

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA

Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Evaluación de los Parámetros de Calidad de la Cerveza Artesanal elaborada
con Cinco Variedades de Cebada Registro UAAAN

Por:

ANA LUISA TORRES RUIZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA

Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Evaluación de los Parámetros de Calidad de la Cerveza Artesanal elaborada
con Cinco Variedades de Cebada Registro UAAAN

Por:

ANA LUISA TORRES RUIZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:
COMITÉ ASESOR



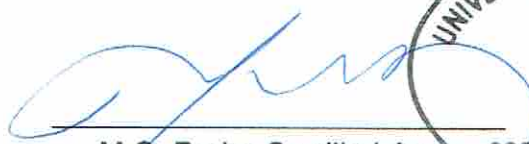
Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Asesora Principal



Q.F.B. María Carmen Julia García
Coasesora



Dra. María Alejandra Loria Torres
Coasesora



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA
Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Evaluación de los Parámetros de Calidad de la Cerveza Artesanal elaborada
con Cinco Variedades de Cebada Registro UAAAN

Por:

ANA LUISA TORRES RUIZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

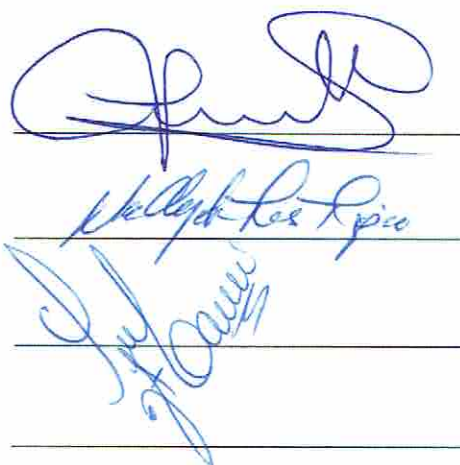
Jurado calificador

Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente

Dra. María Alejandra Tapia Torres
Vocal

M.C. María Carmen Julia García
Vocal

M.C. Carlos Alberto García Agustince
Vocal



DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

La autora quien es responsable directa, jura bajo protesta decir la verdad de que no se ha incurrido en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizó de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Atentamente pasante



Ana Luisa Torres Ruíz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre Dios, por protegerme durante esta etapa y por darme la gran sabiduría de poder concluir una meta más.

A mi Alma Terra Mater UAAAN, por abrirme las puertas del conocimiento y poder formarme como profesionista durante estos 4 años.

A mis padres y hermanos por confiarme y brindarme su apoyo para que este logro fuera posible.

A la Dra. Xochitl Ruelas Chacón, mi más grande admiración como docente y mujer por enseñarme que todo gran logro con esfuerzo es posible, por su gran conocimiento transmitido y por su valioso tiempo que me brindo para que este proyecto fuera posible.

A la Q.F.B. María Carmen Julia García, por su colaboración, apoyo, dedicación y tiempo para la realización de esta investigación.

Al M.C. Carlos Alberto García Agustince, por toda su dedicación y tiempo brindado para trabajar en este proyecto de investigación.

Al M.C. Modesto Colin Rico, el Fitomejorador y generador de los materiales genéticos.

A mis amigos Pedro Ramírez, gracias por permitir que mi estancia fuera más divertida en especial a Ramón López López y María Rosibeth López Pérez, por brindarme su apoyo incondicional por los ataques de risa y por caminar junto a mí en la misma sintonía.

DEDICATORIAS

A mis padres Wilfrido Guadalupe Torres López y Margarita Luisa Ruiz Santos les dedico este logro, ya que, sin su amor, cariño, consejos, enseñanzas, palabras, no hubiese sido posible gracias al esfuerzo que hicieron para poder darme la mejor herencia, por la confianza que pusieron en mí, por ayudarme a sobresalir de toda adversidad y enseñarme que todo buen logro, siempre va ser difícil de conquistar, pero con el apoyo de ellos no ahí logro imposible los amo con toda mi alma.

A mis hermanos, Guadalupe, Jaime, Miguel, Elizabeth y Daniel por creer en mí, por su cariño, consejos, comprensión por enseñarme el camino del profesionista, por ser un buen ejemplo a seguir por sus esfuerzos que pusieron para este logro, que no es solo mío, también de ellos. Les dedico esta tesis con mucho amor.

A mi hermano Baltazar y familia su esposa Rosario e hijos Isaac, Abigail y David, por estar presente en mi vida, por su apoyo y consejos que me han dado para crecer como persona, les dedico esta tesis con todo mi amor.

Mi tía Casilda y familia por su gran apoyo porque nunca se olvidó de su sobrina gracias por todo el amor que me ha brindado a pesar de la distancia siempre está presente, le dedico esta tesis con todo mi amor incondicional.

A Norma Burciaga y Familia por abrirme las puertas de su casa por la confianza que me brindo por los consejos que cada noche me dio mil gracias por alentarme a sobresalir, a hacer que mi estancia fuera menos melancólica mi gran admiración y respeto para ella, le dedico este proyecto con mucho amor.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIAS.....	VI
RESUMEN	1
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	2
1.1Justificación	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 CERVEZA	5
2.1.1 Origen de la cerveza	5
2.1.2 Significado de la cerveza	5
2.1.3 Consumo de la cerveza.....	6
2.1.4 El sabor y aromas de la cerveza	7
2.1.5 Clasificación de la cerveza	7
2.1.6 Diferencia entre la cerveza artesanal e industrial.....	8
2.1.6.1Tipos de cerveza.....	8
2.1.6.1.1Tipos de cerveza según su fermentación	8
2.1.6.1.2 Cerveza Ale	8
2.1.6.1.3 Cerveza Lager	8
2.1.6.1. 4Tipos de cerveza según su aspecto	9
2.1.6.1.5 Tipos de cerveza según sus ingredientes	9
2.1.7 Proceso en general de la cerveza	9
2.1.8 Composición química de la cerveza	9
2.1.9 La cerveza en la salud.....	10
2.2 CERVEZA ARTESANAL	11
2.2.1 Producción de cerveza artesanal.	11
2.2.2 La industria cervecera artesanal en México.....	12

2.2.3 Atributos de importancia en la compra de cerveza artesanal	14
2.3 CEBADA	15
2.3.1 Origen de la cebada.....	15
2.3.2 Que es la cebada	16
2.3.3Taxonomía de la cebada	17
2.3.4 Morfología de la cebada.....	17
2.3.5 Requerimientos edafoclimaticos.....	19
2.4 MALTA	20
2.4.1 Malta de la cerveza	20
2.4.2 Cebada malteada.	20
2.5 AGUA	20
2.5.1 El agua de la cerveza	21
2.5.2 Uso y demanda del agua en la industria cervecera	21
2.5.3 Operaciones y procesos que emplean agua de proceso.....	22
2.6 LUPULO.....	22
2.6.1 Descripción botánica	24
2.6.2 Hábitat y distribución	24
2.6.3 Cultivo y variedades del lúpulo	24
2.6.3.1 Chinook	25
2.7 LEVADURA	25
2.7.1 Características generales.....	26
2.7.2 Factores a tener en cuenta para el crecimiento y desarrollo de la levadura.....	27
2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL	27
2.8.1 El olor y el sentido del olfato.....	27
2.8.2 El color y el sentido de la vista	28
2.8.3 El gusto	28
2.8.4 El tacto.....	29
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Material Biológico para la elaboración de malta	30
3.2 Materiales Biológicos para la elaboración de la cerveza	30
3.3 Materiales de Laboratorio para la elaboración de la cerveza.....	30
3.4 Materiales de laboratorio para el embotellado	31
3.5 Materiales para el análisis fisicoquímico	31

3.5.1 pH	31
3.5.2 Solidos solubles	31
3.5.3 Porcentaje de alcohol.....	31
3.5.4 Análisis de color	31
3.5.5 Acidez titulable	31
3.5.6 Densidad.....	31
3.5.7 Turbidez.....	32
3.5.8 Grado de amargor	32
3.5.9 Viscosidad.....	32
3.7 MÉTODOS	33
3.7.1 Preparación de la malta	33
3.7.2 Elaboración De La Cerveza de las 5 Variedades De Cebada.....	34
3.7.2.1 Maceración.....	34
3.7.2.2 Hervir	34
3.7.2.3 Enfriar	34
3.7.2.4 Fermentación	35
3.7.2.5 Clarificación	35
3.7.2.6 Embotellado	36
3.7.3 Análisis fisicoquímicos.....	36
3.7.3.1 pH	36
3.7.3.2 Solidos solubles	37
3.7.3.3 Porcentaje de alcohol.....	37
3.7.3.4 Análisis de color	37
3.7.3.5 Acidez titulable	38
3.7.3.6 Densidad.....	38
3.7.3.7 Turbidez.....	39
3.7.3.8 Grado de amargor	39
3.7.3.9 Viscosidad.....	40
3.7.3.10 Determinación de polifenoles.....	40
3. 7.3. 12 análisis de capacidad antioxidante (DPPH y ABTS)	40
3.7.4 Análisis sensorial	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Análisis fisicoquímico	43

4.1.1 pH	43
4.1.2 Solidos solubles totales o °Brix.....	44
4.1.3 Porcentaje de alcohol.....	45
4.1.4 Colorimetría	46
4.1.4.1 Parámetro L.....	46
4.1.4.2 Parámetro a*	47
4.1.4.3 Parámetro b*	48
4.1.5 Acidez Titulable	49
4.1.6 Densidad.....	50
4.1.7 Turbidez.....	51
4.1.8 Amargor.....	52
4.1.9 Viscosidad.....	53
4.1.10 Polifenoles.....	54
4.1.11 Capacidad antioxidante por el método de ABTS.....	55
4.1.12 Capacidad Antioxidante por el metodo de DPPH	56
4.2 Evaluación sensorial	57
4.2.1 Apariencia global.....	57
4.2.2 Color	58
4.2.3 Sabor	59
4.2.4 Sensación en boca	60
4.2.5 Amargor.....	61
4.2.6 Olor.....	62
4.2.7 Textura	63
4.2.8 Aceptación global.....	64
CAPITULO V. CONCLUSIONES	65
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA	66
CAPÍTULO VII ANEXOS	77

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Componentes químicos proximales de la cerveza.	10
Cuadro 2. Atributos importantes de comprar de cerveza artesanal	14
Cuadro 3. Composición bioquímica del grano de cebada	16
Cuadro 4. Clasificación de la cebada	17
Cuadro 5. Porcentaje de utilización en cuanto al tiempo	23
Cuadro 6. Composición química del lúpulo	23
Cuadro 7. Variedades de lúpulo y sus principales características	25
Cuadro 8. Composición de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (expresado en ARN).	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los países con más consumo de cerveza en términos de volumen total.	6
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de la cerveza.....	9
Figura 3. Inauguración de la cervecería grupo Modelo en México.	12
Figura 4. Cervezas artesanales de México.	13
Figura 5. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal.....	13
Figura 6. Factores más importantes en la compra de la cerveza artesanal.....	15
Figura 7. Morfología de la cebada	18
Figura 8. Flor del lúpulo	22
Figura 9. La lengua y sus zonas de sensibilidad de sabores	28
Figura 10. Preparación de la malta	33
Figura 11. Obtención del caldo de la malta	34
Figura 12. Agregación del lúpulo en el mosto	34
Figura 13. El mosto en choque directo	35
Figura 14. Inoculación del mosto.....	35
Figura 15. Clarificación de la cerveza	36
Figura 16. Embotellado de la cerveza	36
Figura 17. Determinación de pH	36
Figura 18. Determinación de sólidos solubles totales	37
Figura 19. Determinación del porcentaje de alcohol.....	37
Figura 20. Determinación del análisis de color	38
Figura 21. Determinación de acidez titulable	38
Figura 22. Determinación de densidad	39
Figura 23. Determinación de turbidez	39
Figura 24. Centrifugación de las muestras para la Determinación de grados de amargor.	40
Figura 25. Determinación de polifenoles.....	40
Figura 26. Determinación de capacidad antioxidante (DPPH Y ABTS).....	41
Figura 27. Preparación del material para la evolución sensorial.....	41
Figura 28. Cubículo preparado para evaluar.....	41
Figura 29. Juez evaluando las muestras.....	42
Figura 30. pH de las cervezas de registro UAAAN.....	43
Figura 31. SST, ° Brix de las cervezas de registro UAAAN	44

Figura 32. Porcentaje de alcohol de las cervezas de registro UAAAN	45
Figura 33. Colorimetría parámetro L de las cervezas de registro UAAAN	46
Figura 34. Colorimetría parámetro a* de las cervezas de registro UAAAN	47
Figura 35. Colorimetría parámetro a* de las cervezas de registro UAAAN	48
Figura 36. De acidez titulable de las cervezas de registro UAAAN	49
Figura 37. Densidad de las cervezas registro UAAAN	50
Figura 38. Turbidez de las cervezas de registro UAAAN	51
Figura 39. Amargor de las cervezas de registro UAAAN	52
Figura 40. Viscosidad de las cervezas de registro UAAAN	53
Figura 41. Polifenoles presentes en las cervezas de registro UAAAN	54
Figura 42. Capacidad Antioxidante por la técnica ABTS de las cervezas de registro UAAAN	¡Error! Marcador no definido.
Figura 43. Capacidad antioxidante por la técnica de DPPH de las cervezas de registro UAAAN	56
Figura 44. Apariencia global de las cervezas de registro UAAAN	57
Figura 45. Color de las cervezas de registro UAAAN.....	58
Figura 46. Sabor de las cervezas de registro UAAAN	59
Figura 47. Sensación en boca de las cervezas de registro UAAAN	60
Figura 48. Amargor de las cervezas de registro UAAAN	61
Figura 49. Olor de las cervezas de registro UAAAN	62
Figura 50. Textura de las cervezas de registro UAAAN	63
Figura 51. Aceptación Global de las cervezas de registro UAAAN.....	64

RESUMEN

Hoy en día existe una amplia diversidad de empresas y microempresas cerveceras, lo cual hace que entren al mercado nuevas cervezas comerciales como artesanales.

Existe una amplia variedad de cebada maltera. La producción de ella está ligada al comportamiento de la industria cervecera nacional, siendo la cebada una de las principales causas de la diversidad de las cervezas. La elaboración de una cerveza artesanal es muy diferente a la de una comercial, ya que una cerveza artesanal tiene un proceso casero supervisado por un maestro cervecero.

En la actualidad se buscan más alternativas para la sustitución de la cebada maltera, por ejemplo, considerando la cebada forrajera o algún otro cereal. En ese sentido el objetivo principal de esta investigación fue la elaboración de cinco cervezas artesanales empleando diferentes líneas de cebada con posibilidades de registro UAAAN, lúpulo Chinook, agua y levadura Safale US-05.

Los parámetros que se evaluaron a los cinco tratamientos de cerveza fueron, sólido soluble total, acidez titulable, pH, viscosidad, densidad, turbidez, análisis de capacidad antioxidante este se realizó por la técnica de ABTS y DPPH. Resaltando que el tratamiento que obtuvo resultados favorables para emplearla como una cerveza artesanal fue la CANB-366-15.

Por último, se le realizó una evaluación sensorial por medio de una prueba de preferencia evaluando, el color, sabor, apariencia global, sensación en boca, amargor, olor textura y aceptación global. Los resultados indicaron que efectivamente existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo la cerveza CANB-366-15, la más favorables pudiendo ser aceptable para consumo y un posible registro.

Palabras clave: cebada, cerveza, variedad registró UAAAN

Correos electrónicos: Ana Luisa Torres Ruíz (tesista) anatorresruiz6@gmail.com , Dra. Xochitl Ruelas Chacón (asesora principal) xruelas@yahoo.com

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Estudios han determinado que el consumo moderado de bebidas alcohólicas fermentativas como lo son la cerveza y el vino, se asocia a que la mortalidad y las incidencias de enfermedades cardiovasculares sea menor (Sacanella *et al.*, 2019).

La bebida alcohólica es definida como un producto apto para el consumo humano obtenido de una fermentación de materia prima que es sometido a maceración o cocción de productos naturales con un contenido de alcohol mayor de 0.5% puede ser adicionando o no de varios ingredientes. En las bebidas fermentadas como lo es la cerveza proceden a la transformación de azúcar a alcohol partiendo del almidón de los cereales (Mencia *et al.*, 2016).

La cerveza es una bebida con más de 8000 años de historia es considerada una bebida muy antigua, pero en cuanto a su elaboración no ha evolucionado mucho. Sin embargo, con la ayuda de las innovaciones tecnológicas se ha permitido su producción de forma eficiente. En el país la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación, hoy en día la cerveza esta, presente en más de 180 países, esta normalmente es un producto de alto consumo de 60 litros per cápita por año (Guido, 2019).

Existe la cerveza industrial y la cerveza artesanal, en 1995 en México surge el movimiento cervecero artesanal mexicano, esta va a la alta a pesar de no contar con una definición exacta y oficial siendo considerada como aquella que es elaborada con materia prima de calidad (Espejel *et al.*, 2021).

En la actualidad se dice, que la cerveza artesanal es un sector que continúa ganando en el mercado mexicano. Teniendo en cuenta que el registro de cervecerías artesanales es de 310. Cabe mencionar que la producción de esta bebida no es solo por su consumo, sino que es una de las principales actividades más importantes de la producción manufacturera, siendo Nuevo León el estado con más número de cervecerías artesanales (Martínez *et al.*, 2021).

Se sabe que la producción de cerveza se inició mucho después de la colonización española, sin embargo, la cebada maltera inicio su desarrollo en México en 1996 buscando fomentar el cultivo de cereal. Este tipo de cebada menor contenido de proteínas a comparación de una cebada forrajera (Saavedra *et al.*, 2018).

La producción de cebada destinada a la elaboración de cerveza es considera una cadena agroalimentaria, esta es utiliza como malta para la elaboración de cerveza. La malta es el grano germinado y posteriormente secado en condiciones controladas.

La cebada es una planta muy diversa y esta se nota más en sus espigas ya que representan un ordenamiento de los granos de dos o seis hileras. Y van a tener una composición diferente de su semilla, e igual tienen distinta calidad. La cebada con

cascara es la más apta para la elaboración de la cerveza debido a que esta cascara interviene al sabor y ayuda a las filtraciones respectivas, teniendo en cuenta que es un poco difícil determinar el grano de cebada adecuado para su uso, ya que los criterios a evaluar son muy pocos. Algunas variedades tienen un alto rendimiento en grano y otras tienen un rendimiento menor y las cualidades de estas se adaptan bien para los procesos de malteado (Salgado *et al.*, 2015).

1.1 Justificación

En México, tenemos grandes empresas cerveceras del mundo como lo es Grupo Modelo y la Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma. En los últimos años han surgido microempresas de cerveza artesanal, por lo cual la sociedad ha empezado a invertir en varias cervecerías de la república mexicana, generando un importante desarrollo local. La producción de cerveza artesanal es un sector que continúa ganando mercado y en México no es la excepción, registrándose la apertura de cervecerías artesanales por diferentes estados de la república. Este crecimiento de cervecerías dentro del país refleja la demanda del producto por parte del consumidor.

Por otra parte, la materia prima principal para la elaboración de la cerveza es la cebada, tanto en la comercial como la artesanal la gran diferencia es el tipo de la cebada que es utilizada, en la cerveza artesanal va depender de esta para darle sabores y aromas algo diferentes a la de una comercial, logrando así una gran variedad de cervezas artesanales.

En la industria cervecera se busca obtener una diversidad amplia de la cebada para tener un buen crecimiento en el mercado. Para ello, en los últimos años el Programa de Mejoramiento de Cereales de Grano Pequeño ha generado líneas de cebada con buenas características agronómicas y de grano. Sin embargo, no existe información sobre su utilización en la elaboración de cerveza artesanal, ni estudios relacionados con las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza elaborada con estos materiales genéticos.

De acuerdo con lo anterior se realizó el siguiente planteamiento de hipótesis.

1.2 Hipótesis

Las líneas de cebada CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO, al menos una de las variedades evaluadas presenta características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para la elaboración de cerveza artesanal.

Para poder comprobar si la hipótesis es correcta se plantearon los siguientes objetivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas y organolépticas de las variedades de cebada CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, Armida y Cerro Prieto, con el propósito de determinar su potencial para la elaboración de cerveza artesanal.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Acondicionar los materiales genéticos para la obtención de malta y elaborar la cerveza artesanal.
2. Analizar las propiedades físicas y químicas de la cerveza artesanal mediante parámetros de color, pH, grados Brix, acidez titulable, nivel de amargor, densidad, polifenoles y capacidad antioxidante (ABTS y DPPH).
3. Analizar las propiedades organolépticas del producto resultante (cerveza elaborada a partir de cada material genético), mediante una prueba hedónica.
4. Comparar los resultados obtenidos entre los diferentes materiales genéticos para identificar aquellas con mejores atributos para la producción de cerveza artesanal.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CERVEZA

2.1.1 Origen de la cerveza

Todo empieza en la época Paleolítica, en donde los *Homos sapiens*, estaban en actividad “recolectora” en donde estos recolectaban frutos, cereales silvestres y raíces etc. En lugares húmedos cercanos a los ríos, para ser más exactos en la unión del Tigris con el Éufrates, ya que según expertos geólogos, debió ser un cenagal (Camps, 2015).

Estos cereales los consumieron crudos en un inicio, hasta que notaron que se mejoraban con el fuego, puesto que ya usaban el fuego desde hace milenios. Por lo tanto, los granos de cereales tostados, crudos, aplastados añadiéndole agua y cocidos, les resultaba el inicio de la panificación que fue uno de los principales alimentos, si estos granos de cebada o de trigo, eran humedecidos, sin ser cocidos, vieron que solían fermentar, y que en la mezcla se producía alcohol. Consiguiendo una bebida que les agrada el paladar y desde el primer sorbo, descubrirían sus efectos. Si la hacían con granos sin cocer les saldría clara y suave de gusto, pero con granos medio tostado producían una más oscura y de gusto más fuerte (Camps, 2015).

Se encontraron tablillas de barro donde pueden hallarse nombres sobre cada alimento, la cerveza en sumerio es Kash, aún mejor en acadio, que es Shi-Karu que significa el que emborracha, tiene un signo cuneiforme, como un gran balde lleno de grano, que debieron ser junto con el agua e ingredientes usados y el lugar de la fermentación (Camps, 2015).

Al parecer, la primera bebida fermentada que conoció el hombre fue la cerveza, en la antigua Mesopotamia, en donde la producción y consumo de cerveza comienza generarse, fue tan popular que se usó como una forma de pago, la existencia de varios tipos de cerveza y todas elaboradas con excelente cebada que cultivaban en el delta del Nilo, ya que fueron unos de los principales en utilizar la malta (Rodríguez, 2022)

2.1.2 Significado de la cerveza

La cerveza es una bebida alcohólica compleja elaborada con cebada (malta), lúpulo, agua y levadura. Químicamente, la cerveza puede considerarse como una solución de agua-etanol con un pH ácido que contiene cientos de moléculas disueltas o también conocida como bebida acuosa fermentada a base de almidón y aromatizada con lúpulo, formando una mezcla de más 450 constituyentes (Morales, 2018).

