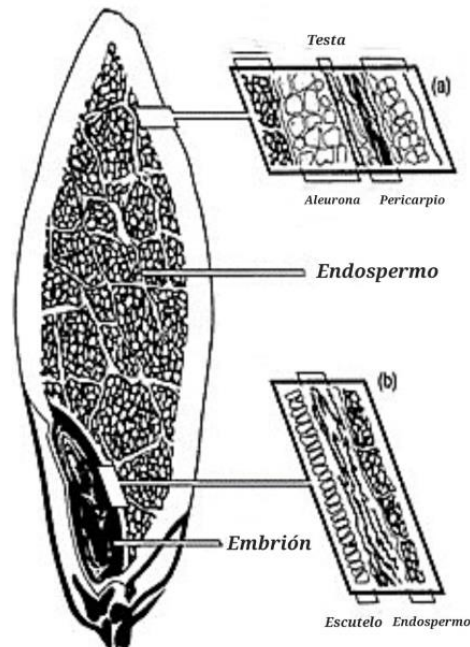


Figura 1.1 Diagrama del corte longitudinal de un grano de cebada

(a) Capas externas. (b) Zona de unión entre el germen y el endospermo

Fuente: Adaptado de MacGregor (2003)

En ocasiones, el grano es sometido a un proceso de perlado, que consiste en la remoción de las capas exteriores, ricas en fibra insoluble, proteína, grasas y minerales, disminuyendo su contenido, a la vez que aumenta la concentración de almidones y β - glucanos (fibra soluble

compuesta por carbohidratos no amiláceos, localizados en las paredes de las células del endospermo y en la aleurona) (Baik & Ullrich, 2008).

Tabla 1.3 Composición proximal del grano de cebada

	CONSTITUYENTES (%)				
	Almidón	Proteína	Fibra	Lípidos	Cenizas
Entera	60-64 ⁽²⁾	13.20 ⁽¹⁾	5.10 ⁽¹⁾	2.10 ⁽¹⁾	2.80 ⁽¹⁾
Perlada	56-65 ⁽³⁾	9.40 ⁽¹⁾	0.4 ⁽¹⁾	0.90 ⁽¹⁾	1.00 ⁽¹⁾

Fuente: 1.- Carrión Calderón y Rojas (2019), 2.- (MacGregor,2003), 3.- (Li et al., 2001)

1.1.1.1 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen aproximadamente el 60% del peso de la materia seca del grano de cebada. El carbohidrato de mayor importancia es el almidón que se ubica en el endospermo amiláceo y es el componente mayoritario del grano de cebada. Los monosacáridos presentes en la cebada en forma libre o combinada con otros compuestos son: arabinosa, xilosa, fructosa, ribosa, desoxirribosa, galactosa, manosa, glucosa y fructosa, encontrándose los dos últimos de forma libre y combinada. Los otros monosacáridos se encuentran combinados principalmente en oligosacáridos, polisacáridos, glucósidos, glicolípidos y glicoproteínas, además de que algunos polisacáridos se encuentran ligados a compuestos fenólicos, ácidos y a la lignina (Baik & Ullrich, 2008).

1.1.1.2 Dureza del endospermo

La dureza del endospermo está relacionada con la harinosidad de los granos, es un parámetro de calidad comercial y tecnológico del grano debido a que, un grano con endospermo harinoso es más suave para la molienda por lo que se suele usar para la obtención de harina, mientras que un grano con endospermo vítreo requiere de mayor energía de molienda y por lo que es preferido para obtener la sémola. Puede variar dependiendo de factores genéticos y por el

manejo del cultivo. De acuerdo con este parámetro los granos de cebada se clasifican como: harinosos (<1/4 de endospermo vítreo), semivítreo (>1/4 de endospermo vítreo) y vítreo (> 3/4 del endospermo es vítreo y duro) (Ponce Molina et al., 2020).

1.2 Cebada en Ecuador

En el año 2021, el área cultivada de cebada a nivel nacional fue de 9 707 hectáreas con una producción de 14 680.86 toneladas de este grano (FAOSTAT). La cantidad de cebada cultivada en Ecuador no satisface la cantidad requerida según la demanda del país, por lo cual es necesario importarla. Según las estadísticas del INEC-ESPAC, Ecuador importó más de 66 mil toneladas de cebada en el año 2018 (Ponce Molina et al., 2020). En Ecuador es necesario incentivar la siembra de cereales como cebada, arroz y trigo, para superar la necesidad de importación. Cervecería Nacional en conjunto con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Agrocalidad del Ministerio de Agricultura investigaron y evaluaron 144 variedades de cebada con potencial para el malteo y reportaron la obtención de una primera cosecha de cebada maltera (variedad voyager) en el Ecuador en 2022 (Forbes Ecuador, 2022).

Trigo

El trigo (*Triticum spp.*) pertenece a la familia de las *gramíneas o poáceas*; pero al género *Triticum*. Es el segundo cereal más cultivado a nivel mundial (FAO, 2018) debido a su amplia capacidad de adaptación tecnológica y por ser un cereal básico, presente en la dieta diaria de muchas poblaciones alrededor del mundo. El trigo se puede consumir directamente o a través de los derivados de su harina, malta, salvado, sémola u otros; en forma de pan, pasta, galletas, productos de repostería, etc. De todas formas, las características de cada variedad y cultivo de trigo van a determinar su idoneidad de uso.

La taxonomía del trigo se presenta en la tabla 1.4

Tabla 1.4 Clasificación taxonómica del trigo

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	-
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Triticum
Especie	spp.
Nombre científico	Triticum spp.

Fuente: Montenegro Mongtenegro, (2012)

1.3 El grano de Trigo

El grano de trigo posee una forma ovoide y redondeada en los extremos, con un surco a lo largo de la parte ventral o anterior de la semilla, en el cual se pueden alojar microorganismos y polvo (Seghezzo & Molfese, 2006) que dificultan las operaciones de molienda.

1.3.1 Estructura y composición química

El grano es una carióspside recubierta, cuyas capas externas pueden ser eliminadas durante el proceso de cosecha o molienda. Está conformado por pericarpio (con subcapas, como la testa y la aleurona), endospermo y embrión o germen (Seghezzo & Molfese, 2006). En la Figura 1.2 se muestra la estructura del grano de trigo y sus principales capas en un corte longitudinal.

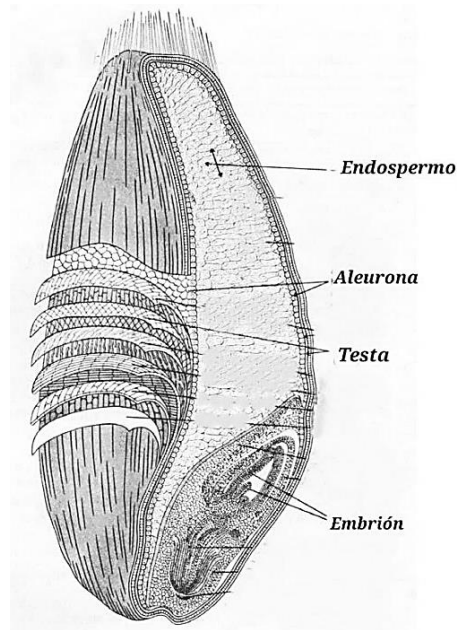


Figura 1.2 Diagrama del corte longitudinal de un grano de trigo con sus principales capas.

Adaptado de: Johnson (2005)

1.3.1.1 Pericarpio

Es la capa protectora contra plagas y suciedad que recubre la semilla, está conformada por subcapas como, la testa y la aleurona. Posee un alto contenido de celulosa que actúa como fibra en el organismo del ser humano; además, aporta una gran cantidad de minerales, está constituida por células de pared delgada, células intermedias, tubulares y cruzadas.

1.3.1.1.1 Testa

Es una capa pigmentada que da color al trigo, debido a su contenido de carotenoides que poseen función antioxidante (Roncallo et al., 2017). Está conformada por varias subcapas que envuelven la semilla. Usualmente son eliminadas durante el proceso de molienda.

1.3.1.1.2 Aleurona

Es una capa con el espesor de una célula. Al igual que la testa, la capa de aleurona rodea completamente a la semilla. Es rica en proteínas glutínicas, grasas y cenizas. Está constituida por células periféricas, prismáticas y centrales.