La cerveza es una bebida fermentada típica y tradicional, de nuestra dieta mediterránea. De acuerdo con las investigaciones biomédicas, dice que es beneficiada para la salud. Considerada como una bebida con bajo contenido de

alcohol (4°-5°) tomando en cuenta que no contiene grasas. Y que tiene un aporte calórico de (45kcal/ 100ml), lo cual es considerado un producto que contiene numerosas vitaminas hidrosolubles, fibra y minerales (Sánchez *et al.*, 2010).

2.1.3 Consumo de la cerveza

El consumo de la cerveza es más frecuente en los fines de semana, las personas la consumen de manera de festejar algún motivo, divertirse, relajarse o para combinar con algún platillo.

Podemos observar en la figura 1, que México ocupa el cuarto lugar de consumo de cerveza a nivel mundial. Pero de los estados de México el más consumidor de cerveza es Monterrey, que representa el 16% del consumo nacional, superando a las ciudades como Cancún, Guadalajara y la Ciudad de México. En cuanto al tipo de cerveza el 91% prefiere clara y el otro 9% oscura (Milenio, 2019).

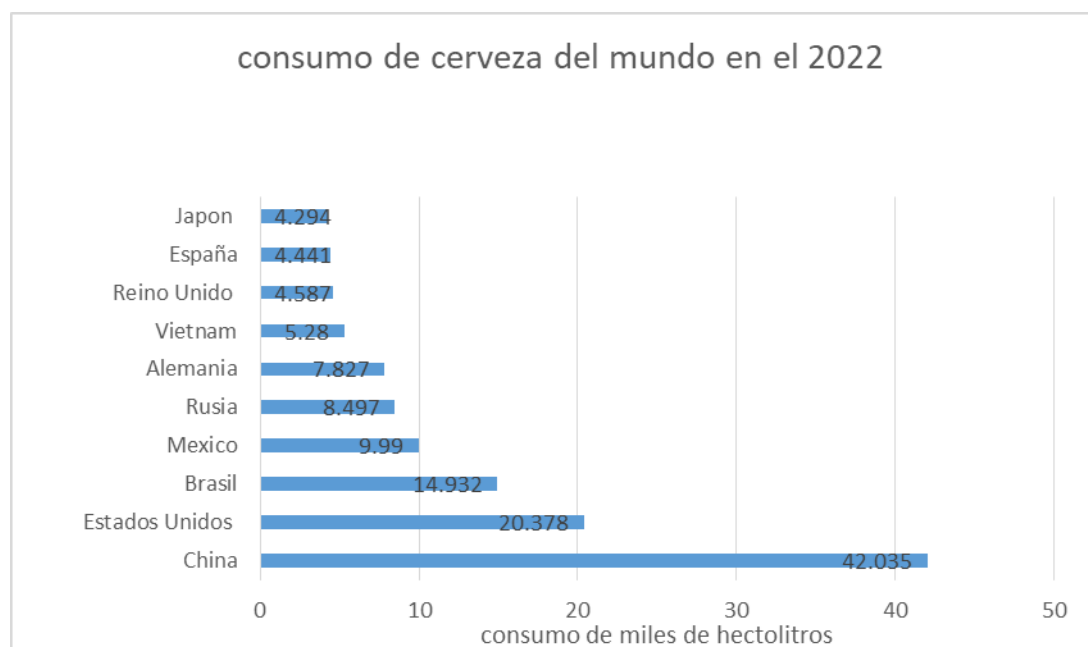


Figura 1. Los países con más consumo de cerveza en términos de volumen total.

Fuente: Statista, 2024.

El consumo de la cerveza se ha convertido en un hábito, del cual el ser humano ha disfrutado, de esta bebida durante muchos años atrás. Convirtiéndose en una de las bebidas más populares en todo el mundo (Advantys, 2023).

El consumo global de cerveza supero los 185 millones de kilolitros en 2021. Esto es suficiente para llenar más de 74,000 piscinas olímpicas.

2.1.4 El sabor y aromas de la cerveza

Para dar sabor y aroma a la cerveza se utilizaba una mezcla de plantas aromáticas en las que predominaban la aquilea, la artemisa y una mirtácea centroeuropea, a las que a veces acompañaban romero, enebro, salvia, regaliz, jengibre y algunas otras plantas, a esta mezcla de plantas se le denominaba gruit pero ante la elevación de su precio la abadesa del monasterio de Rupertsberg, Hildegard von Bingen, escritora fecunda, sabia, polifacética y santa a principios del ciclo XII lo sustituyo por la flor del lúpulo (Díaz, 2015).

Y en la actualidad el lúpulo va ser quien va determinar, las cualidades típicas de la cerveza como el sabor amargo, aroma y la estabilidad de la espuma. En ellos se encuentran los aceites esenciales que es el componente aromático en la cerveza, el aroma es un tema muy complicado, ya que todos los compuestos aromáticos actúan en sinergia. Además, son sustancias muy volátiles y pocas de ellas son sobrevivientes al proceso, siendo poco probable que el 10% termine en el producto final. El geraniol y el linalol (alcoholes superiores) aportan notas florales; los terpenos como el mirceno, el β -pireno y el limoneno contribuyen con fruta y pino, hierbas y frutas cítricas (Suarez, 2013).

El amargor es la característica deseable en todas las cervezas. La causa de amargor, es resultado de la solución de los iso- α - ácidos de los lúpulos en el mosto durante la cocción, su intensidad y calidad del amargor va depender de la variedad del lúpulo utilizado (Suarez, 2013).

El sabor va depender del tipo de cerveza que se está consumiendo, en unas el amargor es poco intenso, de igual manera va tener una variedad de aromas florales y afrutados, otro factor es el uso de ingredientes no tradicionales con el fin de aportar un sabor distintivo (Calapucha, 2019).

2.1.5 Clasificación de la cerveza

Existen infinitudes de cervezas, son innumerables los tipos y marcas de cerveza que hay en el mundo, una de las formas de clasificación de las cervezas es por el tipo de agua empleada, la forma de fermentación, el color y los ingredientes.

A continuación, mostramos una clasificación simple de los tipos de cerveza más aceptados por los fabricantes.

- Cerveza normal: se considera como cerveza normal aquella cuyo extracto seco primitivo no llega al 13%.
- Cerveza especial: es aquella cuyo extracto seco primitivo se encuentran entre el 13 y el 15 % en masa.
- Cerveza extra: cuando el extracto seco primitivo no es inferior al 15% en masa (Sánchez *et al.*, 2010).

2.1.6 Diferencia entre la cerveza artesanal e industrial

La producción y consumo de cerveza artesanal presenta una tendencia clasista. Con la finalidad de recuperar la tradición en su proceso de elaboración, mientras que la cerveza industrial busca una mayor producción comprometiendo la calidad del producto final (Martínez, 2015).

Se sabe que en todo el mundo se consume la cerveza industrial, lo cual es normal, pero estas están alejadas de lo que en verdad es una cerveza, este producto que realmente es elaborado por la malta de cebada; a comparación de una cerveza industrial, ya que su malta de esta es malta de cebada y de cereales adjuntos como pudiera ser el arroz o maíz (Vásquez, 2012).

Una de las grandes diferencias de estas, es que la cerveza artesanal no realiza la pasteurización con la finalidad de conservar los sabores y aromas propios. Otra operación unitaria que no requiere es el filtrado, esto hace que la cerveza obtenida sea más turbia, y en la industrial se realiza la pasteurización y sufre un proceso de filtrado, gracias a ello teniendo una cerveza más clara (Martínez, 2015).

Pero una de sus más importantes diferencias, es que en la elaboración de la cerveza artesanal no se cuenta con los equipos necesarios para su elaboración, por lo que su cuidado es mejor por lo que lo hace un producto de mejor calidad (Vásquez, 2012).

2.1.6.1 Tipos de cerveza

La cerveza tiene varias formas de clasificación, pero la más común a utilizar es la de la fermentación, la cerveza con fermentación baja es lager y la otra con fermentación alta es la Ale (Tirano *et al.*, 2018).

2.1.6.1.1 Tipos de cerveza según su fermentación

2.1.6.1.2 Cerveza Ale

Es una cerveza de fermentación alta, a que nos referimos cuando hablamos fermentación alta, esto se refiere a que la levadura va a trabajar temperaturas altas (18°C -26°C), ya que estas levaduras van a permanecer cerca de la superficie del mosto al final de proceso fermentativo siendo este un proceso corto (Tirano *et al.*, 2018).

2.1.6.1.3 Cerveza Lager

La cerveza lager o bien también conocida como cerveza de baja fermentación, ya que las levaduras de esta van a trabajar en la parte baja del tanque, y destaca en las temperaturas más bajas entre 1°C y 5°C; unas de sus características de este tipo de cerveza es que son más suaves con un contenido de alcohol moderado y un color dorado (Tirano *et al.*, 2018).

2.1.6.1. 4Tipos de cerveza según su aspecto

La principal característica para este tipo de clasificación es el color, pudiendo ser rubias, negras, ámbar o rojas. También se pueden clasificar en translúcidas o turbias (Calapucha, 2019).

2.1.6.1.5 Tipos de cerveza según sus ingredientes

Esta se va a clasificar según el tipo de cereal que es utilizado para su elaboración, como puede ser el avena o trigo o también las que son elaboradas con pseudocereales como el maíz, arroz, sorgo, trigo sarraceno y quínoa (Calapucha, 2019).

2.1.7 Proceso en general de la cerveza

En la figura 2, se puede observar las operaciones unitarias que son utilizadas, en el proceso de elaboración de la cerveza. Empezando con una selección de la materia prima, posteriormente el pesado, siguiendo de ello la maceración, para continuar con el filtrado y lavado, para poder llevar a cabo la cocción, después de esta se realiza la sedimentación, y se continua con un enfriamiento, para poder darle inicio a la fermentación, una vez terminada la fermentación se realiza la maduración, y por último se lleva al enfriamiento y se obtiene el producto final.

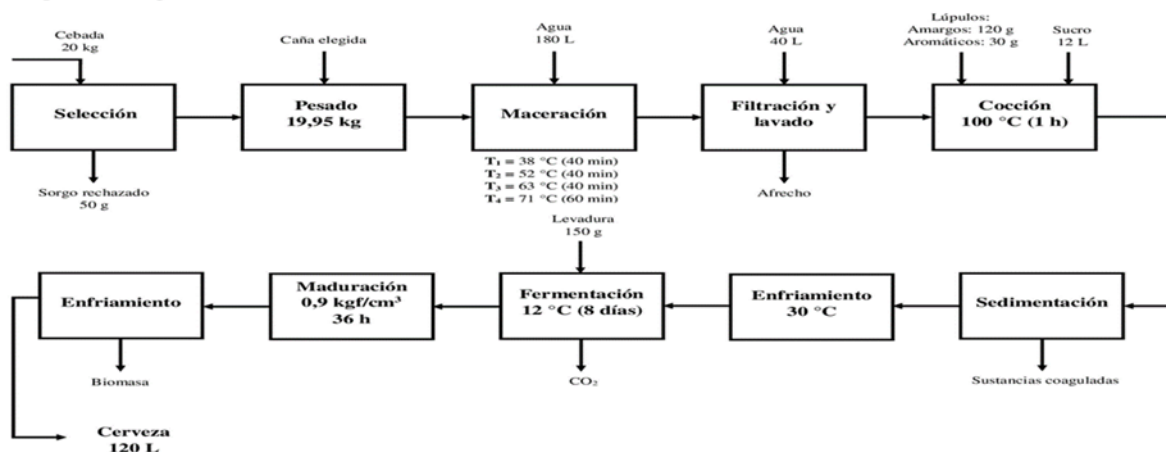


Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de la cerveza
Fuente: Docsity, 2019.

2.1.8 Composición química de la cerveza

La cerveza es fabricada con agua, cebada, levadura y lúpulo, estos son considerados como los principales ingredientes para su elaboración añadiendo posteriormente otros aditivos. Los componentes finales son agua (90%), carbohidratos no fermentados (dextrinas), minerales, vitaminas, ácidos, fenoles, alcohol etílico, dióxido de carbono y aditivos diversos (Rodríguez, 2015).

En el cuadro 1, se muestran los componentes químicos que contiene la cerveza como son los carbohidratos, la glucosa, compuestos nitrogenados, compuestos de azufre y oligoelementos extraídos de la cebada malteada, por igual contiene prenilflavonoides como xantohumol e isoxantohumol derivados del lúpulo (Morales, 2018).

Cuadro 1. Componentes químicos proximales de la cerveza.

Componente	Cantidad (g/100 mL de porción bebible)
Agua	90
Proteína	0.3
Lípidos	0
Carbohidratos	5.1
Alcohol etílico	4.5
Ceniza	0.1
Cantidad (mg/100 ml de porción bebible)	
fosforo	15
hierro	0.1
Vitamina B1	0.01
Vitamina B2	0.03
Vitamina B3	0.06
Energía (KJ)	150.62

Fuente: Rodríguez, 2015.

2.1.9 La cerveza en la salud

Estudios realizados por el Centro de información Cerveza y Salud (CICS) han determinado, los grandes beneficios que aporta la cerveza en el organismo siempre y cuando esta sea tomada de manera moderada, que sea un consumo de medida (Vásquez, 2012).

Con respecto a la nutrición los estudios determinaron que la cerveza es una bebida natural y saludable. Que no contiene grasas y aporta vitaminas y minerales. Por lo que se puede decir que su consumo puede incluirse en cualquier dieta siempre cuando sea equilibrada y un consumo moderado (Vásquez, 2012).

En cuanto el consumo moderado de cerveza, varios estudios epidemiológicos han revelado que es protector contra enfermedades coronarias, accidentes cerebrovasculares isquémicos, enfermedades arteriales periféricas y desarrollo de insuficiencia cardiaca (Redondo *et al.*, 2018).

Mientras la cerveza sea consumida moderadamente es protector de prevenir ciertos tipos de cáncer, pudiendo prevenir el desarrollo de la carcinogénesis por diferentes procesos inhibitorio, y de prevenir la diabetes tipo 2 (Hernández, 2016).

2.2 CERVEZA ARTESANAL

Hoy en día, legal y fiscalmente hablando, no existe en nuestro país, una separación para el producto, o fabricante de cerveza artesanal, representada en la industria mexicana como el 1% de las ventas totales, según Asociación de Cerveceros Artesanales de la República Mexicana (ACERMEX) lo cual es aceptar, que dichos productores se encuentran en un plano de igualdad frente a los fabricantes de cerveza “comercial” o industrializada (Yomamoto *et al.*, 2018).

Actualmente, el panorama de la cerveza artesanal en México es prometedor. Se estima que al menos 300 empresas artesanales de cerveza y su demanda prevé en el corto plazo, un crecimiento de 0.5 a 5% en un mercado de 63 millones de consumidores con un consumo de 62 L anuales per cápita, según datos de Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FESMA) (Bernáldez, 2013).

La industria cervecera ha presentado un crecimiento alto, principalmente en el mercado de elaboración de cerveza artesanal, donde el proceso debe ser más cuidadoso debido a la poca tecnología que se emplea para su elaboración. Sin embargo, las características de este tipo de cervezas varían en comparación con una cerveza comercial, unas de las principales que interviene en ese cambio es la gasificación y la calidad de la cebada ya que este puede afectar de manera física y química, teniendo en cuenta que esta cebada cuenta con la mayoría de las características establecidas. Algunos factores de variación importantes son el cuidado y dedicación del maestro cervecero durante la elaboración (Guzmán *et al.*, 2019).

2.2.1 Producción de cerveza artesanal.

Se da el surgimiento de la cervecería artesanal mexicana, que es posible definir como aquella que produce menos de 150 hl anuales mexicanos o aquellas que tiene características organolépticas con un rango de diferencia algo extenso. Y cumple con la ley de pureza alemana establecida en 1516 que indica que la cerveza artesanal, puede elaborarse con cuatro ingredientes: malta de cebada, agua, lúpulo y levadura dando a entender que su producción debe ser casera obteniendo así un volumen pequeño y sin utilizar adjuntos. Las primeras fueron la cerveza cosaca en 1995 y posteriormente en 1997 el restaurante- bar beer Factory. Después nace la cervecería minerva en 2003, actualmente la más importante en términos de capital; en 2006 inicia operaciones primus y calavera se funda en 2008; desde entonces el crecimiento de estas microempresas ha tenido un crecimiento exponencial (Bernáldez, 2013).

La producción y el consumo de la cerveza artesanal mexicana, al ser una elección entre una industrial, permite la participación de la sociedad en producción, y distribución y consumo de alimentos nutricionales adecuados (Bernáldez, 2013).

2.2.2 La industria cervecera artesanal en México

En México hacia 1918 existían 36 fábricas de cerveza regionales, las cuales al unirse logran la formación, o bien el nacimiento de una de las empresas cerveceras más importante y reconocida del país, en el año de 1927 llega la empresa cervecera comercial grupo Modelo (Figura 3), la cual siguió fusionándose con las diversas cervecerías durante décadas, hasta que en los 90s empezó a cotizar en la bolsa mexicana de valores (BMV), dejando de cotizar en 2017, después de su adquisición por parte de Anheuser-Busch.

Para finales del siglo pasado en la república mexicana, nacieron un par de cervecerías artesanales, Cosaco y Casta. Cosaco todavía está en existencia en el mercado, la segunda desapareció después de ser adquirida por el grupo regiomontano Coca Cola Fesma. A inicios del siglo XXI nacieron las grandes cervecerías artesanales de la época actual, Mexicali, Tijuana, Minerva y Tempus, conformando la primera ola de cervecerías artesanales mexicanas, dirigidas por empresarios emprendedores que tenían una posición económica estable en otras industrias, motivados por el surgimiento de este sector en California, especialmente en San Diego cuna, de la cerveza artesanal de Estados Unidos (Cazares *et al.*, 2019).



Figura 3. Inauguración de la cervecería grupo Modelo en México.

Fuente: Grupo Modelo.

A principios del año 2014, se da inicio a la segunda ola de cervecerías artesanales mexicanas (Figura 4), fue destacada por contar con la facilidad de la compra de maquinaria o bien de equipos especializados para la elaboración de estas; compactada más que nada por jóvenes de alta posición económica entre la clase media y alta. La tercera ola, del 2015, está caracterizada por funciones de capitales con fines de lucro como prioridad, encontrando en el negocio cervecero artesanal una oportunidad para obtener ganancias, dando lugar a cervecerías con alta capitalización, de tamaño medio, tecnología de punta y calidad competitiva, aunque se encuentran aún jóvenes para alcanzar los niveles de la segunda ola. En 2017, se estima que la industria cervecera artesanal mexicana incrementara sus ventas a

166,059 hectolitros, lo que representa al 59% de acuerdo los datos de Acermex (Cazares *et al.*, 2019).



Figura 4. Cervezas artesanales de México.

Fuente: DE MX, 2017.

En el proceso de la elaboración de cerveza artesanal (Figura 5), el producto vario en consecuencia de ellos es por sus diferentes técnicas, ingredientes y porcentaje de alcohol (Yupangui, 2022).



Figura 5. Proceso de elaboración de la cerveza artesanal

Fuente: Yupangui, 2022.

Por otro lado, las microempresas de cerveza artesanal también tienen grandes desventajas como son que las grandes cerveceras que ofrecen productos con precios más bajos, en el mercado en donde el consumidor se guía más por el precio (Rendón *et al.*, 2020).

2.2.3 Atributos de importancia en la compra de cerveza artesanal

En el cuadro 2 se muestra los atributos importantes al momento de comprar cerveza artesanal. Este listado es producto de la fase exploratoria, donde se rescatan atributos de estudios anteriores relacionados al tema, y entrevista a consumidores, expertos en la fabricación y distribución de cerveza artesanal. Para evaluar la importancia de cada atributo, se utiliza el método mejor-peor escala con la abreviatura en inglés (BWS) (Fernández *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Atributos importantes de comprar de cerveza artesanal

Atributos de compra de cerveza artesanal
Calidad
Marca
Haberla probado antes
Precio
Sabor
Coincide con la ocasión
Tipo de cerveza (Ale, lager, Porter)
Refrescante
Tipo de cerveza (Lata, Botella)
Aroma
Color
Alguien la recomendó
Existencia de espuma
Información del envoltorio
Consistencia de la espuma

Fuente: Fernández *et al.*, 2017.

Existen una diversidad de factores que van intervenir en la compra de la cerveza, que se muestran a continuación en la siguiente figura 6, en donde se observa la valoración de cada atributo de la cerveza artesanal según su importancia por cada uno de los segmentos encontrados (Fernández *et al.*, 2017).

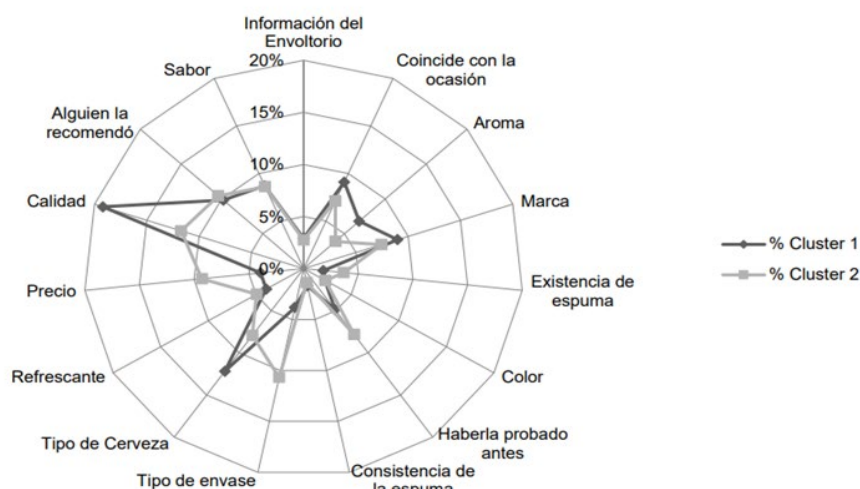


Figura 6. Factores más importantes en la compra de la cerveza artesanal
Fuente: Fernández *et al.*, 2017.

En base a estos factores, se desea destacar la calidad y beneficios del producto y de igual forma, hace recomendaciones a los maestros cerveceros, así ellos valoren la calidad, de su materia prima que es la cebada.

2.3 CEBADA

2.3.1 Origen de la cebada

La cebada es una de las plantas cultivadas más antiguas. Su domesticación ocurrió simultáneamente con la del trigo en las cercanías de los ríos Tigris y Éufrates y la antigua Persia hasta el norte de África, en la región que es actualmente Egipto y tuvo en sus comienzos una difuncion similar a la del trigo. Los egipcios la utilizaron para cerveza (Simon *et al.*, 2022).