La capa de aleurona suele ser eliminada durante el proceso de molienda junto con la testa y el pericarpio, constituyendo el salvado de trigo. Este proceso se realiza durante las primeras etapas de elaboración de la harina refinada (Seghezzo & Molfese, 2006).

1.3.1.2 Endospermo

El endospermo amiláceo está conformado principalmente por gránulos de almidón que se encuentran contenidos por una matriz proteica que, a su vez, está recubierta por la aleurona (Baloch, 1999). El endospermo comprende alrededor del 82% del peso del grano y en este se encuentra todo el contenido de almidón (Seghezzo & Molfese, 2006).

1.3.1.3 Germen

El germen o embrión posee un alto contenido de grasas, vitaminas y minerales. Está constituido por el escutelo que es el órgano que suministra alimento al embrión durante la germinación y por el eje embrionario que está conformado por la plántula y la radícula (Seghezzo & Molfese, 2006).

El grano está compuesto por proteínas, lípidos, minerales y carbohidratos. La distribución de cada uno de estos componentes en el grano se presenta en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Distribución de los nutrientes del grano en sus partes constitutivas

	Peso %	CONSTITUYENTES (%)				
		Almidón	Proteína	Fibra	Lípidos	Cenizas
Pericarpio	15	0	20	93	67	67
Endospermo	82	100	72	4	23	23
Embrión	3	0	8	3	10	10

Fuente: Seghezzo & Molfese, (2006)

1.3.1.4 Carbohidratos

De acuerdo con Faltermaier et al. (2014), los carbohidratos constituyen alrededor del 80% del peso de la materia seca del grano de trigo. Parte de los carbohidratos están en forma de

polisacáridos como el almidón, el cuál es el de mayor abundancia en el grano, también se encuentran en menor cantidad fibras dietéticas como celulosa, hemicelulosa y otros compuestos como mono, di, tri y poli oligosacáridos.

1.3.1.5 Almidón

Es el carbohidrato predominante en el trigo y se ubica únicamente en el endospermo amiláceo en forma de gránulos de distintos tamaños y forma. Los gránulos grandes miden 10-40 μm y tienen forma de disco, mientras que los gránulos pequeños tienen un diámetro de 2-8 μm y su forma tiende a ser esférica (Faltermajer et al., 2014). El contenido de almidón, así como el grado de refinación deseado, definen el rendimiento para la obtención de harina, sémola y los demás componentes. Además, se relaciona con la cantidad de azúcares disponibles fermentables.

1.4 Trigo en Ecuador

Los cultivos de trigo en Ecuador se encuentran ubicados principalmente en las provincias de Carchi, Bolívar, Pichincha, Chimborazo e Imbabura (Ponce Molina et al., 2022; Corporación Financiera Nacional B.P, 2022). Constantemente, el INIAP desarrolla variedades mejoradas de cereales, algunas de sus variedades de trigo son: INIAP- Rumiñahui, INIAP- Cayambe, INIAP- Atacazo, INIAP- Romero, INIAP- Vivar, INIAP- Mirador, INIAP- San Jacinto, INIAP- Imbabura y INIAP- Zhalao (Ponce-Molina et al., 2022).

Para el año 2021, el área cultivada de trigo fue 6 038 hectáreas con una producción a nivel nacional de 10 898.38 toneladas (FAOSTAT, 2023).

Proceso de Malteado

Para la elaboración de maltas, es necesario considerar algunos parámetros de calidad del grano. En el caso de la cebada, el contenido de proteína debe encontrarse entre el 10 y el 13%, la granulometría de los granos debe ser grande y homogénea, con un porcentaje de germinación

mínimo de 98% (Ochandio et al., 2010). La humedad del grano no debe ser superior al 12%, para asegurarse que no exista una germinación natural, cuya intensidad no sería uniforme, causando gran variabilidad en las propiedades de los granos (Ochandio et al., 2009).

El proceso de malteado de cualquier tipo de grano empieza con la absorción de agua por parte de la semilla, lo que provoca la activación de las enzimas responsables de su germinación. Las semillas humedecidas son colocadas en condiciones adecuadas de temperatura, aireación y humedad relativa por el tiempo que sea necesario. La humedad ideal que debe alcanzar el grano para su malteado, así como el tiempo de malteado dependen de su naturaleza y del tipo de malta que se desea elaborar. Una vez que los granos han germinado, deben ser secados con aire caliente a fin de detener la actividad enzimática y, por ende, el proceso germinativo. El proceso de malteado continúa con una fase de tostado a condiciones variables de tiempo y temperatura, que influirán en el color y gusto de los productos deseados (Segovia Muñoz, 2019).

Tabla 1.6 Condiciones de malteado de cebada y trigo

Proceso	Variable	Cebada	Trigo
Germinación	Remojo del grano	10-15 °C; 24 - 48h ⁽⁵⁾	16,5 °C; 24 - 48h ⁽⁴⁾
	Temperatura	15°C ⁽²⁾	15 °C ⁽¹⁾
	Tiempo	6 días ⁽²⁾	7 días ⁽¹⁾
	Humedad de la semilla	45% ⁽²⁾	42% ⁽¹⁾
	Humedad de la cámara	casi 100% HR ⁽³⁾	98% HR ⁽⁴⁾
Secado / Tostado	Temperatura	50°C ⁽²⁾	55°C ⁽¹⁾
		60°C	70°C
		70°C	75°C
		80°C	
	Tiempo	16 horas ⁽²⁾	3h ⁽¹⁾
		1 hora	5h
1 hora		4h	
10 horas			

Fuentes: 1.- (León, 2021); 2.- (Frank et al., 2011) 3.- (Farzaneh et al., 2017), 4.- (Yang et al., 2001), 5.- (Justé et al., 2011).

Existen varios estudios que presentan condiciones de malteado para el trigo y la cebada, tanto para la elaboración de maltas, como para su uso en cervecería; sin embargo, estas son similares. La tabla 1.6 resume los rangos de malteado que se han aplicado en diferentes estudios y que servirán de base para el presente estudio.

Elaboración de una bebida analcólica a base de malta

Las bebidas analcohólicas a base de malta son aquellas que se pueden obtener a partir de cereales, pseudocereales y legumbres. Su proceso de elaboración inicia con la trituración del grano malteado para facilitar la hidrólisis de los almidones a azúcares simples como glucosa, maltosa y dextrina, al añadirse agua para la maceración. Se agregan aditivos como mejoradores de sabor, reguladores de acidez y colorantes, con el fin de mejorar las características sensoriales del producto final (Leon, 2019).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

La cebada (*Hordeum vulgare* var. Local pelada cañareja) y el trigo (*Triticum spp.* var. Óregon) utilizados para la fase experimental del presente trabajo de titulación fueron cultivados en la provincia de Cañar y adquiridos a la Asociación de Productores de Semillas y Alimentos Nutricionales “Mushuk Yuyay” (APROSANAMY) en la ciudad de Cañar, Ecuador. Las semillas adquiridas fueron limpiadas, tamizadas, clasificadas y desinfectadas previo al proceso de germinación, con el fin de eliminar materia extraña y disminuir el crecimiento microbiológico durante la fase de germinación.

Para la limpieza y desinfección de las semillas se utilizó un tamiz de 7 mesh e hipoclorito de sodio (cloro líquido comercial marca Ozz, concentración 5.5%, diluido al 3%).

En la elaboración de la bebida a base de malta se utilizó azúcar blanca comercial (San Carlos), saborizante vainilla (La Reposterita) y solución de ácido cítrico al 15%. Para todos los procedimientos en los que se requirió de agua, se utilizó agua destilada obtenida en los laboratorios de la Universidad del Azuay, mediante un proceso de destilación.

2.2 Métodos

2.2.1 Limpieza y clasificación de las semillas de cebada y trigo

Las semillas se limpiaron y clasificaron mediante un proceso de tamizado manual con un tamiz cuya apertura de malla fue de 7 mesh por un tiempo de dos minutos para eliminar materia extraña (piedras, hojas, tallos, flores, polvo, otras semillas) y obtener una muestra homogénea. Las semillas y partículas inorgánicas que no superaron el tamiz se separaron y descartaron para su uso y las partículas de mayor tamaño que quedaron retenidas en el tamiz se separaron manualmente.

2.2.2 Desinfección de las semillas de cebada y trigo

Se aplicó un tratamiento de desinfección a las semillas sin germinar para reducir el recuento microbiano y el riesgo de contaminación durante la germinación. El tratamiento aplicado consistió en sumergir las semillas a germinar en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante un tiempo de cinco minutos de acuerdo con Pastor Cajamarca (2023), luego de lo cual, las semillas se escurrieron y lavaron con abundante agua destilada, repitiendo el lavado dos veces más y se cernieron.

2.2.3 Germinación de las semillas de cebada y trigo

2.2.3.1 Equipo para germinación de las semillas de cebada y trigo

Se utilizó una cámara de clima constante (Memmert HPP260, Schwabach, Alemania), (Imagen 2.1) en la cual se cubrieron los dos ventiladores inferiores del equipo con láminas de acetato, para disminuir la circulación de aire y evitar que las semillas pierdan mucha humedad en su superficie.



Imagen 2.1 Equipo de germinación de las semillas de cebada y trigo

2.2.3.2 Proceso de germinación de las semillas de cebada y trigo

Después de aplicar el tratamiento de desinfección las semillas se remojaron con agua destilada en una proporción de 2:1 (agua destilada : semillas) por 48 horas, realizando un cambio

de agua a las 24 horas. Posterior al remojo las semillas fueron colocadas en tamices para escurrir el exceso de agua destilada, después se dispusieron en bandejas de plástico sobre una base de papel filtro (Imagen 2.2) para retener el exceso de humedad durante la germinación.

Las condiciones de germinación fueron de 17 ± 0.5 °C con $90\pm 1\%$ de humedad para ambas semillas. El tiempo de tratamiento aplicado fue de 6 días para las semillas de cebada y 7 días para las semillas de trigo. Las semillas fueron rociadas con agua a través de un atomizador cada 24 horas, para mantener la humedad de las semillas.



Imagen 2.2 Semillas de cebada colocadas dentro del germinador.

2.2.3.3 Secado de las semillas de cebada y trigo

Una vez alcanzados los tiempos de germinación de cada muestra, las semillas germinadas se colocaron sobre mallas dentro de un deshidratador (Excalibur 3900B Deluxe, New York, USA) (Imagen 2.3) por 4 horas a 55°C , con el fin de detener la germinación. Luego, se removieron las raicillas y radículas de las semillas por fricción manual y se tamizaron con un tamiz de apertura de malla de 7 mesh con el fin de separar las semillas de los residuos. Las semillas así tratadas, fueron colocadas dentro de fundas herméticas y se almacenaron en un cuarto frío a 4°C , hasta su procesamiento posterior.



Imagen 2.3 Semillas de cebada germinadas colocadas sobre las mallas del deshidratador

2.2.4 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a partir de las maltas de cebada y trigo

Para la optimización de las bebidas a base de maltas de trigo y de cebada se aplicó un diseño experimental factorial fraccionado 2^{k-1} con tres réplicas en el punto central, con el fin de minimizar el número de experimentos a realizar sin perder información valiosa al estudiar el efecto de los factores (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012).

Para la optimización de las bebidas se evaluaron cuatro variables: tiempo y temperatura de tostado, azúcar añadida y cantidad de saborizante. La matriz del diseño factorial fraccionado 2^{4-1} se presenta en la Tabla 2.1, mientras que los valores de máximos, mínimos y de los puntos centrales se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.1 Matriz de diseño factorial fraccionado 2^{4-1} con tres réplicas al punto central

Número de muestra	Tiempo de tostado	Temperatura de tostado	Azúcar añadida	Cantidad de saborizante
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1

5	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	1
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0

Tabla 2.2 Condiciones del diseño experimental factorial para la optimización de las bebidas a base de malta de cebada y de trigo

Variable	Tiempo de tostado (min)	Temperatura de tostado (°C)	Azúcar añadida (%)	Cantidad de saborizante (%)
Límite inferior (-1)	30	70	1	0.5
Valor Medio (0)	75	77.5	3	1.5
Límite Superior (1)	120	85	5	2.5

2.2.5 Tostado de las semillas de cebada y trigo

Las semillas fueron tostadas en un horno (Unox Bakertop Mind Lievox 8 XEBPC-08EU-B, Cagliari, Italia) con ventilación programada en 1. Se colocaron las semillas sobre bandejas del horno y se removieron con una espátula cada 10 minutos. El tiempo y temperatura fueron los programados en el diseño experimental planteado (Tablas 2.1 y 2.2).

2.2.6 Elaboración de las bebidas a base de malta

Las maltas de cebada y de trigo fueron troceadas en un molino manual de 2 rodillos (Mighty Mill MILL352, USA) con una separación entre los rodillos de 0.45 mm (Imagen 2.4).



Imagen 2.4 Molino Mighty Mill de 2 rodillos

Se pesaron 60g de cada una de las muestras. El proceso de maceración de las maltas se realizó con una proporción 10:1 (agua : malta) en ambos casos. La malta fue colocada en agua precalentada a $72\pm 1^{\circ}\text{C}$ y se verificó que no descienda de 63°C durante un tiempo de 2 horas para que no se inactiven las amilasas (Imagen 2.5).



Imagen 2.5 Macerado de malta de cebada

Luego de 2 horas se realizó una prueba de Lugol para comprobar que los almidones se hayan hidrolizado (Imagen 2.6).



Imagen 2.6 Prueba de Lugol para almidones

Finalizado el proceso de maceración se procedió a filtrar la mezcla con un lienzo de tela esterilizado para eliminar la mayor cantidad de sólidos suspendidos y disminuir la turbidez de la bebida. Posteriormente, se agregó azúcar blanca y saborizante de vainilla de acuerdo con el diseño experimental, en relación de porcentaje p/v. Luego se pasteurizaron las muestras a temperatura de ebullición por un 1 minuto.

Una vez que la bebida alcanzó temperatura ambiente, se reguló el pH a 4.1 ± 0.1 utilizando una solución de ácido cítrico al 15% p/v. La solución se colocó gota a gota con una pipeta serológica mientras se realizaban mediciones frecuentes con un potenciómetro (Smart Spear pH Tester PH60S-Z, Shanghai, China) (Imagen 2.7).



Imagen 2.7 Regulación de pH

Las bebidas fueron envasadas en botellas color ámbar de 550 ml de capacidad y carbonatadas con un gasificador manual (KegLand Counter Pressure Bottle Filler KL01243, Australia) conectado a un tanque de CO₂. Después de introducir el gasificador en la botella se abrió la válvula del tanque de CO₂, y cada bebida se gasificó por un tiempo de 15 minutos, luego de lo cual se sellaron las botellas con tapa corona. Las botellas fueron almacenadas a 4 °C hasta su análisis.

2.2.7 Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta

2.2.7.1 Medición de sólidos solubles (s.s.)

Para realizar la medición de sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital (Milwaukee, MA871) (Imagen 2.8). Después de regular el pH de las bebidas se recolectó un alícuota de cada muestra previo a su gasificación y se colocó en el sensor del equipo para obtener el resultado en grados Brix. Las mediciones se hicieron por triplicado y se obtuvo un promedio por cada muestra.



Imagen 2.8 Refractómetro digital

2.2.7.2 Densidad

La determinación de la densidad de la bebida se realizó de forma empírica y se utilizó la aplicación “Brewing Calculator” para calcular su densidad en base al resultado de los grados Brix obtenidos. En el apartado “Gravity Units Calculator” se ingresó el promedio de los sólidos solubles de cada muestra y se obtuvo la densidad en unidades SG. Previo a la utilización de esta aplicación

se verificó la equivalencia de los resultados de la aplicación con valores leídos con un densímetro en muestras aleatorias.

2.2.7.3 Extracto total

El extracto total se determinó en base a la tabla conversión de grados Brix a grados Plato (República Cervecera). En la columna correspondiente a los grados Brix se ubicaron los promedios obtenidos de las mediciones de sólidos solubles de las diferentes muestras previo a su gasificación ($n=3$), y en la columna de grados Plato se localizaron sus valores equivalentes. Cuando no existieron los valores buscados de grado Brix, se interpolaron los valores más cercanos a la lectura obtenida.