Es uno de los cultivos mas antiguos de la agricultura del viejo mundo, fueron encontrados varios sitios con restos arqueologicos, de grano de cebada en la region del creciente fertil Mesopotamia (Ponce *et al.*, 2020)

Se encontraron cebadas de seis hileras en marruecos sugiriendo que este era también un centro de origen, determinaron que el origen de la cebada es multicentrico, en la zona del Mediterráneo y también probablemente en la zona del Tibet (Simon *et al.*, 2022).

Existen desacuerdos sobre el origen de las cebadas cultivadas, particularmente sobre las cebadas de seis hileras y de dos hileras, se originaron por separado o vinieron de una población común. El fundamento más aceptado ampliamente es un origen único, de dos hileras, *Hordeum vulgare* (Simon *et al.*, 2022).

2.3.2 Que es la cebada

La cebada es considerada como uno de los cultivos más antiguos en el mundo, tiene ventajas en comparación con otros cereales, algunas de ellas es ser vigorosa, resistente a la sequía y puede cultivarse en suelos marginales.

La cebada pertenece a la familia de las gramíneas, tiene una similitud con el trigo, su nombre científico es *Hordeum vulgare*. La cebada utilizada para la elaboración de la cerveza, es muy rica en almidón ya que esta va a ser la causante de darle oportunidad de iniciación a la fermentación. Y de igual manera contienen cantidades suficientes de proteínas, para ser proporcionadas a los aminoácidos estos dando la oportunidad, de que la levadura lleve su etapa de crecimiento y sus sustancias nitrogenadas, ya que estas juegan un papel importante en la formación de espuma (Tirado *et al.*, 2018).

Tiene dos usos principales, una es como alimento y la otra para la producción de malta de cerveza. La malta es el grano germinado de la cebada (Salgado *et al.*, 2015)

La cebada está compuesta de almidones y polisacáridos pero la gran parte de ella es el almidón, que está conformado por un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina, y los demás polisacáridos se van encontrar localizados en la pared celular e incluyen B-glucanos y pentosanos (Tirado *et al.*, 2018).

En el siguiente cuadro 3 se muestra la composición bioquímica del grano de cebada, como antes ya lo mencionamos sus principales componentes son los glucosidos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, minerales, polifenoles etc.

Cuadro 3. Composición bioquímica del grano de cebada

Composición bioquímica del grano de cebada en % materia seca	
Componentes	representado en %
Glucósidos	78-83%
Almidón	63-65%
Sacarosa	1-2%
Azúcares reductores	1%
Pentosanos	8-10%
B- glucanos	3-5%
Proteínas	9-12%
Albuminas	1.5-1.9%
Globulinas	0.4-0.5%

Hordeinas	0.9-1.2%
Glutelinas	3-4%
Aminoácidos y péptidos	0.5%
Lípidos	2-3.5%
Ácidos nucleicos	0.2-0.3%
Minerales	2%
Polifenoles	0.5-1.5%
Otros compuestos	4-6%

Fuente: Tirado *et al.*, 2018.

Es considerada la materia prima, para la maceración las cebadas cerveceras deben poseer una serie de características físicas y bioquímicas, entre las físicas el grano debe ser entero y uniforme, en las bioquímicas es importante que el grano germine rápidamente, mediante la absorción con la finalidad de tener mayor volumen de malta (Ruiz, 2022).

2.3.3 Taxonomía de la cebada

En el cuadro 4 se muestra la clasificación completa de la cebada, *Hordeum vulgare* L.

Cuadro 4. Clasificación de la cebada

REINO	Plantae- Plantas
Subreino	<i>Tracheobionta</i> - Plantas Vasculares
Superdivision	<i>Spermatophyta</i> - Plantas Con Semilla
División	<i>Magnoliophyta</i> - Plantas Que Florecen
Clase	<i>Liliopsida</i> -Monocotiledoneas
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperales</i>
Familia	<i>Poaceae</i> - Familia De Las Gramíneas
Genero	<i>Hordeum</i> - Cebada
Especie	<i>Vulgare</i> L.- Cebada Común
Nombre Científico	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre Común	Cebada

Fuente: Ponce *et al.*, 2020.

2.3.4 Morfología de la cebada

La cebada perteneciente a las familias gramíneas con características específicas: raíz, tallo, hojas, inflorescencia se pueden ejemplificar en la figura 7, (Castiblanco *et al.*, 2018).

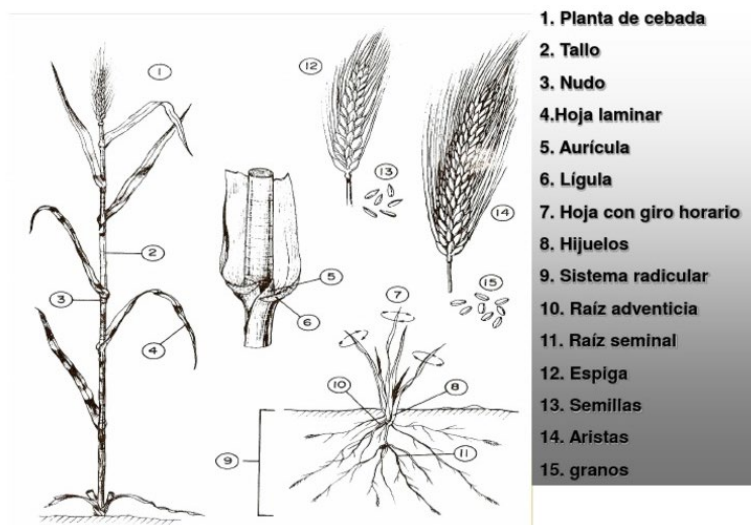


Figura 7. Morfología de la cebada

Fuente: Inga, 2020.

Hojas: la cebada es una planta de hojas estrechas, lineales lanceoladas y color. Compuestas de un vaina, no son pubescentes su ancho va variar de 5 a 15 mm. La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida (Vargas, 2015).

Raíces: el sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentran en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1.20 m de profundidad esta pose dos tipos de raíces seminales y adventicias las seminales, estas desaparecen en la etapa adulta y la adventicias y estas se desarrollan en la base del tallo (Vargas, 2015).

Tallo: el tallo es recto, grueso con 5 a 7 entrenudos cilíndricos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 cm a un metro (Vagas, 2015).

Tiene de siete a ocho entrenudos, huecos que son separados unos de otros por diafragmas los entrenudos se hallan en la base del tallo, mientras que el entrenudo más largo crece progresivamente hacia riba (Catiblanco *et al.*, 2018).

Flores: las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas es autógama. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de la variedad determinada (Vargas, 2015).

Fruto: el fruto es en cariópse oval, acanalado con extremos redondeados, esta generalmente cubierto por la palea y la lemma, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda (Vargas, 2015).

2.3.5 Requerimientos edafoclimáticos

Clima: la cebada puede sembrarse a climas templados, pero esta se adaptada a climas frescos y a veces a climas moderadamente secos exigencias, en cuanto al clima son muy pocas, por lo que su cultivo se encuentra muy extendido, tiene la capacidad de resistir a altas temperaturas durante el verano, dependiendo de la región, siempre y cuando esté acompañado de otros factores como, un buen drenaje, buena preparación del terreno, riegos y fertilizaciones oportunas esta también requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez a los 70° de latitud Norte, no sobrepasado en Rusia los 66°, y en América los 64° (Vargas, 2015).

Temperatura: Se ha definido como un factor principal a la temperatura pues esta es la encargada de determinar la etapa del crecimiento del cultivo. Para germinar necesita una temperatura mínima de 6°C. Florece a los 16°C y madura a los 20°C. Y para entrar a una madures fisiológica 24°C. Tolera muy bien las bajas temperaturas, ya que puede llegar a soportar hasta- 10°C. En climas donde las heladas invernales son muy fuertes, se recomienda sembrar variedades de primera, pues estas comienzan a desarrollarse cuando ya han pasado los fríos más intensos su temperatura optima se encuentra entre 10°C y 20°C (Vargas, 2015).

Suelo: La cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelo poco profundos y pedregosos. Pero contando con el agua suficiente hace buena producción No le van bien los terrenos demasiados arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo los terrenos compactos no le van bien, pues se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta (Vargas, 2015).

En cuanto al calcio, la cebada es muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos muy calizos, por lo que muchas veces a este tipo de suelos es corriente llamarlos “cebaderos”, a ser muy sensible a los excesos de humedad no tolera los suelos de textura pesada por lo que prefiere suelos livianos si bien tiene un amplio margen en cuanto a tolerancia de diferentes valores de pH. La cebada es el cereal de mayor tolerancia de diferentes valores de pH. La cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad, estimándose que puede soportar niveles de hasta 8 dS/m (decisimens por metro), en el extracto de saturación del suelo, sin que sea afectado el rendimiento, los suelos actos para el cultivo de cebada son los de textura media, con pH ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos (Vargas, 2015).

2.4 MALTA

2.4.1 Malta de la cerveza

La malta es la materia prima necesaria para la elaboración de la cerveza, ya que otorga características organolépticas en la cerveza y va ser la encargada de proporcionar casi todos los componentes proteínicos solubles de esta, que da estabilidad a la espuma. Por lo tanto, debe tener un control bien establecido de temperatura y tiempo durante el proceso de malteado (León, 2019).

2.4.2 Cebada malteada.

Es el producto que se obtiene al someter el grano de cebada a un proceso controlado, cuando esta empieza su germinación, secado y tostado en condiciones adecuadas para su posterior empleo en la elaboración de cerveza (García, 2015).

La cebada es un cereal energético, rico en carbohidratos, especialmente almidón, de importante aporte energético para el organismo. Los granos de cebada conservan los siguientes componentes: hidratos de carbono como el almidón (65-68%), grasa (2-3%) proteínas (10-17%) minerales, vitaminas, antioxidantes y fibra soluble e insoluble. La fibra total esta entre 11-34% y la fibra soluble entre 3-20%. Los granos totales son útiles para elaborar bebidas instantáneas o bien bebidas fermentadas. Debido a la presencia de azúcar reductores, dextrinas y compuestos heterocíclicos (García, 2015).

La cebada con cascara son las más utilizadas para la producción de cerveza, debido a que este tejido influencia en el sabor, y es de importante ayuda para las filtraciones respectivas, siendo así un poco difícil la distinción de la cebada, ya que son muy pocas las diferencias que las distingue (Salgado *et al.*, 2015).

El grano de cebada contiene almidón en forma insoluble. Pero para poder llevar la elaboración de la cerveza se necesita ser soluble para obtener azúcares fermentables para lograr o llegar a lo que es el malteado (García, 2015).

2.5 AGUA

El agua es considerada un elemento indispensable para el ser humano el cual también se considera escaso ya que el planeta está compuesto de un 97.5 % de agua salada y un 2.5 % de agua dulce, de igual manera es impórtate ya que sin ella no existiría la vida. Este elemento está compuesto por un átomo de oxígeno y 2 átomos de hidrogeno teniendo una formula química H_2O y una densidad de 997 kg/m³, siendo su punto de ebullición de 100 °C.

Este elemento su costo va depender de su ubicación geográfica en lugares con más humedad, u ojos de agua su precio será menor y en lugares desértico su precio será mayor.

El agua potable contiene iones y minerales que deben controlarse ya que condicionan el pH del mosto. El pH influye en la clarificación, astringencia, color,

amargor e incluso en la conversión del almidón en azúcares. Además, intervienen directamente en el sabor como los sulfatos que pueden resaltar el amargor del lúpulo, el calcio favorece la liberación de aminoácidos para la levadura, mientras que los cloruros afectan la textura de la bebida (Guerberoff *et al.*, 2020).

La concentración de las distintas sales del agua puede modificarse, si se requiere imitar las características del agua de cualquier región del mundo para elaborar determinado estilo de cerveza. La cantidad a utilizar es equivalente a la cantidad que se evapora durante la cocción. La mitad del volumen que se evapora durante la cocción. La mitad del volumen total aproximado se utiliza en la elaboración del mosto, y el resto se agrega para la cocción del mismo (Guerberoff *et al.*, 2020).

2.5.1 El agua de la cerveza

El 95% del peso de la cerveza es agua, por lo que el consumo anual de cerveza en el mundo es de 850 Mhl (Hectolitros) se deben unos 85 Mm³ (milímetro cubico) de agua al año en forma de cerveza. Pero este no solo es en la cerveza si no también se emplea en la limpieza; se gastan volúmenes considerables en la generación de vapor, y también se pierde mucha en los vertidos a los desagües, como es el agua de enfriamiento o calentamiento. Las distintas industrias cerveceras difieren mucho en su eficiencia en la utilización de agua, algunas fábricas emplean volúmenes más de diez veces superior al de la cerveza que producen (Lucas *et al.*, 2016).

La mayoría de las industrias cerveceras, se establecen en aquellos lugares en los que se dispone de agua, dependiendo del tipo de cerveza que se desea elaborar. Así por ejemplo el alto contenido de sulfato calcio, resulta ideal para las cervezas de tipo “pale ale” (fermentada con levaduras altas y de color claro). En contraste con esto, las aguas blandas resultan ideales para la elaboración de cerveza tipo “lager” (fermentada con levaduras bajas). Además, el agua es rica en bicarbonato de calcio resulta excelente para la producción de las cervezas más oscuras, como las de Munich, Londres o Dublín (Lucas *et al.*, 2016).

En función de la calidad del agua de partida, puede ser necesario tenerla en tratamiento para eliminar todos los agentes de contaminación, que puedan interferir en la calidad de la cerveza o en su estandarización. Este tratamiento puede constar de 3 fases: pretratamiento (filtración, sedimentación, centrifugación), ablandamiento y des ionización y tratamiento final (desinfección, carbón activo, ozonización) (Lucas *et al.*, 2016).

2.5.2 Uso y demanda del agua en la industria cervecera

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones: como medio para calentamiento o enfriamiento, para producir vapor de agua, como disolvente, como materia prima para limpieza. Según su uso industrial puede ser empleado como siguiente

- Aguas tecnológicas o de proceso: van ser las que forman parte del producto final, o que por razones tecnológicas tienen contacto directo con el producto durante el proceso.
- "Aguas de operación: son aquellas implicadas en las actividades de generación de vapor y vacío, intercambio de calor y regeneración de equipos de tratamiento de agua.
- Aguas de limpieza: comprende toda aquella agua que se utiliza para desinfectar la materia prima, el producto final, los equipos tecnológicos y áreas de trabajo (Barreto *et al.*, 2018).

2.5.3 Operaciones y procesos que emplean agua de proceso

En el área de cocción: en la molienda de tipo húmeda acondicionada, el complemento de la maceración, el riego de la filtración, la preparación del agua de azúcar como adjunto, el enfriamiento del mosto (trasferencia de calor).

En el área de fermentación: en el filtro de cerveza (empuje, limpieza y preparación de la tierra), en la dilución en bodega, en el almacén de levadura, en el cultivo de levadura (Barreto *et al.*, 2018).

2.6 LUPULO

El lúpulo es una planta conocida como trepadora que pertenece a la familia de las *cannabáceas*, esta familia está formada por hierbas, arbustos o árboles de la cual se utilizan sus flores (Figura 8). En el interior de las flores se encuentran las glándulas de lupulina, compuesta en un 12-24% por ácidos amargos (alfas y betas) que confieren el amargor y estabilidad a la cerveza 0.2-0.08%, en aceites esenciales (volátiles y terpenos que transfieren aroma; y taninos que contribuyen a la clasificación de la cerveza que actúan en la formación de la espuma (Guerberoff *et al.*, 2020).



Figura 8. Flor del lúpulo
Fuente: Natur Vital.

El lúpulo (*Humulus lupulus*), es el encargado de dar sabor y aroma, es un ingrediente de mucha importancia y esencial que se emplea en la elaboración de la cerveza por el poder de amargor que tiene, es una planta de la cual se utilizan las flores 20 femeninas que ofrecen el toque de amargor y parte del aroma y sabor a la misma, es originaria de zonas templadas del hemisferio norte, tiene un gran beneficio que es ayudar a la precipitación de las proteínas del mosto y también a la clarificación de la cerveza, de acuerdo con el investigador el lúpulo se clasifica según el contenido de ácido alfa, como que refieren al poder amargante de un lúpulo y se mide por porcentaje que contiene de esta sustancia (Parraga *et al.*, 2022).

La calidad del lúpulo se determina de forma química y sensorial. Los parámetros químicos más utilizados son la humedad y el contenido en ácidos amargos, basado en el análisis del espectro de absorción de un extracto metanólico del lúpulo. En cuanto a los parámetros sensoriales la calidad viene fijada por la presencia de impurezas, uniformidad, tamaño y densidad y los conos, estado de la lupulina, presencia de semillas, olor y aroma color y presencia de manchas (Torres *et al.*, 2017).

A continuación, en el siguiente cuadro 5 se representa el porcentaje de lúpulo y el tiempo y cuanto se debe agregar al mosto.

Cuadro 5. Porcentaje de utilización en cuanto al tiempo

Tiempo de hervor en minutos	Porcentaje de utilización	
	Flor	pallets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
60 a 74	24	30
Más de 75	27	34

Fuente: Tirado *et al.*, 2018.

A continuación, en el cuadro 6 se muestra, como está compuesto químicamente el lúpulo y el porcentaje que contiene.

Cuadro 6. Composición química del lúpulo

Sustancia	Cantidad (%)
Agua	10.0
Resinas totales	15.0
Aceites esenciales	0.5
Taninos	4.0
Monosacáridos	2.0
Pectina	2.0

Aminoácidos	0.1
Proteína (N*6.25)	15.0
Lípidos y ceras	3.0
Cenizas	8.0
Celulosa. Lignina, etc.	40.4
Total	100.00

Fuente: Tirano *et al.*, 2018.

2.6.1 Descripción botánica

El lúpulo es considerado como una planta vivaz por rizoma. Tallo de hasta 12 m de altura sarmentoso, dextrosumoso y fistuloso armado de tricomas simples y bifurcados que utiliza como sujeción al soporte. Hojas de 15.5-18.5 cm opuestas (alternas), pecioladas, ampliamente cordadas en la base, palmatilobadas, con lóbulos (3-5) el central mayor que los laterales, profundamente inciso-dentados, con dientes obtusos y mucronados (Cabello, 2021).

Inflorescencias masculinas laxas, multifloras e igual cuenta con inflorescencia femenina compacta en forma de cono. Sus flores masculinas con 5 pétalos y 5 estambres opuestos (Camero *et al.*, 2018).

2.6.2 Hábitat y distribución

Aparece de forma silvestre en sotos alisedas, y ambientales húmedos de zonas templadas y frías del hemisferio norte. También se ha ido introducido en diversos países como Chile y Argentina. Ampliamente cultivado en países del hemisferio norte (entre 35-55°N) se encuentra dispersa por toda la península, sobre todo el noroeste de España donde también es cultivado (Cabello, 2021).

2.6.3 Cultivo y variedades del lúpulo

El lúpulo se siembra en emparrados para favorecer su ámbito trepador. Solo se siembran individuos femeninos y se separan algunos masculinos para la obtención de semillas. Una vez germinadas, se desarrolla la planta y hay que esperar la floración para distinguir ejemplares machos y hembras. Los individuos femeninos seleccionados son rizomatosos, y pueden llegar a producir flores hasta durante 20 años. En cualquier caso, hay que evitar la fecundación de las mismas. La recogida de los conos se realiza en el verano una vez maduras las flores femeninas cuando existe mayor concentración de metabolitos en las glándulas de lupulina (70-80%). La cosecha debe ser rápida, dado que en pocos días esta concentración disminuye (Cabello, 2021).

Como se indicó con anterioridad, existen casi un centenar de variedades de lúpulo que se pueden dividir desde el punto de vista de la fabricación de la cerveza en amargas, aromáticas o mixtas, si bien cada variedad a su vez depende del lugar geográfico donde se cultiva, dado que las características del suelo, clima y riego en su caso condicionan las características finales (Cabello, 2021).

En el cuadro 7 se muestra algunas variedades de lúpulo, origen, resistencia de hongos, aroma, alfa y beta ácido y componente principal de su aceite esencial.

Cuadro 7. Variedades de lúpulo y sus principales características

Variedad	ORIGEN	RESISTENCIA A HONGOS	AROMA	A- ACIDOS (%)	B- ACIDOS (%)	A/B RADIO	COHUMULONA (%)	PRINCIPAL ACEITE ESENCIAL (%)
AHTANUM	EEUU	TOLERANTE	CITRICO	4.2- 6.7	4.6-6.1	1.0	30.0-34.0	MIRCENO 45.0-55.0
AMARILLO	RECIENTE	RESISTENTE	CITRICO	8.1- 10.5	5.5-7.3	1.5	20.0-22.0	MIRCENO 40.0-40.0
CASCADE	EEUU	RESISTENTE	POMELO	5.6-8.8	6.4-7.3	1.1	31.0-34.0	MIRCENO 45.0-60.0
CENTENNIAL	EEUU	MODERADA	FRORAL Y CITRICO	8.2-10.9	3.5-4.4	2.4	25.0-27.0	MIRCENO 52.0-60.0
CHINOOK	EEUU	TOLERANTE	PICANTE Y PINACEO	12.2-15.3	3.4-3.7	3.9	28.0-30.0	MIRCENO 20.0-30.0
CITRA	AMERICA	TOLERANTE	FRUTAL	11.3-14.0	3.6-3.9	3.4	21.0- 24.0	MIRCENO 60.0-70.0
CLUSTER	AMERICA	SUSCEPTIBLE	CITRICO	7.6-8.9	4.9-5.6	1.6	37.0-40.0	MIRCENO 38.0-46.0
CRYSTAL	EEUU	TOLERANTE	FLORAL Y PICANTE	2.4-5.0	5.9-7.6	0.6	20.0-22.0	HUMULENO 40.0-45.0

Fuente: Cabello, 2021.

2.6.3.1 Chinook

Es de origen estadounidense, es una variedad proveniente del cruzamiento de Petham Golding y una planta masculina USDA, esta variedad presenta una concentración de 12 a14% de alfa- ácidos (Sposito *et al.*, 2019).

2.7 LEVADURA

Es considerada como una variedad de hongos de reproducción asexual que trasforman el azúcar en el alcohol convirtiéndola en ATP y dejando el alcohol como producto desechado en el proceso de la fermentación (en ausencia de oxígeno) en diferentes bebidas como es el vino, cerveza y la sidra etc.

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino gran utilidad (Suarez *et al.*, 2016).

Las levaduras desde su existencia hasta la época han sido utilizadas en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX (Suarez *et al.*, 2016).

Actualmente existen más de 1.500 especies, conocidas como levaduras repartidas en dos filas de las cuales el 30%, tienen la capacidad de fermentar (Burini *et al.*, 2021).

Entre las sustancias que requieren las levaduras para su nutrición son agua, sales, sustancias no nitrogenadas, sustancias nitrogenadas y oxígeno. Para la elaboración

de cerveza se pueden propagar la levadura partiendo de cultivos de una sola célula (García, 2015).