2.2.7.4 Colorimetría

Previo a la gasificación, se separó un alícuota de cada una de las muestras para ser analizadas con un colorímetro (Lovibond LC 100/SV, Dortmund, Alemania). Se colocó la muestra homogenizada la cubeta del equipo (3.5 ml de capacidad), se colocó en posición y se cerró la tapa superior para evitar interferencia de la luz (Imagen 2.9). Se leyeron los valores de los parámetros de color L , a y b . El análisis se realizó por cuadruplicado.



Imagen 2.9 Análisis colorimétrico

2.2.8 Análisis sensorial de las bebidas a base de malta

Para evaluar la percepción del consumidor acerca de las características sensoriales y la aceptabilidad general de bebidas no alcohólicas derivadas de malta de cebada y de trigo se aplicó análisis sensorial con un panel de 20 catadores semi entrenados, específicamente se realizaron pruebas de aceptabilidad.

La evaluación sensorial de las bebidas se realizó en el laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad del Azuay. Se entregaron 10 ml de cada muestra en vasos plásticos transparentes a cada panelista. Los parámetros evaluados fueron de tipo visual (color, turbidez), olfativo (aroma, intensidad, persistencia), gustativo (dulzor, amargor, acidez, astringencia, cuerpo, gusto, regusto), así como la impresión global de la bebida (aceptabilidad general). Previamente, los panelistas recibieron una capacitación acerca de los principales aspectos y características de la malta, y se explicó cómo evaluar correctamente cada parámetro de las muestras y cómo llenar la ficha de catación, la cual constó de una escala hedónica de siete niveles para cada aspecto particular evaluado, donde “1” correspondió a la valoración más baja (me disgusta mucho) y “7” a la valoración más alta (me gusta mucho) (Anexo 1).

2.2.9 Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos y del análisis sensorial fueron tabulados en Microsoft Excel.

A partir de las respuestas obtenidas de la evaluación sensorial, se obtuvieron las medianas de cada parámetro evaluado para cada muestra y se creó una matriz de medianas. Esta matriz se cargó en el programa DART 2.0 (Milán, Italia), en el cual, cada parámetro fue ponderado y se

utilizó una función exponencial para obtener la función deseabilidad de cada muestra. La ponderación de los atributos se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Ponderación de los atributos para la optimización de las bebidas a base de maltas de trigo y cebada

Respuestas	Atributos/Parámetros	Ponderación
Y1	Color	5
Y2	Turbidez	3
Y3	Aroma	4
Y4	Intensidad	2
Y5	Persistencia	1
Y6	Dulzor	3
Y7	Amargor	3
Y8	Acidez	2
Y9	Astringencia	3
Y10	Cuerpo	2
Y11	Gusto	5
Y12	Regusto	4
Y13	Aceptabilidad general	10

Para la optimización de la bebida a base de malta se cargó la función deseabilidad en el diseño experimental, previamente preparado en Minitab[®] 2021 (USA), como respuesta al diseño factorial fraccionado 2^{4-1} , se identificaron las variables significativas y se obtuvo la ecuación respuesta.

Los resultados de los parámetros que no forman parte del diseño experimental: sólidos solubles, densidad, extracto total y colorimetría, fueron ingresados a Minitab[®] 2021 (USA) para realizar un análisis de varianza al 95% de confianza y utilizando el método de comparación de Tukey.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta

Los resultados de los análisis de sólidos solubles, densidad y extracto total se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2

Tabla 3.1 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de cebada

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	Densidad (g/ml)	Extracto total (°Plato)
C1	6.20±0.01 ^h	1.024±0.001 ^{ef}	6.40±0.01 ^h
C2	7.73±0.06 ^f	1.029±0.001 ^d	8.03±0.06 ^f
C3	6.97±0.06 ^g	1.027±0.001 ^{de}	7.23±0.06 ^g
C4	5.70±0.10 ⁱ	1.022±0.001 ^f	5.90±0.10 ⁱ
C5	12.47±0.06 ^a	1.048±0.001 ^a	12.97±0.06 ^a
C6	9.77±0.06 ^d	1.038±0.001 ^c	10.17±0.06 ^d
C7	9.53±0.06 ^e	1.036±0.001 ^{bc}	9.93±0.06 ^e
C8	10.63±0.06 ^b	1.041±0.001 ^b	11.03±0.06 ^b
C9	10.03±0.06 ^c	1.038±0.001 ^{bc}	10.43±0.06 ^c
C10	9.93±0.06 ^{cd}	1.038±0.001 ^{bc}	10.33±0.06 ^{cd}
C11	9.90±0.01 ^{cd}	1.038±0.001 ^{bc}	10.30±0.01 ^{cd}

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$) ($n=3$)

Las muestras C5 y C8 presentan los valores más altos de sólidos solubles, densidad y extracto total, mientras que C1 y C4, presentan los valores más bajos. Las muestras C5 y C8 contienen las máximas cantidades de azúcar y de saborizante, mientras que C1 y C4, las mínimas; lo cual indicaría una relación entre la adición de estos ingredientes y las características físico-químicas de las maltas de cebada. Aparentemente, el tiempo y la temperatura de tostado no influyen en estos parámetros.

Los valores de extracto total de las muestras C1, C3 y C4 se encuentran fuera de los límites establecidos en la norma NTE INEN 2302:2009 (Anexo 2), que indica que este parámetro debe alcanzar, al menos los 7.5°Plato.

Tabla 3.2 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de trigo

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	Densidad (g/ml)	Extracto total (°Plato)
T1	7.03±0.06 ^f	1.027±0.001 ^g	7.33±0.06 ^f
T2	8.77±0.06 ^d	1.034±0.001 ^e	9.15±0.09 ^d
T3	8.80±0.01 ^d	1.034±0.001 ^{de}	9.20±0.01 ^d
T4	7.77±0.06 ^e	1.030±0.001 ^f	8.07±0.06 ^e
T5	12.07±0.06 ^a	1.047±0.001 ^a	12.57±0.06 ^a
T6	11.07±0.12 ^b	1.042±0.001 ^c	11.47±0.12 ^b
T7	11.27±0.06 ^b	1.044±0.001 ^b	11.70±0.09 ^b
T8	11.93±0.06 ^a	1.046±0.001 ^a	12.43±0.06 ^a
T9	9,17±0.06 ^c	1.035±0.001 ^d	9.57±0.06 ^c
T10	8.73±0.21 ^d	1.034±0.001 ^e	9.10±0.23 ^d
T11	8.97±0.06 ^{cd}	1.034±0.001 ^{de}	9.37±0.06 ^{cd}

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras (p<0.05) (n=3)

Las bebidas de malta de trigo muestran comportamientos similares a las de la cebada. Efectivamente, las muestras T5 y T8 presentan los resultados más altos en todos los análisis físico-químico realizados, mientras que las muestras T1 y T4 presentan los valores más bajos. De manera análoga a lo observado en las maltas de cebada, existiría una relación entre la adición de azúcar y saborizante y las características físico-químicas para las maltas de trigo, así como una ausencia de influencia del tiempo y la temperatura de tostado en estos parámetros.

En el caso de la malta de trigo, la muestra T1 no cumple con los límites de extracto total establecidos en la norma NTE INEN 2302:2009 (Anexo 2) debido a que presenta un valor menor a 7.5°Plato.

3.1.1 Colorimetría

Los resultados del análisis colorimétrico se presentan en las Tablas 3.3 y 3.4.

Tabla 3.3 Resultados de la colorimetría de las bebidas a base de malta de cebada

Muestra	L	a*	b*
C1	47.68±0.24 ^a	7.38±0.13 ^e	32.68±0.32 ^c
C2	24.76±1.22 ^h	15.58±1.92 ^{bc}	24.32±2.30 ^f
C3	35.15±0.17 ^d	18.18±0.15 ^a	39.78±1.03 ^b
C4	41.60±0.36 ^b	8.40±0.08 ^e	29.48±0.24 ^d
C5	27.65±0.26 ^g	16.32±0.37 ^b	27.03±0.61 ^e
C6	37.30±0.14 ^c	8.10±0.22 ^e	25.48±0.57 ^{ef}
C7	32.50±0.37 ^e	5.43±0.15 ^f	19.38±0.28 ^g
C8	37.00±0.14 ^c	18.23±0.13 ^a	42.25±0.19 ^a
C9	31.08±0.28 ^f	14.60±0.14 ^{cd}	29.53±0.57 ^d
C10	30.7±0.22 ^f	13.45±0.13 ^d	26.55±0.70 ^{ef}
C11	30.98±0.15 ^f	15.25±0.13 ^{bc}	30.88±0.83 ^{cd}

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras (p<0.05) (n=4)

La muestra C1 presenta el valor más alto en L (más blanca) y la muestra C2 tiene el menor valor (muestra más oscura). La cantidad de saborizante añadido sería el factor que influye mayormente en la luminosidad de las muestras, puesto que las más claras lo tienen en menor proporción que las más oscuras; mientras que las otras variables no influirían significativamente sobre este factor. Es posible que existan interacciones significativas que no se logren identificar con facilidad al aplicar este tipo de análisis estadístico.

Las muestras C3 y C8 con la máxima temperatura de tostado y concentración de saborizante presentan los valores mayores en a* (más rojo) mientras que las muestras con menor concentración de saborizante (C1, C4, C6, C7) presentan los valores más bajos. Aunque las muestras C3 y C8 presentan también los valores más altos de b* (más amarillos), las otras muestras con altas concentraciones de saborizante se confunden con las muestras con menores concentraciones, lo que podría significar que la concentración del saborizante no influye en la tendencia hacia el amarillo. De todas formas, ninguna de las otras variables parece tener influencia sobre este parámetro.

Tabla 3.4 Resultados de la colorimetría de las bebidas a base de malta de trigo

Muestra	L	a*	b*
T1	37.45±0.37 ^f	6.70±0.08 ^h	24.78±0.21 ^e
T2	30.98±0.30 ^g	15.73±0.13 ^a	30.63±0.40 ^d
T3	26.88±0.22 ^h	8.45±0.19 ^f	18.40±0.46 ^f
T4	45.65±0.40 ^b	7.58±0.05 ^g	30.40±0.22 ^d
T5	42.00±0.38 ^d	14.35±0.10 ^b	42.55±0.44 ^a
T6	55.95±0.06 ^a	5.20±0.08 ⁱ	30.00±0.08 ^d
T7	39.88±0.43 ^e	6.70±0.14 ^h	24.73±0.17 ^e
T8	26.35±0.10 ^h	7.80±0.08 ^g	15.95±0.13 ^g
T9	44.15±0.47 ^c	13.93±0.10 ^c	42.53±0.68 ^a
T10	45.60±0.08 ^b	10.80±0.08 ^e	38.98±0.34 ^b
T11	43.45±0.24 ^c	11.08±0.05 ^d	33.30±0.22 ^c

Diferentes letras en la misma columna significan diferencias significativas entre las muestras (p<0.05) (n=4)

Las muestras T1, T2, T3 y T8 presentan los valores más bajos en el parámetro Luminosidad, T1, T2 y T3 contienen el porcentaje mínimo de azúcar añadida, mientras las muestras T2, T3 y T8 contienen el mayor porcentaje de saborizante, a diferencia de T1 que

contiene la cantidad mínima, por lo que se deduce que, a mayor concentración de saborizante, menor luminosidad tendrá la bebida. Sin embargo, la relación entre la luminosidad y las variables del diseño experimental no está muy clara debido a que podrían existir interacciones entre estas que dificultan su visualización. Así, a mayor cantidad de saborizante, tiempo y temperatura de tostado, se podría esperar una menor luminosidad.

Las muestras T2 y T5 que contienen la mayor concentración de saborizante presentan valores mayores en a^* lo que significa que tienden a ser más rojos, contrario a lo que ocurre con las muestras T1, T6 y T7 que tiene la mínima concentración de saborizante y presentan los valores más bajos de a^* , por lo que, a mayor concentración de saborizante la bebida a base de malta de trigo tiende a coloraciones rojizas. Así mismo, la muestra T5 presenta los valores más altos de b^* (más amarillos), seguido por las muestras en los puntos centrales, mientras que las muestras T3 y T8 presentan los valores más bajos. Estas muestras se diferencian en que T3 y T8 fueron elaborados con la máxima temperatura de tostado, mientras que T5 se elaboró con la mínima temperatura de tostado. En general, las muestras elaboradas con semillas tostadas a menor temperatura tienden a ser más amarillas que aquellas tostadas a mayor temperatura.

3.2 Análisis sensorial de las bebidas a base de malta

Después de tabular en Microsoft Excel los resultados obtenidos del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada y trigo, se construyeron las matrices de las medianas de cada variable analizada para cada muestra (Tablas 3.5 y 3.6, respectivamente).

Tabla 3.5 Matriz de medianas calculadas a partir de la evaluación sensorial de las bebidas a base de malta de cebada

Muestra	Visual		Olfativo			Gustativo						Impresión global	
	Color	Turbidez	Aroma	Intensidad	Persistencia	Dulzor	Amargor	Acidez	Astringencia	Cuerpo	Gusto	Regusto	Aceptabilidad general
C1	5	5	4.5	4	4	3.5	4	3	5	3.5	3	3	3
C2	5.5	5	5	5	4.5	3	4	4	4	5	4	4	4
C3	5.5	5.5	5	4.5	4.5	1	1.5	2	2.5	3	2	2	2.5
C4	3.5	4	4.5	4	4	2	2	2	3	3	3	2.5	2
C5	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
C6	4	4	4	4	4	6	6	5	5	6	6	6	6
C7	3	4	5	4	4	6	6	6	6	5	6	6	5.5
C8	5	5	5	5	5	5.5	5	5	5	5	5	5	5
C9	5	5	5	5	5	5.5	6	5.5	5	5	6	5	6
C10	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5
C11	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	6	6

Tabla 3.6 Matriz de medianas calculadas a partir de la evaluación sensorial de las bebidas a base de malta de trigo

Muestra	Visual		Olfativo			Gustativo						Impresión global	
	Color	Turbidez	Aroma	Intensidad	Persistencia	Dulzor	Amargor	Acidez	Astringencia	Cuerpo	Gusto	Regusto	Aceptabilidad general
T1	4	3	5	5	5	3	4	4	4	4	4	4	4
T2	6	5	5	4.5	4.5	3	3	3	3	4	4.5	3.5	4
T3	4.5	4.5	5	5	5	2	3	3	2.5	3	3	3	2
T4	3	4	4	4	4	3	3.5	3.5	4	4	3	3	3
T5	5	5	5	5	5	5.5	5	5	5	5.5	5	5	5
T6	4.5	5	5	5	5	5	5	5.5	5	5	5	5	5
T7	3	3.5	4	4	4	5	5	5	5	5	5.5	5.5	5.5
T8	6	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
T9	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5.5	5	5
T10	5.5	6	5	5	5	6	5.5	6	5	5	6	5.5	5
T11	5.5	5	6	5	5.5	5.5	5	5	5.5	5.5	6	5.5	5

La puntuación acumulada de cada muestra de bebida a base de malta de cebada y de trigo (Tablas 3.7 y 3.8, respectivamente) se obtuvo al sumar las medianas de todos los parámetros evaluados por cada muestra.

Tabla 3.7 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada

Muestra	Puntuación acumulada
C1	50.5
C2	57
C3	41.5
C4	39.5
C5	76
C6	66
C7	66.5
C8	65.5
C9	69
C10	67
C11	68

La muestra C4 elaborada con el máximo tiempo y temperatura de tostado y con las concentraciones mínimas de azúcar añadida y saborizante fue la que presentó menor puntuación acumulada por parte de los panelistas, contrario la muestra C5, que fue elaborada en condiciones inversas a C4 para todas las variables, es decir, con los valores menores de tiempo y temperatura de tostado y los mayores de azúcar añadida y cantidad de saborizante, siendo la muestra que obtuvo mayor puntuación acumulada; sin embargo, se debe considerar que este parámetro no está considerando el peso de cada una de las respuestas, es decir, que supone que todas ellas tienen el mismo peso.