El contenido proteico de las levaduras varía entre el 40 y el 50% de su peso seco y tienen una excelente calidad en función de su perfil de aminoácidos esenciales. La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4.5 a 6.5 son capaces de competir con la bacteria láctica en el resumen por azúcares solubles (Suarez *et al.*, 2016).

2.7.1 Características generales

Saccharomyces cerevisiae es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo Saccharo (azúcar), myces (hongos) y cerevisiae (cerveza) (Suarez *et al.*, 2016).

Es una levadura cuya colonia es color crema o blanca con una imagen húmeda y brillante, tienen una temperatura de crecimiento de un rango de entre 25 a 30°C, sirve como fuente de enzimas o como sustituyente de sabores naturales es el más utilizado en la industria ya que muy fácil de manipular (Jiménez, 2018).

Se ha observado que la crema de levadura *S. cerevisiae* concentrada, alcanza valores de materia seca (MS) de 18-20% y un contenido de proteína bruta (PB) de 32-36% sobre base seca (Suarez *et al.*, 2016).

En el cuadro 8 se puede observar cómo está compuesta la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Cuadro 8. Composición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (expresado en ARN).

Componentes (%)	Otero, (1989)	García <i>et al.</i> (2000)	Otero <i>et al.</i> (2012)	Yamada <i>et al.</i> (2003)
Polisacáridos	29,71	34,1	36	31,40
Trehalosa	NR	5	NR	NR
Ácidos nucleicos y nucleótidos	10,65	10,8	7,41	9,00
Fosfolípidos	1,18	4,5	2,63	0,5
Triglicéridos	NR	2,5	NR	NR
Esteroles	NR	1	NR	NR
Ceniza	8,32	3,1	7,34	4,60
Proteína	40,20	39	44,7	42,67

Fuente: Suarez *et al.*, 2016.

2.7.2 Factores a tener en cuenta para el crecimiento y desarrollo de la levadura

Presión osmótica: la nutrición de la levadura es un proceso puramente osmótico, es importante evitar medios hipertónicos o hipotónicos para evitar la plasmoptisis y plasmólisis. El estrés osmótico puede causar una disminución en el volumen celular, afecta además la velocidad de fermentación, así como viabilidad celular (Suarez *et al.*, 2016).

Temperatura: Las altas temperaturas ocasionan una disminución de la biomasa, producto de un descenso en el contenido de proteínas, RNA; DNA y aminoácidos libres e induce a la rigidez de la membrana celular. Temperaturas muy bajas provocan un estado de latencia en la célula deteniendo su desarrollo (Suarez *et al.*, 2016).

Dsecación: es uno de los principales agentes que inhiben las actividades y desarrollo de los microorganismos.

Luz: en general la luz es perjudicial para los microorganismos que carecen de clorofila, o cualquier otro pigmento que les permita usar la energía otro pigmento que les permita usar la energía de las radiaciones en el proceso de fotosíntesis.

pH: el pH óptimo en el cual se desarrollan mejor los microorganismos, está entre 4 y 5. Las levaduras tienen la ventaja de soportar medios más ácidos, que otros microorganismos, lo que es aprovechando en los procesos industriales para mantener el medio controlado de bacterias que puedan competir por el sustrato (Suarez *et al.*, 2016).

Alcohol: el efecto del etanol en la célula es una combinación de inhibición del crecimiento y disminución de la viabilidad, puede actuar como inhibidor de fermentación a partir de un 8% Riegel (Suarez *et al.*, 2016).

2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL

En la antigüedad el hombre percibía los alimentos, por medio de sus sentidos y a través ellos, optaban sí, me gusta o no me gusta, siendo de la misma manera si es aceptable el producto alimenticio.

2.8.1 El olor y el sentido del olfato

El olor en la evaluación sensorial de los alimentos, desempeña un papel muy importante sin embargo su identificación, y las fuentes de las que proviene son muy complejas y aún se desconocen muchos aspectos. El olor de los alimentos se origina por las sustancias volátiles al ser desprendidas son percibidos por los receptores olfatorios.

La diferencia entre olor y aroma que el olor es la percepción de sustancias volátiles por medio de la nariz y el aroma su principal fuente de transmisión es la membrana bucal ya que necesita estar en contacto el alimento con la boca.

Como tal no existe una clasificación para los olores, incluso los mismos estímulos pueden inducir a respuestas psicológicas, dependiendo de la experiencia del sujeto (Espinosa, 2020).

2.8.2 El color y el sentido de la vista

El sentido de la vista es de suma importancia en la evaluación sensorial ya que el consumidor a veces con el simple color puede dar a la tarea de aceptar o rechazar el alimento. Este sentido se va originar en el ojo humano, el cual está situado en la cavidad ósea del cráneo. La evaluación del color en los alimentos es de importancia, tanto que en algunas evaluaciones el juez asocia el sabor de este con el color. Funcionando la vista como de forma semejante a una cámara fotográfica, visualizando el tamaño, forma, color es decir un aspecto en general. Tiene la función de preparar al organismo para recibir el alimento mediante la estimulación de la salivación (Espinosa, 2020).

2.8.3 El gusto

Los jueces evaluadores reciben la información al momento en el que el alimento es consumido, o bien puesto en boca, el gusto se relaciona con el olfato por tener la concentración de los diferentes compuestos, que estimula a ambos, solo que el olfato analiza la composición de la fase gaseosa y el gusto la líquida, haciendo que el producto sea disuelto en saliva. Los receptores del gusto son los bulbos gustativos (Figura 9), que se agrupan fundamentalmente en las papilas gustativas de la lengua. Estos están constituidos por agrupaciones de células en forma ovoidal que se abren a la superficie en un micro poro, esta detecta cuatro sabores, dulce, salado, amargo y ácido. El sabor amargo se percibe en la base de la lengua, mientras que el dulce en la punta, el ácido y el amargo en los bordes de la boca (Torricella *et al.*, 2020).

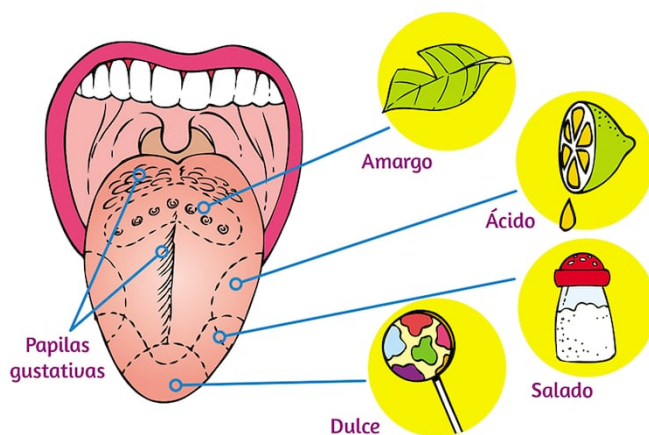


Figura 9. La lengua y sus zonas de sensibilidad de sabores
Fuente: Torregrosa, 2023.

2.8.4 El tacto

Los analizadores táctiles reciben información mediante los receptores del tacto a partir de las cualidades mecánicas y térmicas al actuar sobre la superficie de la piel durante la masticación o simplemente al tocarlo, la sensación de percepción se relaciona estrechamente con el tacto, ocurriendo cuando el estímulo que actúa sobre la piel, produce una deformación subcutánea (Torricella *et al.*, 2020).

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental de la investigación se realizó en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. En el cual también se llevó a cabo la evaluación sensorial de dicho producto y los análisis fisicoquímicos y para la elaboración de la malta y el embotellado de la cerveza se realizó en el Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.1 Material Biológico para la elaboración de malta

- Materiales genéticos: CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO
- Agua purificada
- Bandejas de plástico 3L marca: Bowl
- Papel film marca: Maxpro
- Atomizador de plástico 500 mL marca: Cubasa
- Estufa de secado marca: Blue M
- Charolas de aluminio de 20cm x 15cm marca: Jay 400
- Molino manual marca: Estrella
- Bote de plástico de 600 mL modelo: S-19465

3.2 Materiales Biológicos para la elaboración de la cerveza

- Malta del material genético: CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO
- Agua purificada
- Lúpulo
- Levadura safale US-05

3.3 Materiales de Laboratorio para la elaboración de la cerveza

- Estufa de tres quemadores marca: Loster
- Ollas de aluminio marca: ANGIE 22
- Bolsa de filtro marca: Generica
- Termómetro de mercurio marca: Taylor 6331-M
- Pala ranurada de plástico modelo: KC42430
- Lugol marca: Jalmek
- Hielo
- Balanza analítica marca: Adventurer AR2140
- Papel aluminio grueso marca: Jay 400
- Fermentador de Vibrio marca: Brew Ohi, Embudo
- Etanol al 60 %
- Agitador marca: Magnetic stirrer Modelo: SH-2
- Mechero elermeller

- Probeta de 500 mL marca: PYREX
- Embudo mediano 2 litros marca: Cubasa
- Vaso de precipitado de 500 mL marca: PYREX
- Refractómetro digital marca: Generic modelo: SMSZ-J
- Potenciómetro marca: Hanna

3.4 Materiales de laboratorio para el embotellado

- Probeta 100 mL marca: PYREX, No 3022
- Embudo mediano 2 litros marca: Cubasa
- Vaso de precipitado de 100mL marca: PYREX
- Colocador de corcholata marca: Ferrari Banco
- Corcholata para cerveza
- Bomba sinfón para garrafón de agua marca: Dico JR
- Refrigerador marca: Torrey

3.5 Materiales para el análisis fisicoquímico

El estudio fisicoquímico se realizó por triplicado para cada formulación en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.5.1 pH

- Potenciómetro Hanna HI 3221(E.E. UU)

3.5.2 Solidos solubles

- Refractómetro de bolsillo atago PAL-BX/RI

3.5.3 Porcentaje de alcohol

- alcoholímetro Gay-Lussac.

3.5.4 Análisis de color

- Cubo de 10mL
- Colorímetro Minolta CR10 (Tokio Japón)
- Un iluminante CIE D65
- Observador estándar CIE

3.5.5 Acidez titulable

- Sodio de hidróxido NaOH 0,1 M
- Fenolftaleína (1%)

3.5.6 Densidad

- Probeta 100 mL marca: PYREX
- Balanza semianalitica precisión 0.0g 1mg marca: Leex
- Pipeta de 10mL marca: PYREX

- Pipeteador

3.5.7 Turbidez

- Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (espectrómetro λ 25-Singapur)
- Celdas para espectrofotómetro de video
- Agua destilada Hycel

3.5.8 Grado de amargor

- Tubo para centrifuga: marca Nalgene
- Centrifuga marca: Dlab
- HCl 3M
- Iso- octano
- Agitador
- Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (espectrómetro λ 25-Singapur)
- Pipeta de 10ml marca: PYREX

3.5.9 Viscosidad

- Viscosímetro digital Brookfield RVTDV-II (Harlow, Reino Unido) y un husillo n°1 a 100 rpm

Determinación de polifenoles

- Muestras del material genético: CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO
- Tubo de ensayo marca: PYREX
- Acetona
- Papel aluminio: marca: Jay 400
- Solución de Folin Ciocalteu (SIGMA)
- Solución de carbonato de sodio 0.01M
- Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (espectrómetro λ 25-Singapur)
- Balanza semianalitica marca: Leex
- Agua destilada marca: Hycel
- Vortex marca: Genie 2
- Centrifuga marca: Dlab

Análisis de capacidad antioxidante ABTS Y DPPH

- Muestras del material genético: CANB-90-15, CANB-235-15, CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO
- Buffer de acetato marca: JALMEK
- Agua destilada marca: Hycel

- Solución radical de ABTS-buffer (SIGMA)
- Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (espectrómetro lambda 25-Singapur)
- Rollo de papel secante
- Metanol al 80%
- Solución DPPH
- DPPH- MeOH

Materiales para la evaluación sensorial

- Hojas para la evaluación
- Vasos de plástico de transparencia cristalina 12 oz
- Vasos de unicel para desechar de 8 oz marca: Packsys
- Plumas marca: Bic
- Servilletas marca: kleenex
- Popotes desechables
- Servilletas marca: Great value
- Galletas
- Cacahuates
- Cubículos individuales para la evaluación
- Potenciómetro marca: Hanna

3.7 MÉTODOS

La malta se obtuvo en el Laboratorio 1 perteneciente al Departamento de Ciencias Básicas.

3.7.1 Preparación de la malta

Se puso a remojar el material genético en un recipiente, se pone la cebada posteriormente se le agrega el agua y se deja remojar durante 24h. La cebada germinada se va retirando hasta obtener los germinados durante 3 días. Las semillas germinadas se pusieron en la estufa a una temperatura de 60 °C. Una vez obtenida todas las semillas de la cebada germinadas, ya secas se limpiaron y se molieron en trozos grandes tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Preparación de la malta

3.7.2 Elaboración De La Cerveza de las 5 Variedades De Cebada

3.7.2.1 Maceración

Colocar la malta, y se dejó calentar entre 68 y 70 °C, después la malta se colocó en agua durante hora respetando la temperatura. Posteriormente se sacó y se escurrió el grano (Fig. 11).



Figura 11. Obtención del caldo de la malta

3.7.2.2 Hervir

Llevar a hervir el caldo que dejó el grano, posteriormente se agregó el lúpulo (Chinook 2020 alpha: 11.5%) y se dejó hervir durante 1 h, y después se dejó reposar durante 60 minutos como se puede observar en la figura 12.



Figura 12. Agregación del lúpulo en el mosto

3.7.2.3 Enfriar

Al mosto obtenido se le tenía que bajar la temperatura aproximadamente a 25°C, y a continuación se agregó etanol al 60% para evitar riesgo de contaminación, lo podemos observar en la figura 13.

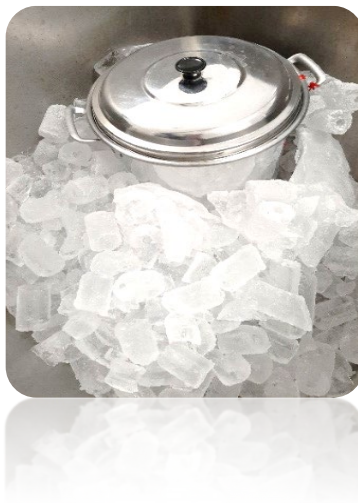


Figura 13. El mosto en choque directo

3.7.2.4 Fermentación

Se preparó la levadura, y se prepararon los fermentadores para cada tratamiento (variedad de cebada). Posteriormente se agregó la cantidad correspondiente de cada mosto a cada fermentador, y se dejaron fermentar de 18-21°C por 7 días en estos días se tiene que checar que este burbujeando y ponerle etanol al 60% para evitar riesgos de contaminación como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Inoculación del mosto

3.7.2.5 Clarificación

Colocar el fermentador en frío aproximadamente a 4°C de 3 a 4 días Figura 15.



Figura 15. Clarificación de la cerveza

3.7.2.6 Embotellado

Lavamos y desinfectamos las botellas, en seguida se colocó la bomba de sínfon para garrafón para extraer la cerveza, se vació a cada botella y se sellaron como se muestra en la figura 16.



Figura 16. Embotellado de la cerveza

3.7.3 Análisis fisicoquímicos

3.7.3.1 pH

El pH se determinó utilizando un potenciómetro Hanna HI 32221 (EEUU) como lo podemos ver en la figura 17.



Figura 17. Determinación de pH

3.7.3.2 Sólidos solubles

Se determinó utilizando un refractómetro de bolsillo atajo PAL-BX/RI (Tokio, Japón) con compensación automática de temperatura. Los resultados se expresaron con °Brix (Figura 18).



Figura 18. Determinación de sólidos solubles totales

3.7.3.3 Porcentaje de alcohol

El porcentaje de alcohol se determinó utilizando un alcoholímetro Gay-Lussac (Figura 19).



Figura 19. Determinación del porcentaje de alcohol.

3.7.3.4 Análisis de color

Para el análisis del color, se utilizó un colorímetro Minolta CR400 (Tokio, Japón), y se obtuvieron los valores de croma (C^*) y tono (h^o), L, a y b (Figura 20).



Figura 20. Determinación del análisis de color

3.7.3.5 Acidez titulable

La determinación se realizó mediante titulación con NaOH 0,1M y fenolftaleína (1%) como indicador. Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico/100mL (Figura 21).



Figura 21. Determinación de acidez titulable

3.7.3.6 Densidad

La densidad de las muestras se determinó utilizando la metodología de Al-Sharrad, Natiq (2019). La fórmula sería densidad de la muestra (D_m), g/mL = (W_m , g) / (V_m , mL) (Figura 22).



Figura 22. Determinación de densidad

3.7.3.7 Turbidez

La turbidez se determinó utilizando un espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (espectrómetro Lambda 25 - Singapur) y siguiendo el procedimiento descrito por Okafur *et al.*, (2016). La turbidez es similar a la opacidad (Figura 23).



Figura 23. Determinación de turbidez

3.7.3.8 Grado de amargor

Se siguió la metodología descrita por Okafur *et al.*, (2016). Donde, IBU = son las unidades internacionales de Amargor (Bitterness) como se puede observar en la (Figura 24).



Figura 24. Centrifugación de las muestras para la Determinación de grados de amargor.

3.7.3.9 Viscosidad

La viscosidad se determinó usando un viscosímetro digital Brookfield RVTDV-II (Harlow, Reino Unido) y un husillon n°- 1 a 100 rpm.

3.7.3.10 Determinación de polifenoles

- Se realizó empleando la técnica de Folin-Ciocalteu de acuerdo con Medina-Morales *et al.*, (2012) (Figura 25).



Figura 25. Determinación de polifenoles

3. 7.3. 12 Análisis de capacidad antioxidante (DPPH y ABTS)

La capacidad antioxidante se determinó por las técnicas DPPH y ABTS, la determinación del contenido en la capacidad antioxidantes se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales *et al.*, (2012) y Fuentes-Lara (2020), lo cual lo podemos observar en la figura 26.

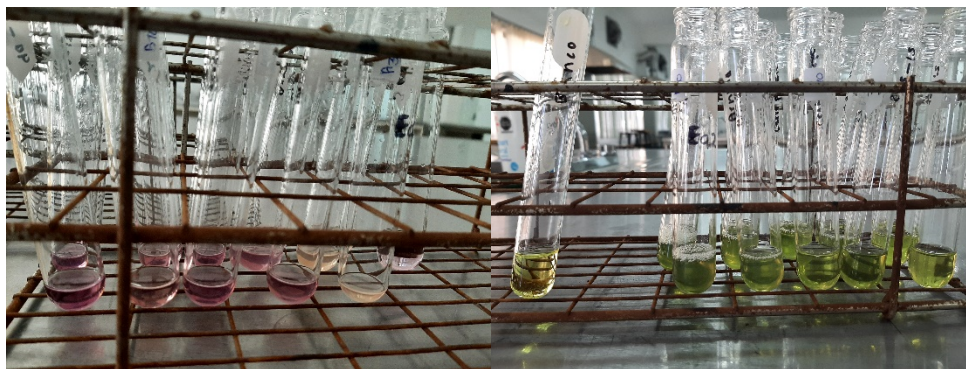


Figura 26. Determinación de capacidad antioxidante (DPPH Y ABTS)

3.7.4 Análisis sensorial

El análisis de evaluación sensorial fue realizado con la ayuda de 10 panelistas, que consumen cerveza con la finalidad de evaluar las 5 muestras, y poder demostrar si es apto para ser una cerveza artesanal tomando en cuenta los atributos, de apariencia global, color, sabor, sensación en la boca, amargor, olor, textura y aceptación global. En la figura 27. Se observa cómo se prepara el material



Figura 27. Preparación del material para la evolución sensorial

Preparación del cubículo con las muestras y el material necesario para que los panelistas realizarán la evaluación sensorial (figura 28).

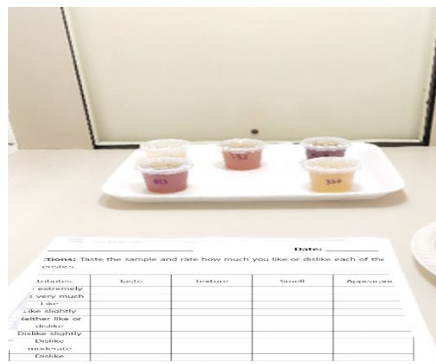


Figura 28. Cubículo preparado para evaluar
Evaluación del juez entrenado



Figura 29. Juez evaluando las muestras

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis fisicoquímico

Se realizó un análisis estadístico de cada parámetro evaluado utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y al haber diferencias significativas se aplicó un estudio de medias de Fisher en el que se evaluaron los parámetros fisicoquímicos: pH, °Brix, alcohol, color, acidez titulable, densidad, turbidez, amargor, viscosidad, polifenoles, y capacidad antioxidante.

4.1.1 pH

El pH, en la cerveza tiene un rango de 6.5 a 8.0 dependiendo de la especie de cebada que se utilice en la elaboración de la malta (Coaquira, 2018).

Segobia (2022), indica que el pH es un parámetro de alta importancia, porque es el encargado del control que ejerce para inhibir el crecimiento y la contaminación bacteriana, de las etapas de elaboración de la cerveza. Oddone (2021), dice que el valor óptimo de pH de una cerveza terminada es de entre 4.2 y 4.6, favorecido por la maduración, claridad y estabilidad biológica. Por lo que en la figura 30, se observa que ninguna de las muestras de acuerdo con Coaquira (2020), cumplen con el pH adecuado, probablemente siendo afectado por el lavado en la maceración.

También se interpreta que las muestras, ARMIDA y CERRO PRIETO no existe diferencia significativa, igual se puede visualizar que las tres muestras restantes tienen medias en donde existe diferencia significativa. Siendo la muestra CANB-366-15 la de menor pH.

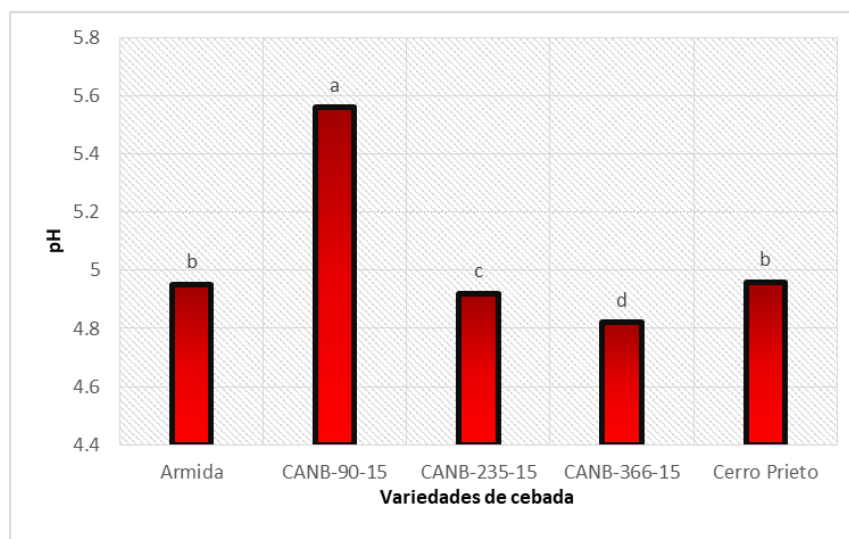


Figura 30. pH cervezas de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.2 Sólidos solubles totales o °Brix

Los °Brix en las cervezas terminadas son un parámetro para cuantificar los sólidos solubles totales, o determinar los azúcares que fueron extraídos durante el proceso de fabricación (Monroy, 2019).