Tabla 3.8 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de trigo

Muestra	Puntuación acumulada
T1	53
T2	53
T3	45.5
T4	46
T5	66
T6	65
T7	60
T8	75
T9	63.5
T10	70.5
T11	70

Para la bebida a base de malta de trigo la muestra T3 elaborada con los límites inferiores de tiempo de tostado y azúcar añadida y los límites superiores de temperatura de tostado y cantidad de saborizante obtuvo la menor puntuación acumulada, a diferencia de la muestra T8 que se elaboró con los límites superiores para cada variable que fue la que tuvo mayor puntuación. Lo que indica que, a mayor tiempo de tostado y concentración de azúcar, la aceptabilidad de la bebida incrementa.

3.3 Análisis estadístico

Los valores de la función deseabilidad para cada muestra de bebida a base de malta de cebada del diseño experimental se presentan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Función deseabilidad del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada

Muestra	Deseabilidad
C1	0.328
C2	0.425
C3	0.000
C4	0.193
C5	0.742
C6	0.586
C7	0.568
C8	0.557
C9	0.634
C10	0.578
C11	0.619

Se tiende a considerar que las muestras con funciones de deseabilidad iguales o superiores a 0.6 tienen buena aceptabilidad por parte de los consumidores, las muestras C1-C4 que contienen la mínima concentración de azúcar son las que presentan una deseabilidad muy baja, especialmente C3 cuya deseabilidad es nula, debido a sus valores muy bajos en las respuestas de más peso. Por el contrario, las muestras C5-C8 presentan una mayor deseabilidad, aunque solamente una muestra logra superar 0.6, incluso llega a ser 0.742 (C5). Las réplicas centrales (C9-C11) también tienen valores de deseabilidad aceptables.

Las variables e interacciones significativas (Tabla 3.10) se obtuvieron al 95% de confianza mediante el p-valor ($p < 0.05$). En el caso de la bebida a base de malta de cebada se identificaron dos factores significativos por sí solos que son azúcar añadida y temperatura de tostado, y dos interacciones significativas que son tiempo de tostado*azúcar añadida y tiempo de

tostado*cantidad de saborizante, lo que significa que las cuatro variables analizadas sean significativas

Tabla 3.10 Nivel de significancia al 95% de las variables analizadas para la malta de amaranto y sus interacciones

Variable	p-valor
Tiempo de tostado	0.272
Temperatura de tostado	0.011
Azúcar añadida	0.003
Saborizante	0.611
Tiempo de tostado*Temperatura de tostado	0.099
Tiempo de tostado*Azúcar añadida	0.031
Tiempo de tostado*Saborizante	0.049

Se obtuvo una ecuación de regresión, de la cual se eliminaron los factores e interacciones no significativas (Ecuación 1).

$$F(D) = 0.4249 - 0.0954 \text{ Temperatura de tostado} + 0.1884 \text{ Azúcar añadida} - 0.0571 \text{ Tiempo de tostado} * \text{Azúcar añadida} + 0.0446 \text{ Tiempo de tostado} * \text{Saborizante} \text{(Ecuación1)}$$

Los valores de la función deseabilidad para cada muestra de bebida a base de malta de trigo del diseño experimental se presentan en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Función deseabilidad del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de trigo

Muestra	Deseabilidad
T1	0.375
T2	0.388
T3	0.233
T4	0.277
T5	0.561

T6	0.545
T7	0.489
T8	0.722
T9	0.548
T10	0.628
T11	0.624

Las bebidas elaboradas a base de malta de trigo presentan similitudes con las bebidas de malta de cebada debido a que la deseabilidad aumenta mientras mayor cantidad de azúcar contenga. En este caso específico la muestra T8 que se elaboró con los valores máximos de cada variable presentó la deseabilidad más alta.

Las variables e interacciones significativas (Tabla 3.12) se obtuvieron al 90% de confianza ($p < 0.1$). En el caso de la bebida a base de malta de trigo se identificó que únicamente el factor azúcar añadido es significativo por sí solo, sin embargo, la interacción tiempo de tostado*cantidad de saborizante al tener un valor muy cercano a 0.1 se incluyó como parte de la ecuación resultante (Ecuación 2).

Tabla 3.12 Nivel de significancia al 90%

Variable	p-valor
Tiempo de tostado	0.165
Temperatura de tostado	0.366
Azúcar añadida	0.015
Saborizante	0.229
Tiempo de tostado*Temperatura de tostado	0.159
Tiempo de tostado*Azúcar añadida	0.336
Tiempo de tostado*Saborizante	0.107

$$F(D) = 0.4488 + 0.1305 \text{ Azúcar añadida} + 0.0447 \text{ Tiempo de tostado} * \text{Saborizante}$$

(Ecuación 2)

3.4 Bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas

Se aplicó el método de punto y pendiente para optimizar las bebidas a base de malta de cebada (Opt C) y trigo (Opt T), lo cual se verificó a través la comparación de los valores de las funciones de deseabilidad de las bebidas elaboradas con los nuevos puntos propuestos, respecto a los puntos con los mayores valores de deseabilidad obtenidos al aplicar el diseño original. En efecto, a partir de los coeficientes obtenidos en la ecuación para cada variable significativa y de sus coordenadas en el diseño experimental original se determinó una distancia de optimización de $K=3$ para la cebada y de $K=2$ puntos para el trigo. Se utilizó la ecuación 3 para obtener las nuevas coordenadas y sus valores experimentales se obtuvieron por interpolación o extrapolación, de acuerdo a cada caso. Las nuevas condiciones experimentales para las bebidas a base de malta que se presentan en la tabla 3.13.

$$\text{Nueva coordenada de cada variable significativa} = \text{Coeficiente} * K + P_o$$

(Ecuación 3)

Tabla 3.13 Condiciones de los nuevos puntos para la elaboración de las bebidas a base de malta de cebada (Opt C) y de trigo (Opt T)

Variable	Tiempo de tostado (min)	Temperatura de tostado (°C)	Azúcar añadida (%)	Cantidad de saborizante (%)
Malta de cebada	32.07	68	6.1	2.52
Malta de trigo	123.08	70	5.52	2.55

Los distintos tiempos de tostado para las bebidas optimizadas a base de maltas se debe a que el punto de referencia (P_o) para la variable tiempo de tostado en el caso de la malta de cebada

fue de -1, mientras que para la malta de trigo fue de +1, misma razón por la cual la optimización de la bebida a base de malta de cebada partió desde el menor tiempo, mientras que para la bebida a base de malta de trigo si inició a partir del mayor tiempo.

3.4.1 Análisis físico-químico de las bebidas a base de malta optimizadas

En las tablas 3.14 y 3.15 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de las bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas.

Tabla 3.14 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de cebada optimizada

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	Densidad (g/ml)	Extracto total (°Plato)
C5	12.47±0.06 ^a	1.048±0.001 ^a	12.97±0.06 ^a
Opt C	12.47±0.06 ^a	1.048±0.001 ^a	12.97±0.06 ^a

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre estas muestras y las de la Tabla 3.1 ($p < 0.05$) ($n=3$)

Los resultados obtenidos indican que la bebida a base de malta de cebada optimizada no presenta diferencias significativas en sólidos solubles, densidad y extracto total respecto a la muestra C5 que fue la mejor del diseño experimental, cabe destacar que las condiciones de experimentación de ambas muestras variaron ligeramente.

Tabla 3.15 Resultados de los análisis físico-químicos de la bebida a base de malta de trigo optimizada

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	Densidad (g/ml)	Extracto total (°Plato)
T8	11.93±0.06 ^b	1.046±0.001 ^b	12.43±0.06 ^b
Opt T	12.87±0.06 ^a	1.050±0.001 ^a	13.37±0.06 ^a

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre estas muestras y las de la Tabla 3.2 ($p < 0.05$) ($n=3$)

En el caso de la bebida a base de malta de trigo existieron diferencias significativas entre las muestras Opt T y T8 en cuanto a los parámetros sólidos solubles, densidad y extracto total. Los

valores de Opt T en todos estos parámetros son mayores que los de T8. Es importante mencionar que la temperatura de tostado no es significativa por lo que el aumento de los valores de la bebida optimizada se ven afectados únicamente debido al tiempo de tostado, cantidad de azúcar y de saborizante.

3.4.1.1 Colorimetría

En las tablas 3.16 y 3.17 se presentan los resultados de las bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas.

Tabla 3.16 Resultados del análisis colorimétrico de la bebida a base de malta de cebada optimizada respecto a la muestra C5

Muestra	L	a*	b*
C5	27.65±0.26 ^g	16.32±0.37 ^b	27.03±0.61 ^e
Opt C	12.47±0.06 ^a	1.048±0.001 ^a	12.97±0.06 ^a

Diferentes letras en la misma columna significan diferencias significativas entre las muestras y las de la Tabla 3.3 ($p < 0.05$) ($n=4$)

De acuerdo con los resultados del análisis colorimétrico se observa que la muestra optimizada (Opt C) tiende a ser más oscura que las otras maltas de cebada, y presenta tonalidades rojas y amarillas menos intensas que la muestra C5 que es la mejor muestra del diseño experimental.

Tabla 3.17 Resultados del análisis colorimétrico de la bebida a base de malta de trigo optimizada respecto a la muestra T8

Muestra	L	a*	b*
T8	26.35±0.10 ^h	7.80±0.08 ^h	15.95±0.13 ^h
Opt T	26.43±0.22 ^h	9.73±0.10 ^f	20.78±0.13 ^f

Diferentes letras en la misma columna significan diferencias significativas entre las muestras y las de la Tabla 3.4 ($p < 0.05$) ($n=4$)

En el caso de la bebida a base de malta de trigo optimizada se puede observar que no se presentan diferencias significativas en cuanto a luminosidad, respecto a la muestra T8 que se elaboró con los máximos de cada variable. Sin embargo, Opt T que presenta mayores valores de a^* y b^* es significativamente diferente a la muestra T8, por lo que se podría decir que, con mayor tiempo de tostado, concentración de azúcar y saborizante, la bebida a base de malta de trigo tiende a tonalidades más rojas y amarillas y que su luminosidad no se ve afectada por estos factores, al nivel de variación que se aplicó para la optimización.

3.4.2 Análisis sensorial de las bebidas a base de malta optimizadas

El análisis sensorial de las bebidas a base de malta optimizadas se realizó de la misma manera que para las demás bebidas, después de tabular los datos y obtener las medianas de cada atributo analizado, se sumaron todas las medianas y se calculó la puntuación acumulada para cada bebida optimizada (Tabla 3.18).

Tabla 3.18 Sumatoria de la puntuación obtenida del análisis sensorial de las bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas

	Muestra	Puntuación acumulada
Cebada	C5	76
	Opt C	77
Trigo	T8	75
	Opt T	76.5

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que la aceptabilidad de los catadores acerca de las dos bebidas optimizadas a base de malta de cebada y trigo es similar a las muestras con mayor aceptación (C5, T8) del diseño experimental inicial.

3.4.3 Análisis estadístico

Los valores de la función deseabilidad para las bebidas a base de malta de cebada y trigo optimizadas se presentan en las Tablas 3.19 y 3.20.

Tabla 3.19 Función deseabilidad del análisis sensorial de la bebida a base de malta de cebada optimizada respecto a la muestra C5

Muestra	Deseabilidad
C5	0.742
Opt C	0.762

Después de ingresar la matriz de medianas incluyendo la muestra optimizada en DART 2.0 (Milán, Italia) y analizar los datos con la función ascendente lineal, se observó que la deseabilidad de Opt C es mejor que la muestra C5 (M5 en el diagrama presentado en la Imagen 3.1). La deseabilidad de Opt C es 0.762, que es un valor muy superior a 0.6, que es el valor de referencia que se utiliza para conocer si la muestra es potencialmente aceptable por los consumidores. Con el fin de poder visualizar las funciones de deseabilidad de las bebidas a base de malta de cebada del diseño experimental y compararlas con la bebida optimizada se presenta el diagrama de Pareto (Imagen 3.1). Las muestras con menor valor de deseabilidad fueron las que contenían menos azúcar.

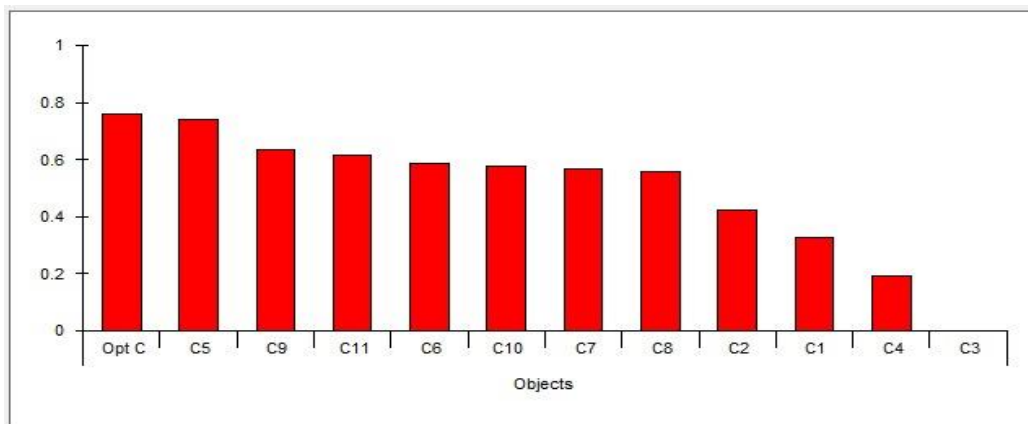


Figura 3.1 Diagrama de Pareto de la deseabilidad de bebidas a base de malta de cebada

Tabla 3.20 Función deseabilidad del análisis sensorial de la bebida a base de malta de trigo optimizada respecto a la muestra T8

Muestra	Deseabilidad
T8	0.722
Opt T	0.742

De forma similar a la bebida a base de malta de cebada, la bebida optimizada a base de malta de trigo tiene un valor mayor de deseabilidad respecto a la muestra tomada como referencia (T8). Así mismo, el diagrama de Pareto (Imagen 3.2) nos permite compararla con las demás muestras. Se observa que la deseabilidad tiende a incrementar mayor concentración de azúcar.

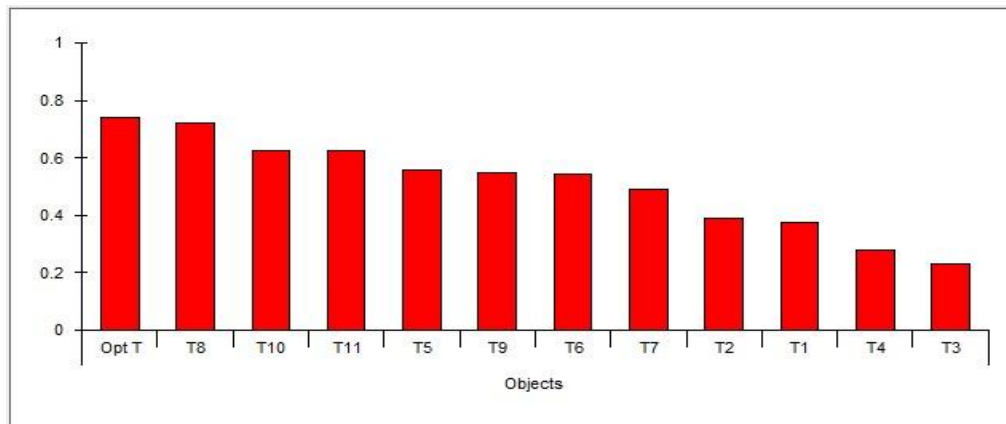


Figura 3.2 Diagrama de Pareto de la deseabilidad de bebidas a base de malta de trigo

CONCLUSIONES

Las bebidas a base de maltas de cebada y trigo presentaron comportamientos similares en cuanto a la relación que existe entre sus características físico-químicas con la concentración de azúcar y saborizante, factores que resultaron ser significativos, caso contrario del tiempo y temperatura de tostado que parece no tener influencia sobre los parámetros analizados.

Desde una perspectiva colorimétrica, se observa que, a una mayor concentración de saborizante, las bebidas a base de maltas de cebada y trigo tienen a oscurecerse y hacia tonalidades más rojizas, mientras que las muestras elaboradas con semillas tostadas a temperaturas más bajas tienden a ser más amarillas que las que se tostaron a temperaturas más altas.