En la figura 31, se observa que, mediante las medias de Fisher, existe diferencia significativa entre las 5 muestras, tras esta comparación se observa que la muestra CANB-366-15, presenta el valor más alto de °Brix, por otro lado, la muestra CANB-90-15 no tiene °Brix. Estos se ven afectados por muchos factores en la elaboración de la cerveza uno de ellos es la malta en su grado de modificación y el proceso de molienda ya que es la principal fuente de azúcares fermentables en la cerveza. La investigación realizada por Mencia *et al.*, (2016) muestra que la cantidad de los °Brix va depender de la cantidad de azúcar en la malta, prolongación de tiempo en la maceración o de la condición de temperatura durante el proceso. En el estudio realizado por Pacheco *et al.*, (2024) reporta que los °Brix para una cerveza deben ser mayor a 4.5 °Brix.

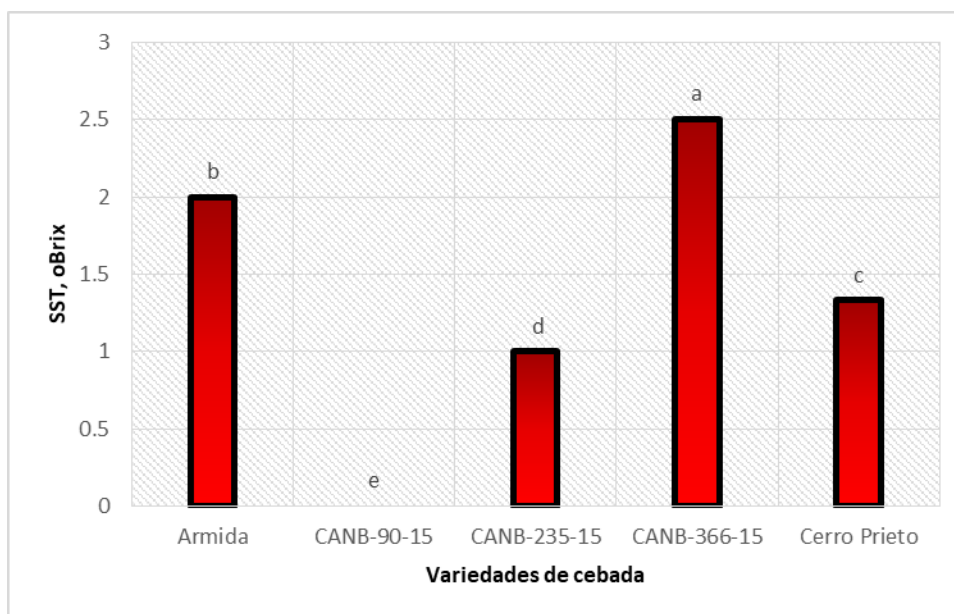


Figura 31. SST, ° Brix de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.3 Porcentaje de alcohol

El porcentaje de alcohol va depender del tipo de cerveza, lugar de elaboración los ingredientes y el tipo de microorganismos (Torres *et al.*, 2017). Los resultados que arroja Valtierra *et al.*, (2023) establece que la diferencia del porcentaje de alcohol se debe al control del proceso y tiempo de fermentación.

De acuerdo con la NOM-199-SCFI-2017, la cerveza tiene un rango de porcentaje de alcohol de 2% a 20%. Interpretando la figura 32, entendemos que las muestras ARMIDA y CANB-366-15, no existe diferencia significativa, ya que ambas tienen un 2.1 % de alcohol por otro lado las muestras CANB-90-15, CANB-235-15 y CERRO PRIETO se interpreta que existe diferencia significativa entre ellas, siendo la CANB-90-15 con 0% de alcohol, el porcentaje de alcohol va variar debido a su fermentación en el proceso.

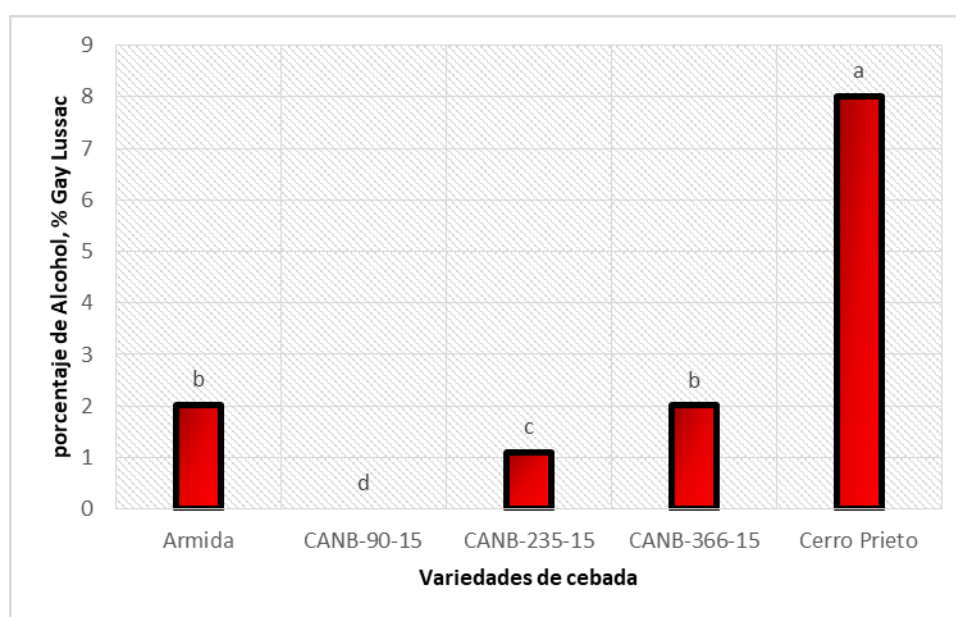


Figura 32. Porcentaje de alcohol de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.4 Colorimetría

El color es una parte integral e importante en la cerveza, que al visualizarlo es importante en su elección de igual manera el color de la cerveza va depender del tipo de malta utilizada, este se va ver más influenciado por la temperatura durante el malteado debido, que a mayor temperatura las maltas suelen ser más oscuras (Castañeda *et al.*, 2018). En correspondencia al ANOVA realizado se interpretó que existe una diferencia significativa en los parámetros de color L, a* y b*, definiendo a (L*) luminosidad, (a*, rojo± verde) intensidad del color rojo, y (b*, amarillo± azul) intensidad del color amarillo.

4.1.4.1 Parámetro L

Vinuza (2019), ha destacado que en una comparación de cervezas artesanales, las coordenadas de luminosidad de las cervezas oscuras son de un rango de 25.96 ± 0.12 . A continuación en la figura 33, se puede observar que las muestras CAN-90-15 Y CANB-235-15 no existe diferencia significativa entre ellas ya que ambas se encuentran en la escala 14 siendo las que mayor luminosidad tiene, por otro lado las muestras CANB-366-15 y CERRO PRIETO entre ellas no existe diferencia significativa quedando la muestra ARMIDA la de menos luminosidad. Incluso podemos interpretar que todas las muestras están en el rango de luminosidad de las cervezas oscuras.

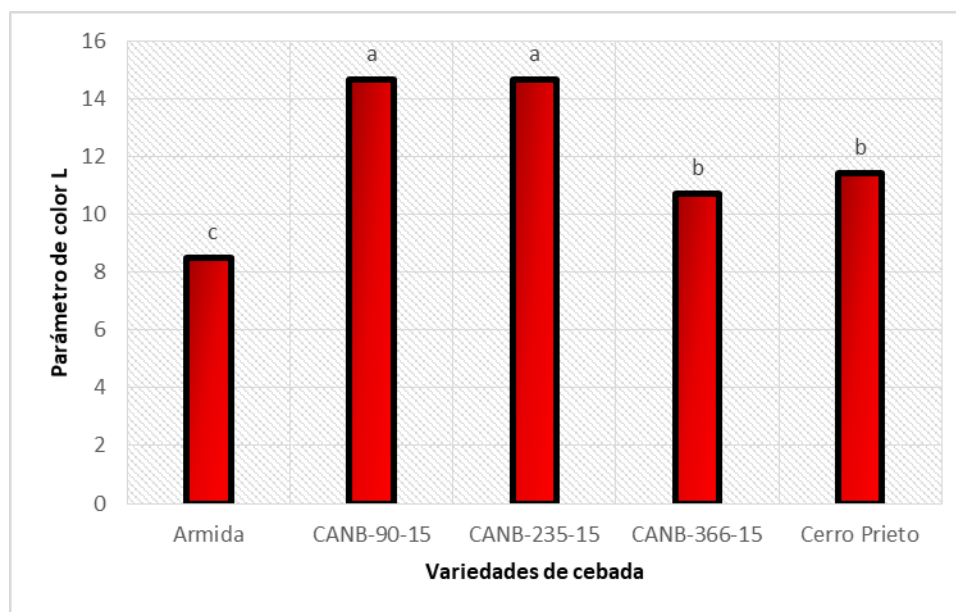


Figura 33. Colorimetría parámetro L de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.4.2 Parámetro a*

Mencia *et al.*, (2016) indica que acorde a la formulación de variedad de maltas ya sea por e la cantidad utilizada será la obtención de tonos oscuros y rojizos.

De acuerdo con el parámetro a* en la figura 34, se observa que entre las muestras CANB- 90-15 y CERRO PRIETO, no existe diferencia significativa, lo cual interpretamos que estas muestras tendieron hacia el color rojo de igual manera observamos que las muestras ARMIDA y CANB-235-15 arrojaron valores negativos tendiendo hacia el color verde y existiendo diferencia significativa entre ellas. Esto se debe a que al elaborarse las maltas tomaron un color oscuro.

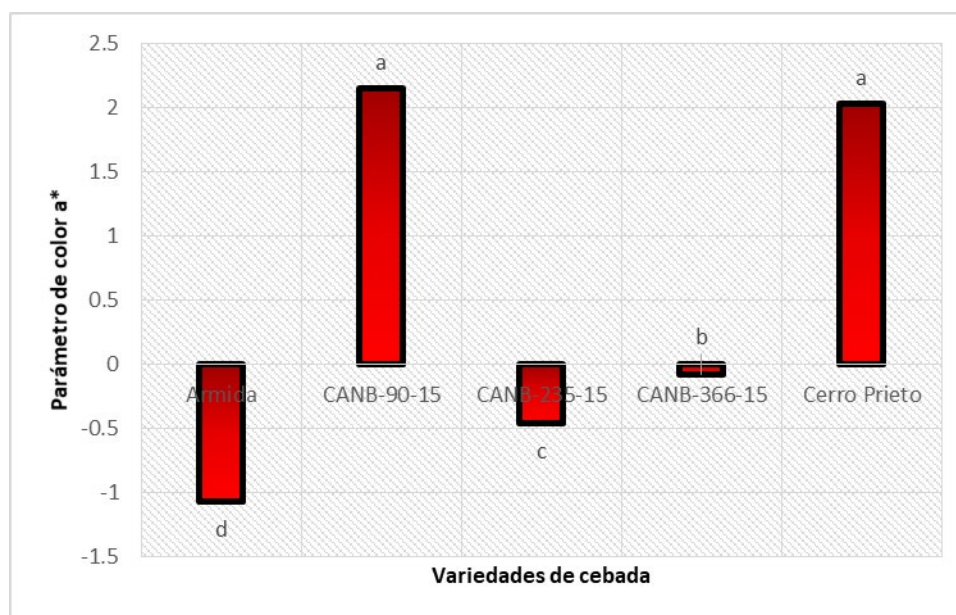


Figura 34. Colorimetría parámetro a* de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4. 1.4.3 Parámetro b*

Los cambios de color también son ocasionados por una reacción conocida como Maillard durante el proceso de la cocción del mosto (Mencia *et al.*, 2016).

En seguida en la figura 35, encontramos el parámetro b*, se observa que, de las 5 muestras, la CANB-90-15, CANB-235-15 y CANB-366-15 en ellas no existe diferencia significativa de igual manera las 3 tienden hacia el color amarillo, comparando las muestras CERRO PRIETO y ARMIDA existiendo entre ellas diferencia significativa. Pero al igual que las otras tienden hacia el color amarillo esto se puede deber a que en la elaboración de las cervezas, su punto de ebullición fue muy rápido.

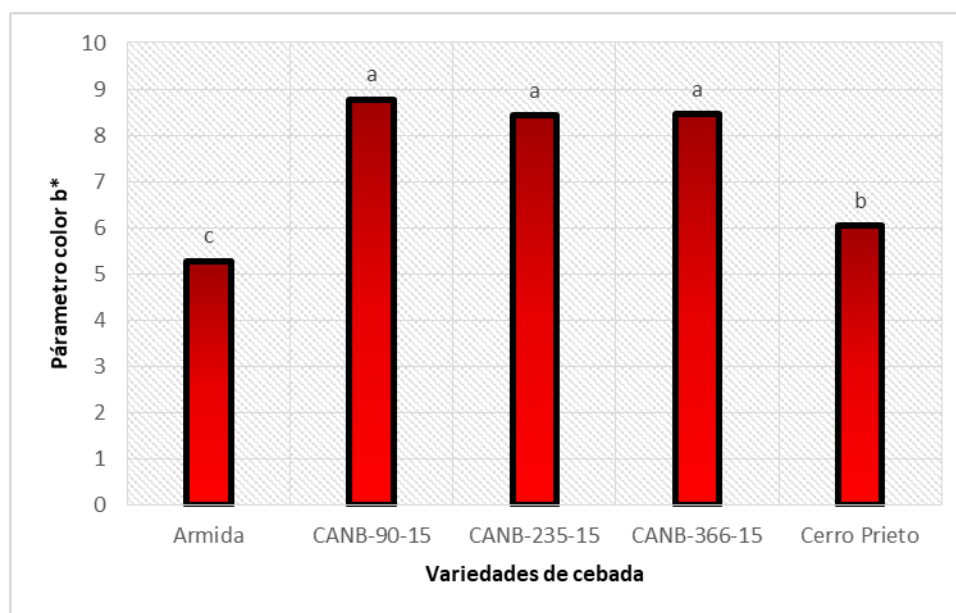


Figura 35. Colorimetría parámetro b* de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.5 Acidez Titulable

La acidez que se presenta en el mosto y fermentación tiene un mínimo impacto en el sabor independientemente del alcohol. La cantidad de ácidos totales en la cerveza se le domina como acidez, también conocida como acidez titulable (Lizarbe, 2023).

Se observa en la figura 36, que las muestras ARMIDA Y CERRO PRIETO se encuentran en la escala 0.03 % y que no existe diferencia significativa entre ellas igual que las muestras CANB-90-15 y CANB-235-15, ambas se encuentran en la escala 0.02 %, y siendo los valores más bajo, haciendo énfasis a la muestra CANB-366-15 la de mayor valor de acidez. Ha sido demostrado por Agullo (2015), que la acidez total, en la desaparición del anhídrido carbónico, que es expresada en ácido cítrico será menor o igual al 0.3% interpretando que no será mayor de tres gramos por litro.

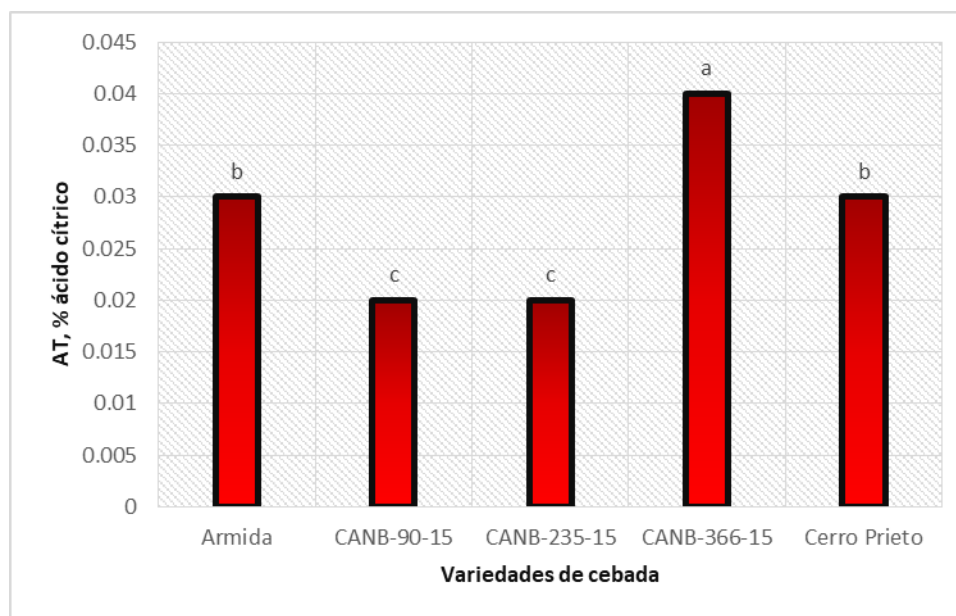


Figura 36. De acidez titulable de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.6 Densidad

La densidad influye en el desarrollo de la fermentación en diferentes tipos, una cerveza con mayor densidad tiende a una fermentación más lenta y difícil, en comparación a una cerveza que tiene densidad baja puede mostrar menor contenido de alcohol (Piano, 2024).

En la investigación de Torres *et al.*, (2017) dice que la densidad en la cerveza, tiene una amplitud de entre 0.997-1.040 g/ml teniendo en cuenta el tipo de materia prima utilizada, este parámetro está vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza, puesto que al transformarse la azúcar a alcohol tienden a ser más ligera.

De acuerdo con el con el ANOVA realizado en la figura 37, se observa que las muestras ARMIDA Y CANB-90-15 no existe diferencia significativa, ambas se encuentran en la escala 0.97 g/mL, por otra parte, la muestra CANB-235-15 es la menos densa ya que se encuentra en la escala 0.93 g/mL. Según Nique (2025), el incremento de la densidad es el resultado de que existe presencia de compuestos solubles, como azúcares y polifenoles que se encuentran en máxima cantidad, este parámetro puede influenciar en la percepción sensorial, tomando en cuenta que una densidad alta puede interferir en la sensación en boca.

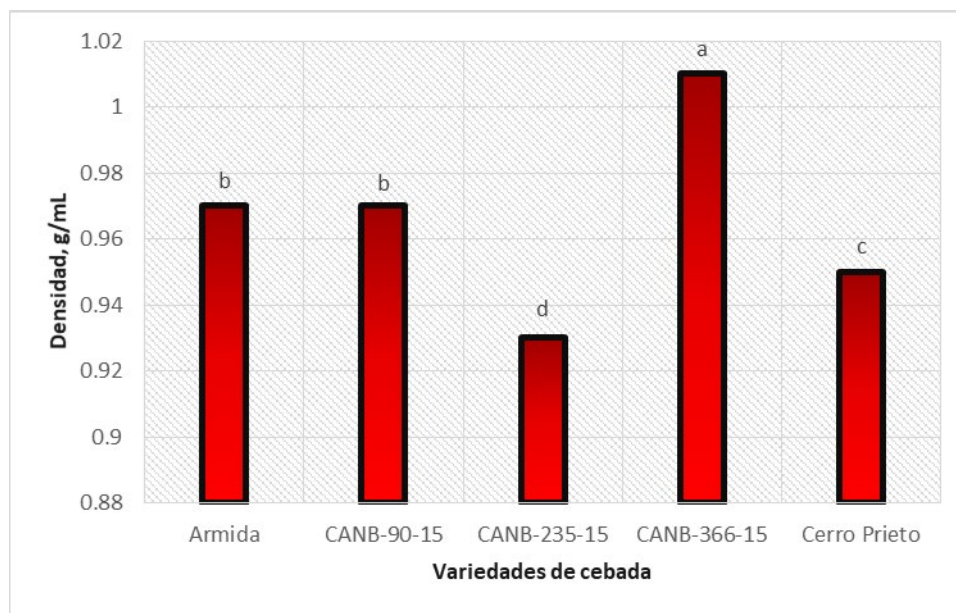


Figura 37. Densidad de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.7 Turbidez

La estabilidad de la cerveza se define como unidades de tiempo hasta alcanzar un determinado valor de turbidez u opacidad (Cárdenas, 2016).

Segobia (2022), en su investigación define que el aspecto visual en la cerveza va darle lugar al color como a la turbidez, solamente definiéndolo como la percepción que reduce la transparencia de la cerveza, siendo las partículas suspendidas contribuyen a la absorción de la luz, siendo influenciados en el método de elaboración. En su averiguación Monzón (2024), plasma que la turbidez está asociada en partículas (1-1000nm) en suspensión, que causan el reflejo de la luz, entre ellas las más encontradas son levaduras, proteínas y taninos los cuales son responsables de los problemas de claridad.

En la siguiente figura 38, se observa que de las 5 muestras todas tienen diferencia significativa, haciendo énfasis en la muestra CANB-366-15, la más turbia ya que se encuentra en la escala 0.97, de igual forma notamos que la muestra CANB-90-15 es la menos turbia ya que se encuentra en la escala 0.12.