Para la optimización de la bebida a base de malta de cebada, los cuatro factores analizados (tiempo y temperatura de tostado, azúcar añadida y cantidad de saborizante) son significativos ya sea de manera individual o mediante interacciones entre los factores, sin embargo, el porcentaje de azúcar añadida posee mayor peso.

En cuanto a la optimización de la bebida a base de malta de trigo, se determinó que solo los factores tiempo de tostado, azúcar añadida y cantidad de saborizante son significativos. Al igual que para la malta de cebada, el factor azúcar añadida fue el de mayor relevancia.

Con las nuevas condiciones de optimización de las bebidas a base de malta de cebada (32.07 min, 68°C, 6.1% azúcar, 2.52% saborizante) y de trigo (123.08 min, 70°C, 5.52% azúcar, 2.55% saborizante) se obtuvieron valores altos de deseabilidad, no obstante, se podría continuar con el proceso de optimización de ambas bebidas, con el fin de verificar si hay aún condiciones mejores que las aquí reportadas; sin embargo, al haber alcanzado valores altos de función deseabilidad, se decide terminar el presente trabajo en este punto.

REFERENCIAS

- Baik, B.-K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233–242.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
- Baloch, U. (1999). *WHEAT Post-harvest Operations -Post-harvest Compendium WHEAT: Post-harvest Operations*. <https://www.fao.org/3/ax448e/ax448e.pdf>
- Carrión-Calderón, M., & Rojas, C. (2019). *Introducción a la tecnología de conservas vegetales*. <https://doi.org/10.33324/ceuzuay.68>
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2022). *FICHA SECTORIAL TRIGO SUBGERENCIA DE ANÁLISIS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Trigo.pdf>
- Falconí Castillo, E., Garófalo, J., Llangarí, P., & Espinoza, M. (2010). Boletín Divulgativo no. 390. El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>
- Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E., & Gastl, M. (2014). Common wheat (*Triticum aestivum*L.) and its use as a brewing cereal - a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/jib.107>
- Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Zare, Z., & Carvalho, I. (s.f.). *The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. International Journal of Biological Macromolecules*.
[justdoi:https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.052](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.052)Get rights and content
- Frank, T., Scholz, B., Peter, S., & Engel, K.-H. (2011). *Metabolite profiling of barley: Influence of the malting process. Food Chemistry*, 948-957.
[doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.034](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.034)
- FAOSTAT. (2023). Fao.org. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

- Forbes Ecuador. (2022, October 31). *Cervecería Nacional anuncia la primera cosecha de cebada maltera*. Forbes.com.ec; Forbes Ecuador.
<https://www.forbes.com.ec/brandvoice/cerveceria-nacional-anuncia-primera-cosecha-cebada-maltera-n24180>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda Edición). www.FreeLibros.org
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2009). *Bebida de Malta. Requisitos*.
<https://ia801900.us.archive.org/7/items/ec.nte.2302.2009/ec.nte.2302.2009.pdf>
- Johnson, J. C. (2005). *Molecular investigations of gene families encoding foldase enzymes in wheat*. https://vuir.vu.edu.au/15532/1/j_johnson.pdf
- Justé, A., Malfliet, S., Lenaerts, M., de Cooman, L., Aerts, G., Willems, K., & Lievens, B. (2011). *Microflora during Malting of Barley: Overview and Impact on Malt Quality*. *BrewingScience*, 22-31. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Bart-Lievens/publication/279904990_Microflora_during_malting_of_barley_Overview_and_impact_on_malt_quality/links/5721010408aea92aff8b220c/Microflora-during-malting-of-barley-Overview-and-impact-on-malt-quality.pdf?_sg%http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/3533/Dafne_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Leon, D. M. (2019). *Formulación de una bebida vegetal a partir de germinado y malteado de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) variedad Cupi*.
http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/3533/Dafne_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- León, L. H. (2021). *Determinación de proteína, almidón, amilosa y amilopectina del malteado de Triticum aestivum L. Var. Andino – inia y centenario para la industria cervecera*. Concytec.gob.pe.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_3499a7dc6909b9670752715eb621681c

- Li, J. H., Thava Vasanthan, Rossnagel, B. G., & Hoover, R. (2001). Starch from hull-less barley: I. Granule morphology, composition and amylopectin structure. *Food Chemistry*, 74(4), 395–405. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(01\)00246-1](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(01)00246-1)
- MacGregor, A. W. (2003). Barley.
- Montenegro Mongtenegro, D. D. (2012). *RESPUESTA AGRONÓMICA DE TRECE LÍNEAS Y DOS VARIEDADES DE TRIGO ROJO (Triticum vulgare L.), EN LA PARROQUIA LA PAZ, PROVINCIA DEL CARCHI*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2126/2/TESIS%201.pdf>
- Ochandio, D., Rodríguez, J., Rada, E., Cardoso, L., & Bartosik, R. (2009). *Almacenamiento de cebada cervecera en bolsas plásticas herméticas*. ResearchGate; ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/282878475_Almacenamiento_de_cebada_cervecera_en_bolsas_plasticas_hermeticas
- Ochandio, D. C., Cardoso, L. M., Bartosik, R. E., de La Torre, D. A. #, & Rodríguez, J. C. (2010). *Storage of quality malting barley in hermetic plastic bags*. 425.
<https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.167.322>
- Pastor Cajamarca, L. M. (2023). *Efectos de las condiciones de germinación en las características sensoriales y tecnológicas de la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13790>
- Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2020). INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. In *Repositorio INIAP*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum* L.): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. *Iniap.gob.ec*. <https://doi.org/978-9942-40-939-3>

- República Cervecera. (n.d.). *Tabla Conversión De Grados °Brix A °Plato A Gravedad Específica*. Retrieved April 21, 2024, from <https://www.republicacervecerashop.com.mx/pages/tabla-conversion-de-grados-brix-a-plato-a-gravedad-especifica>
- Roncallo, P. F., Garbus, I., Maria, A., Echenique, C. V., Carrera, A. D., Domingo, G., & Miranda, R. (2017). Análisis de las bases genéticas del color en trigo candeal. *Conicet.gov.ar*. <https://doi.org/0041-8676>
- Seghezzo, M. L., & Molfese, E. R. (2006). Calidad en trigo pan. *Calidad En Trigo Pan, Boletín Técnico 41*. INTA Digital. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_manual_de_trigo_pan.pdf
- Segovia Muñoz, S. A. (2019). *Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (Sorghum vulgare) como materia prima*. Uteq.edu.ec; Quevedo: UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4125>
- Yang, T.K. Basu, B. Ooraikul, F. (2001). Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(4), 319–330. <https://doi.org/10.1080/09637480120057567>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de catación de las bebidas a base malta de cebada y de trigo

Ficha de catación-sensorial para bebida a base de malta							
Agradezco su ayuda para realizar la degustación de bebidas malteadas. Por favor, en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con una (x) de acuerdo a una alternativa de cada característica indicada. Muchas gracias por su colaboración y tiempo.							
Tómese el tiempo necesario para evaluar cada parámetro							
Nombre:							
Muestra					Fecha		
Seleccione una opción del 1 al 7 cada atributo, de acuerdo a lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "7" la valoración más alta.)							
Escala hedónica							
Características	1	2	3	4	5	6	7
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
Visual							
	1	2	3	4	5	6	7
Color							
Turbidez							
Olfativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Aroma							
Intensidad							
Persistencia							
Especifique el aroma:							
Gustativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Dulzor							
Amargor							
Acidez							
Astringencia							
Cuerpo							
Gusto							
Regusto							
Impresión global de la bebida							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							

Anexo 2. Extracto de la normativa NTE INEN 2302: Bebida de malta. Requisitos

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la bebida de malta

Requisito	Min	Max	Método de ensayo
Extracto total expresado como Plato o % m/m	7,5	-	AOAC 945.30 B. (a), tabla 942.33 columna grados Brix
CO ₂ [*] , expresado como: Volumen de CO ₂ g de CO ₂ /l	2,0 4,0	- -	NTE INEN 2 324
Proteína, expresada como % m/m,	0,2	-	AOAC 997.09
Grado alcohólico, % v/v (°GL)	-	0,5	NTE INEN 2 322
* No se aplica a bebidas de malta no carbonatadas			