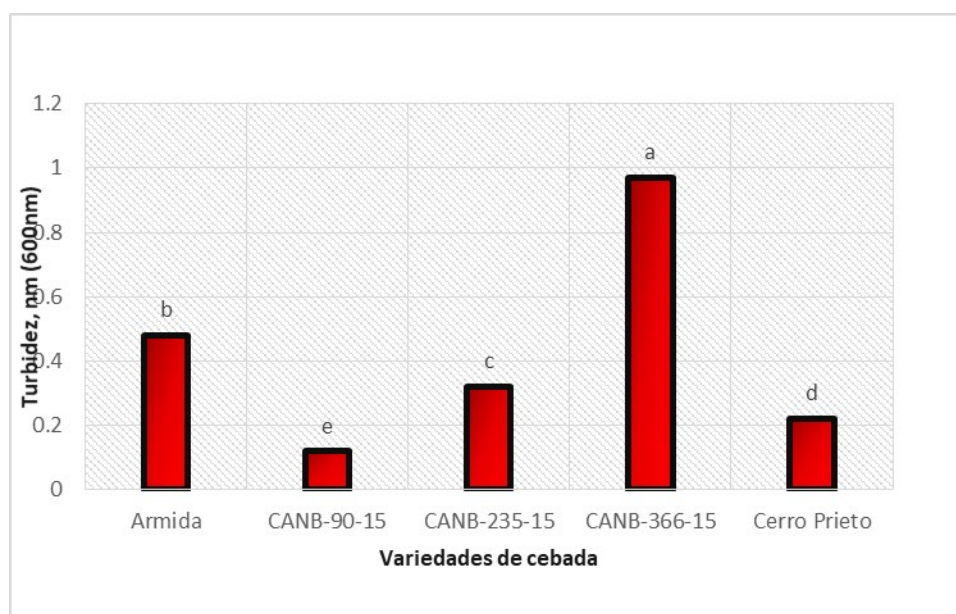


Figura 38. Turbidez de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.8 Amargor

La aparición de características amargas y aromáticas en la cerveza, es debida a la composición química del lúpulo, para conseguir el amargor en la cerveza esto se presenta cuando el lúpulo hace reacción térmica en la ebullición de los ácidos amargos, (α -ácidos) en amargos de sabor (iso- α -ácidos) y solubles en agua, el rendimiento de iso- α -ácidos aumenta con el tiempo de ebullición y pierde casi todos los volátiles por evaporación (Castorena *et al.*, 2020). En la investigación realizada por Valera (2019), se expresa que el amargor es medido en IBUs (Unidades Internacionales de Amargor) en un intervalo de 0 a 100, donde 10 es poco amargo y 90 es muy amargo, pero sin embargo existen cervezas con 200 e incluso 1000 IBUs siendo las cervezas más amargas, la realidad es muy distinta ya que el ser humano tiene como límite detectar máximo 100 IBUs, significando que la sensación va a ser igual a partir de los 100 IBUs.

En la figura 39, se observa que las muestras CANB-90-15, CANB-235-15 y CERRO PRIETO, de acuerdo con el ANOVA no hay diferencia significativa, por otra parte, las muestras ARMIDA y CANB-366-15, entre ellas no existe diferencia significativa, siendo ambas las menos amargas ya que se encuentran en la escala 4000 IBU, resaltando entre las 5 muestras la CANB-235-15 la más amarga ya que está en la escala 6850 IBU. Martínez (2015), determina que, al utilizar mayor cantidad de lúpulos ricos en resinas, se obtendrán mayores grados de amargor, y será evidente que la cerveza tendrá compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

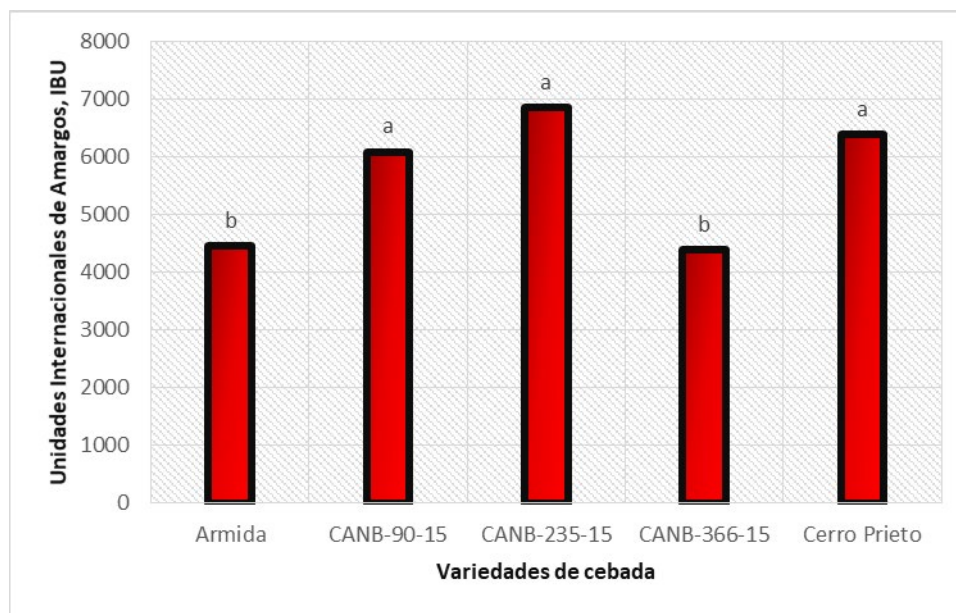


Figura 39. Amargor de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.9 Viscosidad

La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia al fluir, es causada por interacciones entre las diferentes moléculas en el fluido, uno de los factores que afectan a esta es la temperatura ya que al ser muy alta la temperatura disminuye la viscosidad, el rango de la viscosidad de la cerveza es de 1.1cP (centipoise) a 40°F (Rheonics, 2021). Los valores altos de la viscosidad son indicadores de descomposición lo cual tiene como consecuencia dificultar la filtración del mosto y la cerveza, los valores bajos provocan una estabilidad deficiente de la espuma y el sabor deficiente de la cerveza (Antonpaar, 2016).

A continuación, en la figura 40 se observa que entre las muestras existe diferencia significativa, de acuerdo con el ANOVA realizado, de igual manera podemos determinar que la viscosidad de las muestras está encima de la viscosidad adecuada (1.1cP), siendo afectada por la temperatura en la fermentación. Resaltando la muestra ARMIDA la más alta en viscosidad y la muestra CERRO PRIETO la menos viscosa.

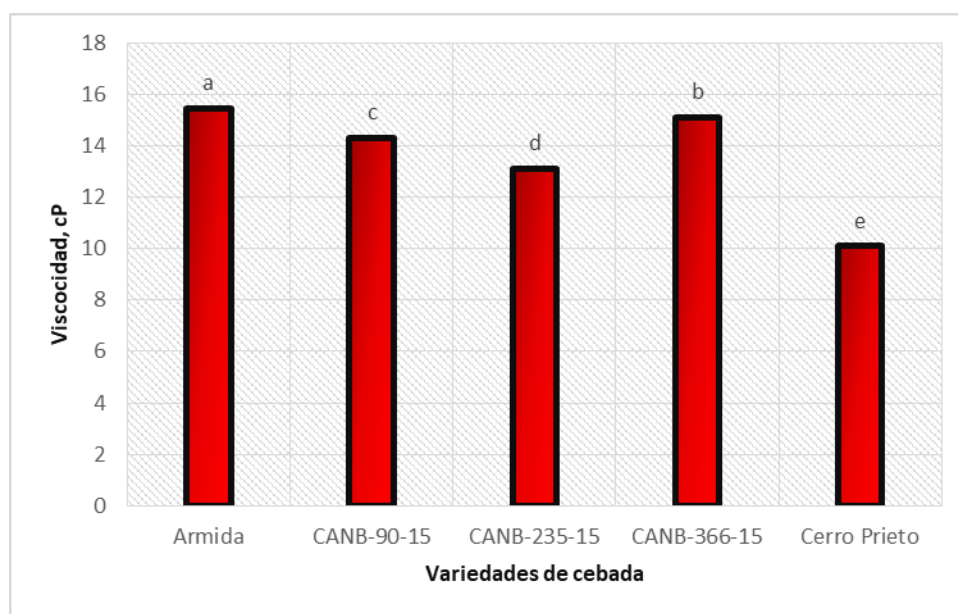


Figura 40. Viscosidad de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.10 Polifenoles

La cerveza es una bebida fermentada que contiene polifenoles los cuales son provenientes de las maltas (70-80%) y del lúpulo (30%). Sin embargo, el tipo de materia prima y de cerveza va a provocar que el contenido de polifenoles varíe, al realizar el filtrado se puede generar grandes pérdidas de polifenoles (Moreno, 2017).

Martínez (2024), indica que existe una gran variedad de polifenoles presentes en la cerveza, con diversas propiedades definiéndola como una bebida especial, he igual clasificándola como una bebida con alto contenido de polifenoles de hasta 274mg por 100 mL. Pachas (2019), en su investigación expone que las cervezas industriales tienen un menor contenido de polifenoles que una cerveza artesanal teniendo esta un rango de 0.70 a 1.33 mg GAE (miliequivalente).

A continuación, en la figura 41, podemos observar que existe diferencia significativa entre las 5 muestras, que por otro lado se nota que la muestra CANB-366-15, se encuentra en la escala 115 siendo la muestra con más polifenoles, al igual se observa que la muestra con menos polifenoles es la CANB-90-15, ya que se encuentra en la escala 24. La cantidad de polifenoles va a variar por el tipo de malta. Pachas (2019), en su investigación expone que las cervezas industriales tienen un menor contenido de polifenoles que una cerveza artesanal teniendo esta un rango de 0.70 a 1.33 mg GAE (miliequivalente).

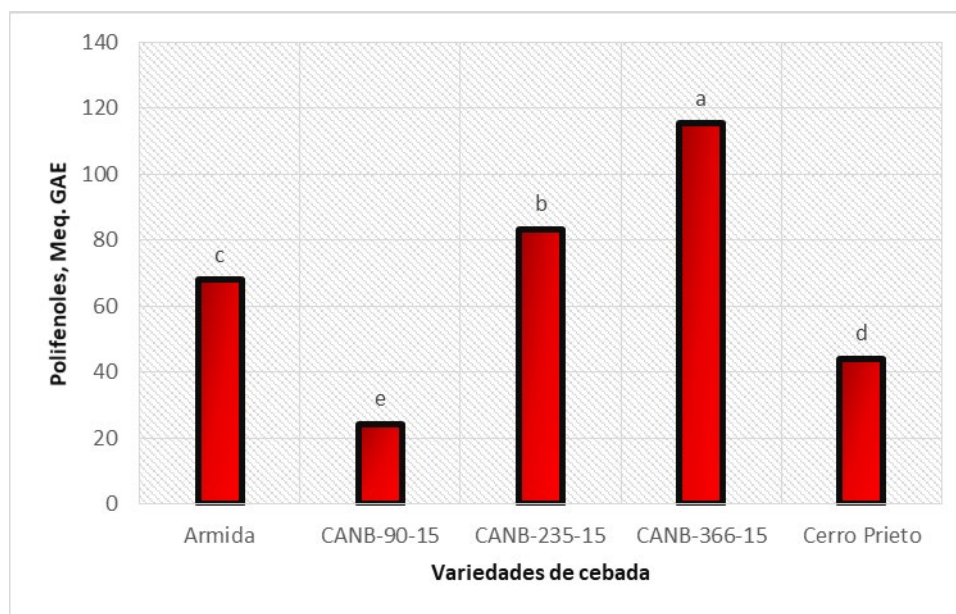


Figura 41. Polifenoles presentes en las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.11 Capacidad antioxidante por el método de ABTS

La técnica de capacidad antioxidante ABTS, se basa en medir la disminución de absorbancia de una solución de ABTS oxidada al estar en contacto con la muestra, permitiendo cuantificar el poder de antioxidantes de compuestos naturales, productos químicos etc. A altas temperaturas la capacidad antioxidante disminuye a mayor medida, debido a que la descomposición de los antioxidantes es más sensible en estas condiciones. Las cervezas frutales artesanales, tiene un intervalo de capacidad antioxidante de 3.9330 a 15.250 $\mu\text{mol TE/mL}$ (López *et al.*, 2024).

García (2017), señala que el ABTS es un radical con un intenso color verde-azulado, con una absorbancia mínima de 734nm. Cuando la temperatura sea más alta y la disolución de NaOH más concentrada, es más mayor la capacidad antioxidante en la muestra.

En la figura 42, interpretamos que entre las muestras ARMIDA y CANB-366-15 no existe diferencia significativa, ambas encontrándose en la escala 42 de igual manera se observó que las muestras CANB- 235-15 y CERRO PRIETO, entre ellas no existe diferencia significativa, pero ambas están posicionadas en diferente escala, haciendo énfasis a la muestra CANB-235-15 la que menos capacidad antioxidante tiene y resaltando la muestra CANB-90-15 ubicada en la escala 43 con mayor capacidad antioxidante. Según Fontana (2020), las sustancias con actividad antioxidante presentes en la cerveza, provienen esencialmente de la materia prima que se utiliza en la elaboración, estando ya presentes u obteniéndose por su modificación de sus constituyentes entre ellas destacando los polifenoles.

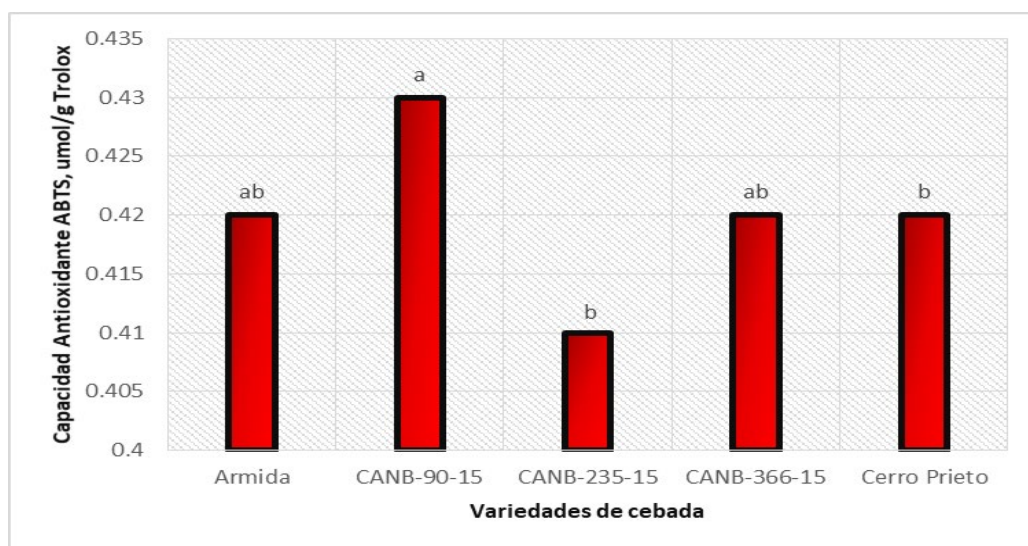


Figura 42. Capacidad Antioxidante por la técnica ABTS de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.1.12 Capacidad Antioxidante por el metodo de DPPH

En relacion a la capacidad de los radicales libres por el DPPH, las cervezas artesanales tienen un promedio de 3.63 $\mu\text{Mol DPPH mL}$ indicando que son las cervezas que mas capacidad antioxidante contienen, siendo estas propiedades un beneficio para la salud (Pachas, 2019).

Según Arboleda *et al.* (2015), el incremeto de la capacidad antioxidante del producto terminado puede deberse a la liberacion de compuestos antioxidantes secundarios producidos por la levadura, de igual manera como la trasformacion de precursores fenolicos en metabolitos mas bioactivos.

Se observa en la figura 43, entre las muestras ARMIDA y CERRO no existe diferencia significativa igual, que ambas estan ubicadas en la escala 2300 siendo las dos con mayor capacidad antioxidante, por otro lado las muestras CANB-90-15 y CANB-235-15 en ellas no existe diferencia significativa, siendo la muestra CAN-366-15 ubicada en la escala 1700 siendo la de menor capacidad anatioxidante. Los resultados que arroja Solorzano *et al.*, (2025), a segura que La capacidad antioxidante de la cerveza artesanal no solo va ser influenciada por sus ingredientes, si no que tambien se var ver afectada por efectos externos, como la exposicion de la luz.

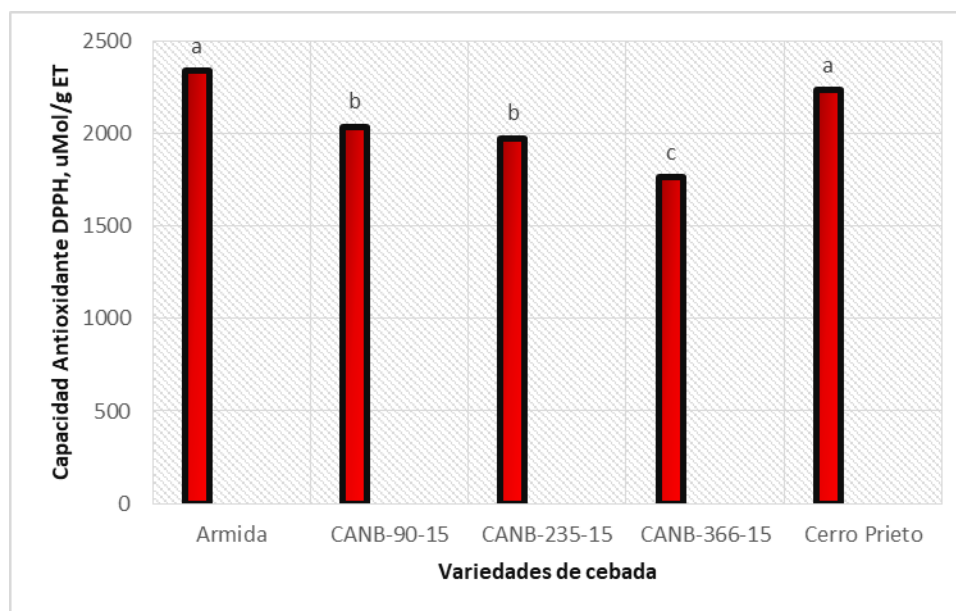


Figura 43. Capacidad antioxidante por la técnica de DPPH de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2 Evaluación sensorial

Los resultados obtenidos en la prueba hedónica se analizaron con la prueba de medias de Kruskal Wallis a un nivel de significancia de $P=0.05$. Las 5 muestras fueron: CANB-90-15, CANB-235-15 CANB-366-15, ARMIDA Y CERRO PRIETO. A estas muestras se les evaluaron los atributos de apariencia global, color, sabor, sensación en boca, amargor, olor, textura y aceptación global. Hubo la participación de 10 panelistas entre los cuales, había jueces entrenados y consumidores.

4.2.1 Apariencia global

La apariencia global es el principal atributo que se debe avaluar, porque en base a ello se notara la impresión del panelista al verlo por primera vez observando el color y claridad.

La apariencia global es afectada por un alto nivel de polifenoles, otro factor se puede deber a los tratamientos que se les da a las cervezas situado en su sabor amargo y astringente (Solórzano *et al.*, 2023). Al ser avaluada una cerveza, pueden encontrarse resultados, favorables por sus características sensoriales ya que son más atractivas y satisfactorias en términos de sabor aroma y apariencia global (García *et al.*, 2024). En la figura 44, se interpreta de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis, que entre las 5 muestras no existe una diferencia significativa, siendo énfasis en la muestra CANB-90-15 que se encuentra en la escala 5.4 determinado por los panelistas les gusto un poco su apariencia global, en comparación de la muestra CERRO PRIETO que se encuentra por en la escala 5.7 siendo considera por los panelistas que les gusto un poco más su apariencia global.

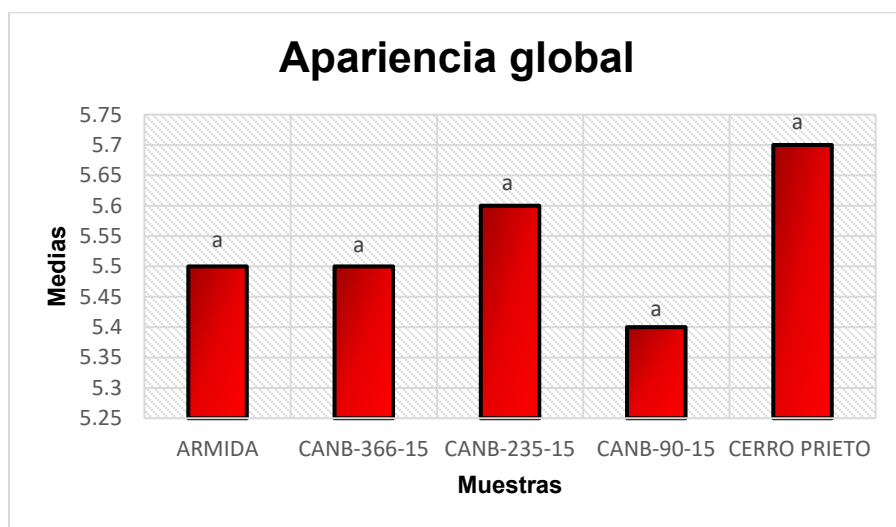


Figura 44. Medias de los valores del atributo apariencia global de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.2 Color

El color es una característica importante en la cerveza, por lo que va a ser el factor en la que los consumidores van a relacionar el sabor o tipo (Salazar *et al.*, 2022). Existe una gran gama de colores, en los diferentes estilos de cerveza que van de muy pálidas a intensamente negras, debido a la variedad de adición de malta en el proceso (Ferreira, 2014). Con base a la prueba de Kruskal Wallis en la figura 45 observamos que existe diferencia significativa entre las muestras, el valor promedio de las 5 muestras está por arriba de la escala 5. Considerando que la muestra con media más baja es la CANB-90-15, ya que a simple vista está presente un color más claro, que las demás.

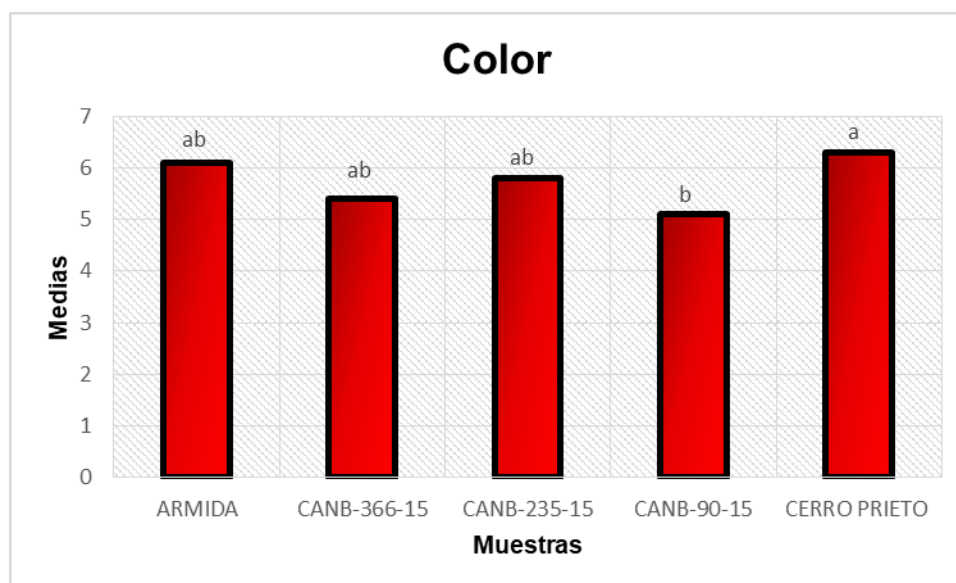


Figura 45. Medias de las calificaciones del atributo color de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.3 Sabor

El sabor es mucho más discriminante para cualquier test estadístico, y es muy útil. Ya que es un conjunto de términos al que se le asignan valores numéricos (Cedeño *et al.*, 2016). Como el aroma el sabor es distintivo asociado con la naturaleza de la especialidad, declarada debe ser perceptible y puede oscilar en intensidad desde lo sutil a lo agresivo (Farfán *et al.*, 2019). Las cervezas tienen una gran variedad de sabores, aunque predomina el sabor amargo. Un proceso poco adecuado puede producir sabores extraños como: acetaldehído, astringente, metálico, oxidado etc. (Méndez *et al.*, 2023).

A continuación, en la figura 46, Se puede interpretar de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis que no existe diferencia significativa entre las 5 muestras estadísticamente, a pesar de que se visualizaba que había diferencia en las medias, observando que la muestra CANB-90-15 es la única que no se encuentra en la escala 5. Ya que se considera que la muestra es muy amarga para los panelistas.

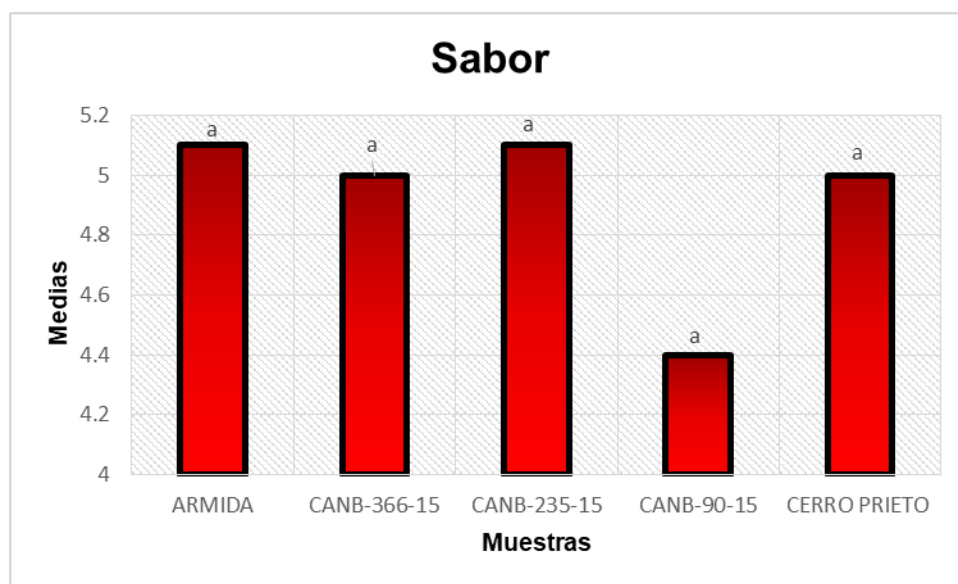


Figura 46. Medias de los valores del atributo sabor de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.4 Sensación en boca

La importancia de analizar la sensación en boca, da la posibilidad de estimar la palatabilidad de la cerveza (Muñoz *et al.*, 2020). La sensación en boca se llevaba a cabo cuando un alimento entra en contacto con las papilas gustativas y los tejidos de la boca en ocasiones puede ser generalmente ligera o fresca, aunque el cuerpo puede llegar a ser medio (Aravelo *et al.*, 2020).

A continuación, en la figura 47 se puede interpretar que no existe diferencia significativa entre las muestras, visualizando que la muestra ARMIDA está por arriba de la escala 6, considerada que fue la que más les gusto a los panelistas, y la muestras CANB-366-15 la que menos les gusto a los panelistas.

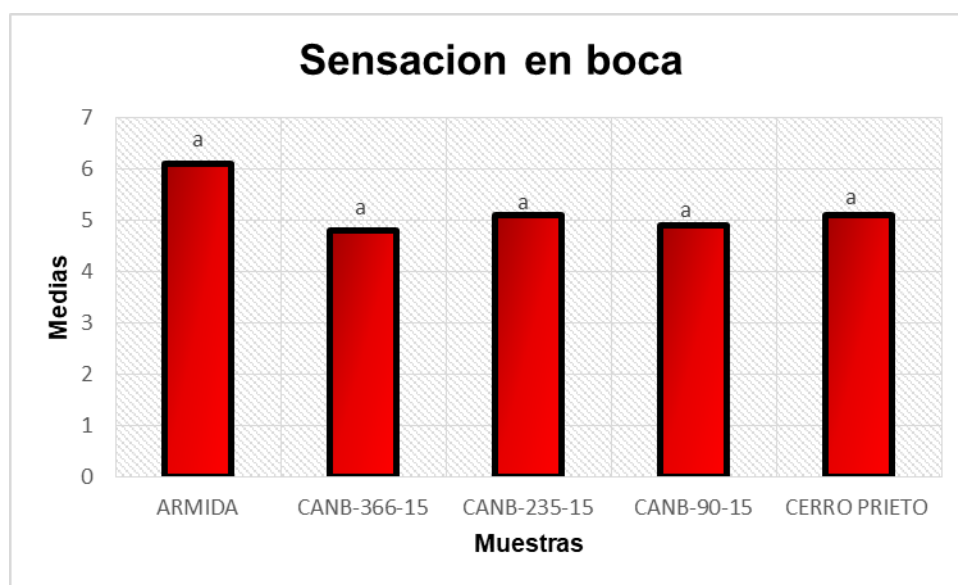


Figura 47. Medias de las calificaciones del atributo sensación en boca de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.5 Amargor

Normalmente, las cervezas artesanales presentan un grado de amargor alto en consecuencia del lúpulo usado, su origen o por la cocción, pH y tiempo de permanencia en el tanque (Martínez, 2015). El nivel del amargor suele ser más elevado en cervezas oscuras que claras (Ortiz, 2022).

Mediante la prueba de Kruskal Wallis se puede interpretar, en la siguiente figura 48, que existe diferencia significativa en el amargor de las muestras, observando que las muestras CANB-366-15, la CANB-235-15 y la CERRO PRIENTO se encuentran en la escala 4 consideradas por los panelistas que el amargor de estas muestras no les disgusto al ser evaluadas.

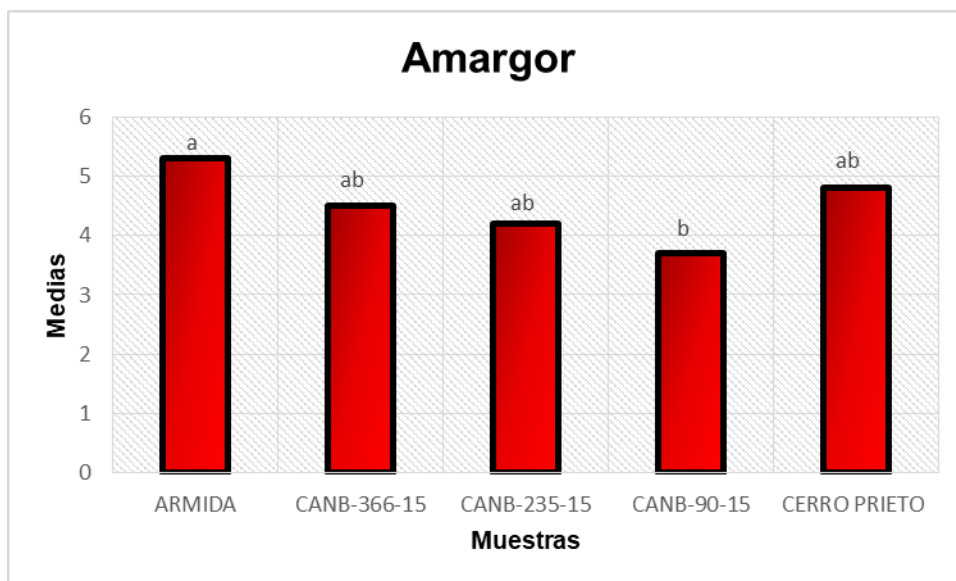


Figura 48. Medias de los valores del atributo amargor de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.6 Olor

El olor representa uno de los principales atributos de calidad en la cerveza y tiene una gran importancia en las preferencias de los consumidores, este va depender de la materia prima como del proceso de elaboración, ya que puede evolucionar durante su transformación, debido a las diferentes reacciones químicas (Méndez *et al.*, 2023).

Se destaca que los aromas que se perciben la cerveza tales, como afrutados o herbáceos provienen de la materia prima (Segobia, 2022).

El atributo del olor en la figura 49, se interpreta que entre las muestras existe diferencia significativa, sobre saliendo la muestra CANB-90-15 que se encuentra en la escala 6 siendo considerada la muestra con un olor más gustoso por los panelistas, comparando con la muestra CERRO PRIETO que se encuentra en la escala 4 considerada que su olor es poco gustoso.

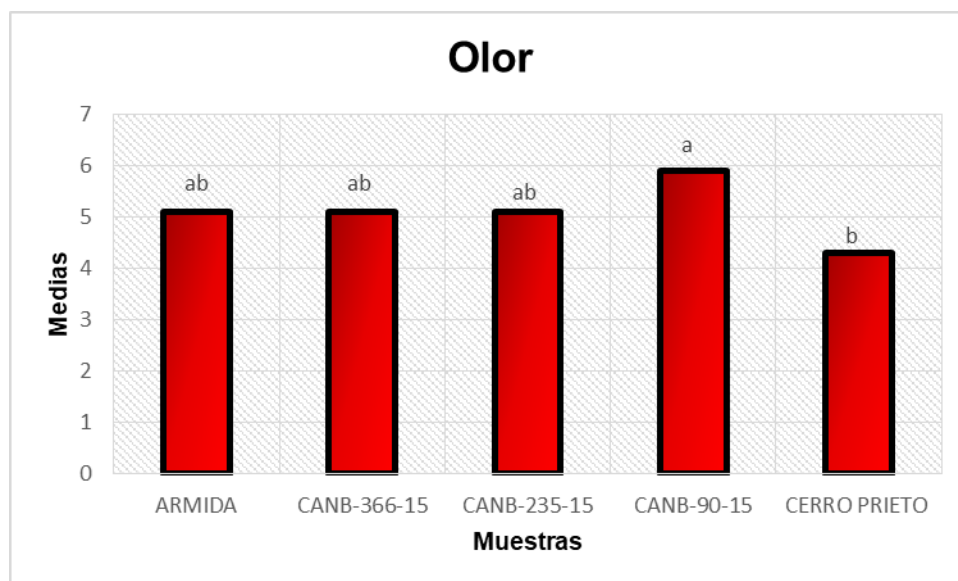


Figura 49. Medias de las calificaciones del atributo olor de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.7 Textura

La textura es una característica de la bebida que está determinada principalmente por el sentido del tacto, que se subestima durante la degustación (Beber, 2021). La textura hace referencia a la sensación en boca en cuanto a la suavidad, la efervescencia y la viscosidad. Las cervezas ligeras suelen tener un cuerpo liviano (Arias, 2024).

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis se interpreta en la figura 50, estadísticamente que no existe diferencia significativa entre las muestras, visualizando que existe una diferencia en la escala, la muestra CERRO PRIETO es considerada ligeramente líquida por los panelistas, la muestra CANB-90-15 en la escala de medias está en el nivel 3, para los panelistas fue considerada con textura algo líquida.

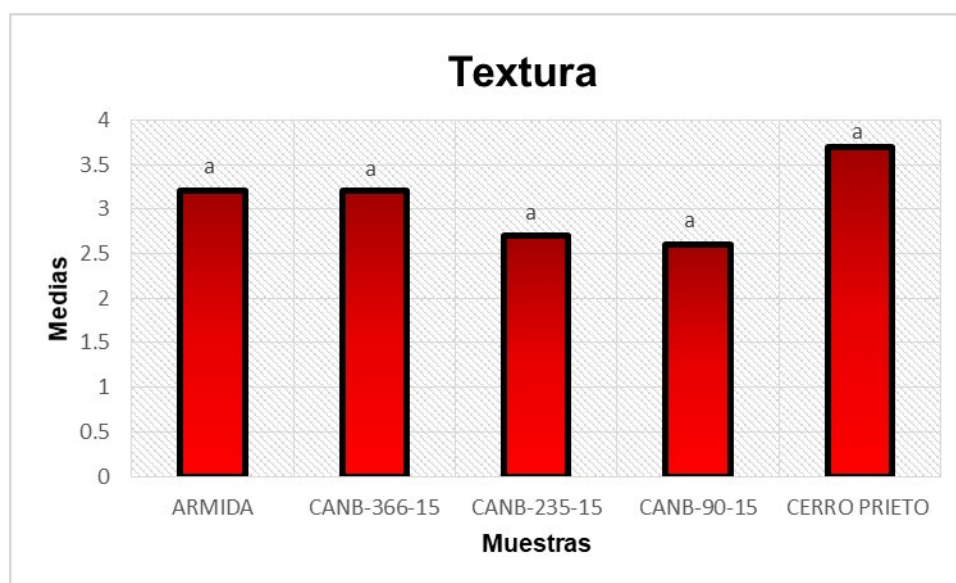


Figura 50. Medias de los valores del atributo textura de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

4.2.8 Aceptación global

La aceptación global es una más de las características sensoriales en donde se ve influencia, por la presentación eh información del envase del producto (Tomic *et al.*, 2017).

Interpretando los resultados obtenidos de la prueba de Kruskal Wallis, se observa en la figura 51, que no existe diferencia significativa entre las muestras, observado que la muestra CANB-90-15, en la escala se encuentra en el nivel 4 considerada por los panelistas que su aceptación global les gusto muy poco, siendo afectada por su olor, sabor y color.

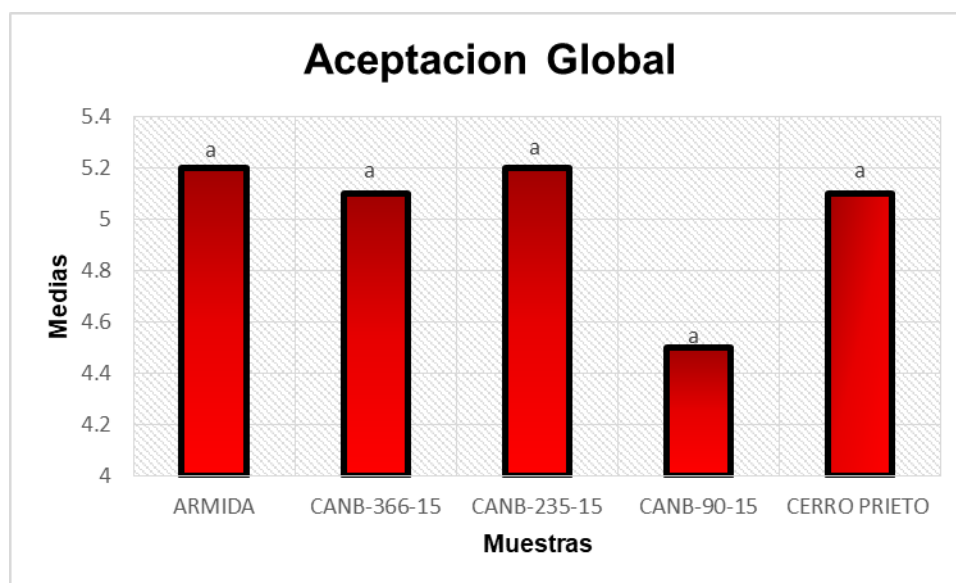


Figura 51. Medias de las calificaciones del atributo aceptación global de las cervezas de cebada de los materiales genéticos

CAPITULO V. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se puede concluir que, de las cinco cebadas evaluadas dos de ellas son aptas para la elaboración de cerveza artesanal, las cuales son ARMIDA que era de esperarse por ser una cebada maltera y CANB-366-15.

De los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico, los parámetros mostraron diferencias significativas entre los tratamientos destacando con la mayoría de los parámetros con valores superiores fue la cerveza artesanal con la cebada CANB-366-15, y la que tenía los valores menos favorecidos fue la cerveza elaborada con la cebada CANB-90-15.

En la evaluación sensorial de las cervezas artesanales evaluadas hubo diferencias significativas en los atributos: color, amargor, y olor. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en los atributos: apariencia global, sabor, sensación en la boca, textura y aceptación global. Algo importante que los panelistas mencionaron fue que algunas muestras eran demasiado amargas. De las cinco muestras de cervezas artesanales la que presento calificaciones más altas en cuanto a los atributos sensorial es fue la ARMIDA.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Advantys. (2023). Países donde se bebe más cerveza, ranking a nivel mundial. Consultado en: <https://advantys.es/paises-donde-se-bebe-mas-cerveza/>
- Agulló, G. V. (2015). Efecto de La maceración escalonada y de La temperatura de fermentación en las propiedades funcionales de la cerveza. Recuperado de: <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/3439/1/Agull%c3%b3%20Garc%c3%ada%2c%20Vicente%20TFGbiotec%202014-15.pdf>.
- Al-Sharrad, M. A.; Natiq, D. (2019). Determination of the density of liquids. Physics Lab 1. Department of Civil Engineering, University of Anbar. Recuperado de: <https://www.uoanbar.edu.iq/eStoreImages/Bank/17287.pdf>
- Antopaar. (2016). Medición de la viscosidad para cerveza de alta calidad. Recuperado de: https://www.musermy.com/wpcontent/uploads/2018/11/C72IA035ENA_Viscosity_measurement_for_high_quality_beer_.pdf
- Arboleda-Palma, B. A., Delgado-Barahona, D. I., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2025). Caracterización funcional, proximal y microbiológica de una muestra de cerveza artesanal en su proceso productivo. Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica, 9(1), 169-169.
- Arévalo-Sánchez, J. E., & Domínguez-Hernández, T. G. (2020). Sustitución parcial de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) por maíz morado (*Zea Mays L.*) en el desarrollo de cerveza estilo Cream Ale: evaluación de parámetros fisicoquímicos y evaluación sensorial (Tesis). Repositorio digital, Universidad Dr. José Matías Delgado, el Salvador Carrera de Ingeniero en Alimentos.
- Arias, E. L. A. (2024). Formulación de cerveza artesanal tipo "Ale" a partir de maíz (*Zea mays*) como alternativa a la producción local de cerveza artesanal y a la importación de maltas (Tesis). Repositorio digital, Universidad Técnica de Machala Carrera de ingeniero en Alimentos.
- Barreto-Torrella, S. & Arias-Vidal, H. (2018). Consumo de agua en la cervecería Tínima. Artículo de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 39(3), 28-36. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S168003382018000300028&script=sci_arttext&tlng=en
- Beber, B. (2021). Textura de la cerveza. Consultado en: <https://es.drink-drink.ru/tekstura-piva/>

- Bernaldez, C.A. I. (2013). Cerveza artesanal en México. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 15(8), 56-63.
- Burini, J. A., Eizaguirre, J. I., Loviso, C., & Libkind, D. (2021). Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de microbiología*, 53(4), 359-377. Consultado en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=levaduras+no+convencionales&oq=levaduras++no
- Cabello, N.C. (2021). Botánica e importancia farmacéutica del lúpulo (*Humulus lupulus L.*) (Tesis). Repositorio digital, Universidad de Sevilla Área de botánica Facultad de Farmacia.
- Calapucha, G. (2019). Elaboración artesanal de cerveza utilizando como complemento de sabor la fruta ancestral chontaduro (*Bactris gasipaes*), en la comunidad Wamani, Cantón Archidona. (Tesis). Repositorio digital, Universidad Regional Autónoma De Los Andes Carrera Ingeniero en Gestión de Alimentos.
- Camero, C. J. M. (2018). Estudio Botánico de la Cerveza. (Tesis). Repositorio digital, Universidad de Sevilla Área de Botánica Facultad de Farmacia
- Camps, I., Rabadà, J. (2015). Origen, estimado, del vino y de la cerveza. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2015/132464/jcampsapu_172.pdf
- Cárdenas, M. C. (2016). Diseño de un filtro para cerveza artesanal. (Tesis). Repositorio digital, de la Universidad Austral de Chile Carrera Ingeniería en Alimentos.
- Castañeda, R., Andreade- Cuví, M. J., Arguello, 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. *Revista SciELO Analytics*, 9(2), 15-26.
- Castiblanco-González, L. E., Miranda-Hernández, A., Valbuena-Triana, L. A., & Contreras-Sales, R. E. (2018). El cultivo de la cebada en Colombia [Libro electrónico] Instituto Colombiano Agropecuario. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19828>
- Castorena-García, J. H., Juárez-Pérez, V., Cano-Hernández, M., Santiago-Santiago, V., & López-Mejía, O. A. (2020). Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar. *Conciencia Tecnológica*, (60). Instituto tecnológico de Aguascalientes, México consultado en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94465715001/94465715001>

- Cazares-Sánchez, L.R., Saavedra-García, M.L., Sánchez, B.T. (2019). Creación de valor en la industria cervecera artesanal mexicana. *Revista Economía*, 44(47), 101-130.
- Cedeño-Briones, G. J., Mendoza-Alonzo, J. A., & Zambrano-Velásquez, D. L. (2016). Evaluación fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especies (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Recuperado en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/124692/records/669e7a5d00eb85b7d72b8be0>
- Coaquira, R.G. C. (2018). Evaluación de Soluciones Nutritivas y Tiempos de Cosecha, en Cebada Forrajera CV. Nacional (*Hordeum Vulgare L.*), Producida como Forraje Verde Hidropónico, en la Región Arequipa. (Tesis). Repositorio digital Universidad Católica Santa María, Perú Carrera Ingeniero Agrónomo.
- Díaz, Y.I. (2015). Cerveza. Distribución y consumo, Artículo Alimentos con Historia 3(1632), 54-64. Consultado en: https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2023/02/08_Alimentos-con-Historia.-Cerveza.pdf
- Docsity (2019). Diagrama de flujo de la elaboración de la cerveza, Guías, Proyectos, Investigaciones de Química Analítica, Recuperado de: <https://www.docsity.com/es/docs/diagrama-de-flujo-de-la-elaboracion-de-la-cerveza/8191387/>
- Espejel, A., Cruz, R., Barrera, A., & Ramírez, M. (2021). Innovación y competitividad en microempresas productoras de cerveza artesanal en México [Libro electrónico de Actas] Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco Estado de México. Consultado en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/125186/records/6748951f7625988a371e021b>
- Espinosa, M. J. (2020). Evaluación sensorial de los alimentos [Libro electrónico] Editorial Universitaria Cuba. Consultado en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=heDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=Evaluaci%C3%B3n+sensorial+de+los+alimentos+&ots=yjRoWdqng&sig=__nZY4DF2YPWVBMHmvkgZ2ZWT0Y#v=onepage&q=Evaluaci%C3%B3n%20sensorial%20de%20los%20alimentos&f=false
- Farfán, P., & Pacheco, V. (2017). Análisis de la comercialización de cerveza artesanal sabor a miel en la ciudad Arequipa y propuesta de un plan de ventas (Tesis). Repositorio digital (Doctoral dissertation, Universidad Nacional De San Agustín Arequipa Perú) Recuperado de:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5633/ADfaqupft.pdf>).

- Fernandez-Robin, C., Martínez-Yañez, D., Santander-Astogar, P., Cea-Valencia, J., & Mery-Medel, R. (2017). Comportamiento del consumidor de cerveza artesanal. *Revista Global de negocios*, 5(1), 17-23.
- Ferreyra, L. (2014). Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. (Tesis). Repositorio digital. Cátedra de Agroindustrias y Laboratorio de investigación en productos Agroindustriales, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales UNLP, 9.
- Fontana, U. (2020). Cerveza artesanal estilo sour con agregado de frutos patagónicos: efecto sobre la calidad organoléptica y fisicoquímica (Tesis). Repositorio digital (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Fuentes-Lara, L.O., (2020). Manual de Practicas de Laboratorio del Curso de Alimentos Funcionales. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P. 18.
- García, B.K. B. (2015). Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos. (Tesis). Repositorio digital. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador. Carrera Químico Farmacéutico.
- García, P. M. (2017). Los residuos de cerveza como fuente de antioxidantes naturales (Tesis). Repositorio digital, Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona Maestría en Ingeniería Química.
- García Paz, G. M., Lucas Rojas, C. A., Alcívar Cedeño, U. E., Cedeño Palacios, C. A., Burgos Briones, G. A., & Munizaga Párraga, D. R. (2024). Aplicación de base cereal local (*Zea Mays l.* Y *Oryza Sativa*) en producción de cerveza artesanal. *Revista Centro Azúcar*, 51(1).
- Grupo Modelo, Recuperado de: <https://www.grupomodelo.com/quienes-somos/nuestra-historia>
- Guerberoff-KAY, G., Marchesino, M., López, P. L., & Olmedo, R. H. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *Artículo ResearchGate*, 8(1), 52-59.
- Guido, L.F. (2019). Elaboración de cerveza y cerveza artesanal, Departamento de Química y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de Porto. *Revista Bebidas* ,5-55.

- Guzmán-Ortiz, F. A., Soto-Carrasquel, A., López-Perea, P., & Román-Gutiérrez, A. D. (2019) Valoración y uso de una nueva variedad de cebada para elaboración de cerveza artesanal., Ingeniería agrícola y biosistemas. Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Vol. 1, No. 11.
- Hernández, H. Á. R. (2016). Cerveza y salud para docentes de hostelería de Tenerife. (Tesis). Repositorio digital, Universidad de la Laguna Facultad de Ciencias en la Salud, Carrera Enfermería.
- Inga, Q. G. S. (2020). Morfología Cebada, Scribd, Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/474232615/MORFOLOGIA-CEBADA-2020-resumido-2>
- Jiménez, F. A. L. (2019). Proceso de producción de bioetanol, a partir de la biomasa hidrolizada de la *Eichhornia Crassipes* con la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*). (Tesis). Repositorio digital, Fundación Universitaria los Libertadores Bogotá, Carrera Ingeniería Industrial.
- León, P. J. P. (2019). Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal a base de malta de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y amaranto. (Tesis). Repositorio digital, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Carrera Ingeniero en Alimentos.
- Lizarbe, F. Y. A. (2023). Sustitución parcial de lúpulo (*Humulus lupulus*) con tanino a partir de tara (*Caesalpineia spinosa*) proveniente de Pacaycasa-Ayacucho en la elaboración de cerveza artesanal. (Tesis). Repositorio digital, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Carrera de Ingeniería en la Industria Alimentaria.
- López-Chun, C. A., Palma-Parrales, Y. M., Alcívar-Cedeño, U. E., Burgos-Briones, G. A., & Munizaga-Párraga, D. R. (2024). Craft Beer Functional Extract As An Innovative Ingredient In The Confectionary Industry. Journal, recuperado en: 51(3),e1073http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/806
- Lucas-Muñoz, S. Y Sanchez-Garcia, R. (2016). El agua en la industria alimentaria. Artículo grado de ciencia y tecnología de Alimentos, Madrid España, Vol. 33, Num. 2, 157-171.
- Martínez, M. A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. (Tesis). Repositorio digital, Universidad de Lleida, Facultad de Medicina.

- Martínez, M. J. I. (2024). Efectos del consumo moderado de bebidas fermentadas con distinto contenido en polifenoles en el microbiota intestinal. (Tesis). Repositorio digital, Universidad de Málaga, Doctorado en Biomedicina, Innovación Traslacional y Nuevas Tecnologías en Salud.
- Martínez-Silva, M. D. S. & Sánchez-Rosado, O. B. (2021). Panorama de las características del consumidor de cerveza artesanal en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Artículo Hitos de Ciencias Económico Administrativas, 27(77), 54-71.
- Medina-Morales, M.A., Rojas-Molina, R., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C.N. (2012). Manual de Métodos de Laboratorio del Departamento de Investigación en Alimentos de la Universidad Autónoma de la Universidad Autónoma de Coahuila. DIA-UAdeC, Vol. 1. Saltillo, Coahuila, México. P. 73.
- Mencia, G. A., & Pérez, R. D. (2016). Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja. (Tesis). Repositorio digital, Escuela Agrícola Panamericana, Carrera Agroindustria Alimentaria.
- Menéndez-Vera, A. M., Vera-Cedeño, D. M., & Moreira-Vera, D. W. (2023). Sustitución parcial de cebada por maíz y arroz malteados sobre parámetros físico-químicos y sensoriales en cerveza artesanal tipo Pale-Ale (Food and Agriculture Organization of the United Nations), recuperado en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/124692/records/669e7a5800eb85b7d72b8b31>
- Milenio. (2019). México, los regios son los que más consumen cerveza. Recuperado en: <https://www.milenio.com/negocios/regios-mayores-consumidores-de-cerveza-en-el-pais>
- Monroy, C. M. (2019). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en una cerveza utilizando triticales como adjunto (*Triticosecale wittmack*). (Tesis), Repositorio digital, Universidad Autónoma del Estado de México, Carrera Ingeniero Agrónomo Industrial
- Monzón García, G. A. (2024). Elaboración y comparación de métodos en la producción de cerveza artesanal baja en alcohol. (Tesis), Repositorio digital Universidad del Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Carrera Ingeniería Química Industrial
- Morales, T. M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. Revista de química, Venezuela, 32(1), 4-11.

- Moreno, I.I. (2017). Beneficios de los polifenoles contenidos en la cerveza sobre el microbiota intestinal. Artículo Nutrición Hospitalaria, 34, 41-44. Recuperado en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112017001000009&script=sci_arttext&tlng=en
- Muñoz-Quintero, D. & Arias-Giraldo, S. (2020). Evaluación de condiciones de fabricación y calidad sensorial de cerveza artesanal tipo lager. Journal de Ciencia E Ingeniería, Popayán, 12(1), 1-12. Consultado en: https://jci.uniautonomia.edu.co/2020/2020_1.pdf
- Natur Vital. Extracto de lúpulo, encontrado en: <https://www.naturvital.com/es/ingredientes/lupulo>
- Niquen, G. F. Y. (2025). Evaluación de las características fisicoquímicas y aceptabilidad de cerveza artesanal de arándano (*Vaccinium myrtillus*) de variedad Biloxi en Lambayeque (Tesis), Repositorio digital, Universidad Señor de Sipán Carrera Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior
- NOM-199-SCFI-2017. (2017). Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- Oddone, S. (2021). pH en Cerveza. Recuerdo en: <https://capacitacioneselmolino.com/wp-content/uploads/2021/04/pH-en-Cerveza.pdf>
- Okafor V.N, Eboatu A.N. and Omuku P.E. (2016). Comparative Studies of Bitterness, Phytochemical and Mineral contents of hop extracts and extracts from four selected tropical plants. Asian J. Med. Health Res. 1(6), 1-15.
- Contents of Hop Extracts and Extracts from Four Selected Tropical Plants. Asian J Med Health Res. 1(6), 1-15
- Ortiz, J. Cerveza oscura y clara: Mitos de cuál es más fuerte o amarga, La Silla Orotá consultado en: <https://lasillarota.com/nacion/2022/12/7/cerveza-oscura-clara-mitos-de-cual-es-mas-fuerte-amarga-404881.html>
- Pachas, J. C. (2019). Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales, Investigación Agropecuaria Peruana, 1(1), 27-30.
- Pacheco-Girón, M. R., Alvarado-Bárcenas, E., Chable-Moreno, F., & Raya-Pérez, J.C. (2024). Elaboración De Cerveza A Partir De Cebada Y Garbanzo. Revista Ingeniería en Industrias Alimentarias, 1(2-B), 70-73.
- Párraga- Maquilon, J. S., & Zapata-Zambrano, C. E. (2022). Evaluación de cerveza artesanal tipo ale con dos tipos de lúpulo y uso de mucílago de

cacao (*Theobroma cacao* L.) como sustituto parcial de la levadura. (Tesis), Repositorio digital. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad De Ciencias De La Industria Y Producción, Carrera Ingeniería Agroindustrial.

Piano, F. (2024). Densidad de la cerveza: conoce su importancia en la elaboración de esta popular bebida fermentada. Block Expertos en cervezas consultado en: https://fallingpiano.mx/blog/cual-es-la-densidad-de-la-cerveza/#goog_rewarded

Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2020). La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Primera edición Manual No. 116. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina. Quito- Ecuador. 52p.

Redondo, N., Nova, E., Díaz-Prieto, L. E., & Marcos, A. (2018). Efectos del consumo moderado de cerveza en la salud. Revista de Nutrición Hospitalaria, 35(SPE6), 41-44.

Rendón-Trejo, A., Guille-Mondragón, I. J., & Morales- Alquicira, A. (2020). Retos de la competitividad en las empresas cerveceras artesanales de México. Revista Red Internacional de Investigadores en Competitividad, ISBN 978-607-96203-0-9

Rheonics. (2021). Conceptos básicos de viscosidad de fluidos. Recuperado en: <https://es.rheonics.com/viscosity/>

Rodríguez, C. W. E. (2015). Efecto de la sustitución de cebada (*Hordeum vulgare*) por quinua (*Chenopodium quinoa*) y del pH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale. (Tesis), Repositorio digital, Universidad Privada Antenor Orrego Facultad De Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniero En Industrias Alimentarias.

Rodríguez. (2022). La cerveza, una bebida con historia. Revista Española de Nutrición Comunitaria 28(Supl. 2) 47-49.

Ruiz, M. K. A. (2022). Diseño de un proceso de elaboración de una cerveza artesanal empleando cebada (*Hordeum vulgare*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) con aroma a chocolate en la ciudad de Ambato. (Tesis). Repositorio digital, Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología, Carrera de Ingeniería en Alimentos.

Saavedra- Medina, T., Arroyo-Figueroa, G., Herrera-Méndez, C., Gantes-Alcántar, M., Mexicano-Santoyo, L., & Mexicano-Santoyo, A. (2018).

- Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. Artículo Abanico veterinario, 8(3), 86-93.
- Sacanella-Anglés, I., Casas-Rodríguez, R., Viñas-Esmel, E., Castro-Barquero, S., & Sacanella-Meseguer, E. (2019). Prevención de la enfermedad cardiovascular y bebidas alcohólicas fermentadas. Revista Nutrición Hospitalaria, 36, 58-62.
- Salazar-Arboleda, J. J., & Gil-Castañeda, D. (2022). Influencias de las técnicas de mercadeo visual sobre la decisión de compra de una cerveza artesanal. (Trabajo de grado). Repositorio Digital, Universidad Eia Carrera Ingeniero Administrador.
- Salgado-Albarrán, M., Herrera-Díaz, J., & Dinkova, T. D. (2015). Caracterización de patrones de hordeínas en variedades mexicanas de cebada maltera. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 18(1), 43-51.
- Sánchez, C. L., Franco, L., Bravo, R., Rubio, C., Rodríguez, A. B., Barriga, C., & Cubero, J. (2010). Cerveza y salud, beneficios en el sueño. Revista española de nutrición comunitaria, 16(3), 160-163.
- Segobia, M. S. A. (2022). Evaluación de la adición de centeno (*Secale cereale*) en la formulación de cerveza artesanal Belgian Pale Ale. Revista Scielo Enfoque UTE, 13(3), 14-28.
- Simón, M. R., & Voisin, A. I. (2022). Cebada cervecera: origen, importancia del cultivo, crecimiento y desarrollo. [Libros electrónico] Cereales de Invierno consultado en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156681/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Solórzano-García, P., Aldas-Morejón, J., Revilla-Escobar, K., Cortez-Espinoza, A., & Álava, C. P. (2023). Cerveza artesanal con inclusión de maíz, pulpa de piña (*Ananas comosus*) y esencia de coco (*Cocos nucifera*): propiedades tecnológicas y sensoriales. Revista ciencia agroindustrial, 13(3), 181-187.
- Solórzano Proaño, Á. G. 70. & García Ruiz, R. E. (2025). Evaluación de las propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de la adición de SPONDIAS PURPUREA en la producción de cerveza artesanal. (Tesis) Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, Carrera De Ingeniería En Biotecnología.
- Spósito, M. B., Ismael, R. V., Barbosa, C. D. A., & Tagliaferro, A. L. (2019). A cultura do lúpulo. Revista Série Produtor Rural, 68, 14-4530. Consultado en: https://www.researchgate.net/profile/Caio-Morais-De-Alcantara-Barbosa/publication/334672293_A_Cultura_do_Lupulo/links/5d3dcb5a299bf1995b524c08/A-Cultura-do-Lupulo.pdf

- Statista. (2024). Ranking de los países con el mayor consumo de cerveza del mundo en 2022, consultado en: <https://es.statista.com/estadisticas/636922/ranking-mundial-de-los-paises-con-mayor-consumo-de-cerveza/>
- Suárez Díaz, M. (2013). Cerveza, componentes y propiedades, (Tesis), Repositorio digital Universidad de Ovideo, Maestría en Biotecnología Alimentaria
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1), 20-28.
- Tirado-Vera, J. W., Zalazar-Rosado, G. M., & Moreira-Vera, D. (2018). Banano (*cavendish* gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Recuperado en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/124692/records/669e7a5d00eb85b7d72b8bd9>
- Tomac, A., Cardial, P., Sosa, M., Yeannes, M. I. (2017). Percepción del consumidor de un producto pesquero tratado con irradiación utilizando Análisis por Conjunto. Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios consultado en: https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=37040&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=8294377
- Torregrosa, D. (2023). El mapa de sabores de la lengua, Bitácora Ese punto azul pálido, consultado en: <https://www.esepuntoazulpalido.com/2023/08/el-mapa-de-sabores-de-la-lengua.html>
- Torres-Rodríguez, D. C., & Bohórquez-Castaño, D. (2017). Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cidrón (*Aloysia citrodora*) en la elaboración de cerveza artesanal. (Tesis), Repositorio digital Universidad De La Salle Facultad De Ingeniería Bogota, Carrera Ingeniería en Alimentos
- Torricella-Morales, R. G., Pulido-Álvarez, H., & Zamora-Utset, E. (2020). Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. [Libro electrónico] Editorial Universitaria ISBN 978-959-16-0577-1(Cuba). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jeDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=Evaluaci%C3%B3n+sensorial+de+los+alimentos+&ots=1llwyjgxEj&sig=-pwGA5WPq3PDfTzslWTIDArg7PU#v=onepage&q=Evaluaci%C3%B3n%20sensorial%20de%20los%20alimentos&f=false>

- Valera, N. D. ¿Qué son los IBUs en la cerveza? (2019). Recuperado en: <https://installbeer.com/blogs/diariocerveceros/que-son-los-ibus-cerveza?srsId=AfmBOopNy4NhrNFHOfl-vS8gWPAG3xo5JxnTqfAZ-pHP5C9213Yd9OXC>
- Valtierra-Marín, H. E., Delgadillo-Ruíz, L., Mercado-Reyes, M., Valecia-Adame, L. E., & Gaytan-Saldaña, N. A. (2023). Perfil fisicoquímico de cervezas artesanales del estado de Zacatecas por técnicas cromatografías y de espectroscopia: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4(5), 1479-1490.
- Vargas, A. (2015). Rendimiento De Sorgo (*Sorghum bicolor*) y cebada (*Hordeum vulgare*) bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico, (Tesis) Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz–Bolivia Carrera Ingeniero Agrónomo.
- Vásquez, B. M. D. L. (2012). Introducción de cerveza tipo artesanal, en el mercado de la ciudad de Amba, (Tesis) Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Ambato, Carrera Ingeniero Comercial con mención en Marketing
- Vinueza, M. D. A. (2019). Comparación de dos técnicas para saborizar Ale Raspberry Stout, (Tesis), Repositorio digital Universidad de las Américas Carrera Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos
- Yamamoto, I. B., Arellano-Zepeda, S. A., & del Mar Obregón-Angulo, M. (2018). Producción de cerveza artesanal: la omisión legislativa de un régimen fiscal especial en México. Revista Vinculatégica EFAN, 4(2), 659-663.
- Yupangui, L. J. E. (2022). Diseño e implementación de un fermentador prototipo para la obtención de cerveza artesanal, (Tesis), Repositorio digital Universidad Nacional de Chimborazo, Carrera Ingeniero Agroindustrial.

CAPÍTULO VII ANEXOS

Anexo 1. ANOVA para el pH

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
pH	15	1.00	1.00	0.20

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.04	4	0.26	2607.60	<0.0001
variedad	1.04	4	0.26	2607.60	<0.0001
Error	1.0E-03	10	1.0E-04		
Total	1.04	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.01819

Error: 0.0001 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CANB- 90-15	5.56	3	0.01	A
CERRO PRIETO	4.96	3	0.01	B
ARMIDA	4.95	3	0.01	B
CANB-235-15	4.92	3	0.01	C
CANB-366-15	4.82	3	0.01	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 2. ANOVA para los °BRIX

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Brix	15	0.99	0.98	9.45

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	11.07	4	2.77	166.00	<0.0001
variedad	11.07	4	2.77	166.00	<0.0001
Error	0.17	10	0.02		
Total	11.23	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.23487

Error: 0.0167 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CANB-366-15	2.50	3	0.07	A
ARMIDA	2.00	3	0.07	B
CERRO PRIETO	1.33	3	0.07	C
CANB-235-15	1.00	3	0.07	D
CANB- 90-15	0.00	3	0.07	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 3. ANOVA para % de alcohol

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
alcohol, % Gay Lussac	15	1.00	1.00	1.73

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	116.91	4	29.23	14188.44	<0.0001
variedad	116.91	4	29.23	14188.44	<0.0001
Error	0.02	10	2.1E-03		
Total	116.93	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.08257

Error: 0.0021 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CERRO PRIETO	8.01	3	0.03	A
ARMIDA	2.01	3	0.03	B
CANB-366-15	2.01	3	0.03	B
CANB-235-15	1.10	3	0.03	C
CANB- 90-15	0.00	3	0.03	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 4. ANOVA para el color L

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
L	15	0.98	0.97	3.69

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	85.81	4	21.45	109.78	<0.0001
Variedad	85.81	4	21.45	109.78	<0.0001
Error	1.95	10	0.20		
Total	87.76	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.80419

Error: 0.1954 df: 10

Variedad	Means	n	S.E.	
CANB-235-15	14.68	3	0.26	A
CANB- 90-15	14.66	3	0.26	A
CERRO PRIETO	11.42	3	0.26	B
CANB-366-15	10.72	3	0.26	B
ARMIDA	8.49	3	0.26	C

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 5. ANOVA para el color a*

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
a*	15	0.99	0.98	37.61

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	26.34	4	6.58	178.01	<0.0001
Variedad	26.34	4	6.58	178.01	<0.0001
Error	0.37	10	0.04		
Total	26.71	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.34988

Error: 0.0370 df: 10

Variedad	Means	n	S.E.	
CANB- 90-15	2.15	3	0.11	A
CERRO PRIETO	2.03	3	0.11	A
CANB-366-15	-0.08	3	0.11	B
CANB-235-15	-0.46	3	0.11	C
ARMIDA	-1.07	3	0.11	D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 6. ANOVA para el color b*

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
b*	15	0.96	0.94	5.11

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	31.12	4	7.78	54.57	<0.0001
Variedad	31.12	4	7.78	54.57	<0.0001
Error	1.43	10	0.14		
Total	32.54	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.68687

Error: 0.1425 df: 10

Variedad	Means	n	S.E.	
CANB- 90-15	8.77	3	0.22	A
CANB-366-15	8.45	3	0.22	A
CANB-235-15	8.42	3	0.22	A
CERRO PRIETO	6.04	3	0.22	B
ARMIDA	5.28	3	0.22	C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 7. ANOVA para la acidez titulable

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
AT, % ácido cítrico	15	0.97	0.95	5.94

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	8.3E-04	4	2.1E-04	73.73	<0.0001
variedad	8.3E-04	4	2.1E-04	73.73	<0.0001
Error	2.8E-05	10	2.8E-06		
Total	8.6E-04	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00305

Error: 0.0000 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CANB-366-15	0.04	3	9.7E-04	A
ARMIDA	0.03	3	9.7E-04	B
CERRO PRIETO	0.03	3	9.7E-04	B
CANB-235-15	0.02	3	9.7E-04	C
CANB- 90-15	0.02	3	9.7E-04	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 8. ANOVA para la densidad

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
DENSIDAD, g/mL	15	0.91	0.88	1.04

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.01	4	2.6E-03	26.40	<0.0001
variedad	0.01	4	2.6E-03	26.40	<0.0001
Error	1.0E-03	10	1.0E-04		
Total	0.01	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.01819

Error: 0.0001 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CANB- 366-15	1.01	3	0.01	A
ARMIDA	0.97	3	0.01	B
CANB-90-15	0.97	3	0.01	B
CERRO PRIETO	0.95	3	0.01	C
CANB-235-15	0.93	3	0.01	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 9. ANOVA para la turbidez

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Absorbancia	15	1.00	1.00	0.35

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.35	4	0.34	152899.77	<0.0001
variedad	1.35	4	0.34	152899.77	<0.0001
Error	2.2E-05	10	2.2E-06		
Total	1.35	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00270

Error: 0.0000 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
CANB- 366-15	0.97	3	8.6E-04	A
ARMIDA	0.48	3	8.6E-04	B
CANB-235-15	0.32	3	8.6E-04	C
CERRO PRIETO	0.22	3	8.6E-04	D
CANB-90-15	0.12	3	8.6E-04	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 10. ANOVA para el amargor

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
BIU	30	0.53	0.46	18.53

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	31248000.00	4	7812000.00	7.18	0.0005
Variedad cebada	31248000.00	4	7812000.00	7.18	0.0005
Error	27210000.00	25	1088400.00		
Total	58458000.00	29			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1240.51930

Error: 1088400.0000 df: 25

Variedad cebada	Means	n	S.E.	
CANB-235-15	6850.00	6	425.91	A
CERRO PRIETO	6383.33	6	425.91	A
CANB- 90-15	6083.33	6	425.91	A
ARMIDA	4450.00	6	425.91	B
CANB-366-15	4383.33	6	425.91	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 11. ANOVA para la viscosidad

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Viscosidad, cP	15	1.00	1.00	0.83

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	56.51	4	14.13	1115.26	<0.0001
variedad	56.51	4	14.13	1115.26	<0.0001
Error	0.13	10	0.01		
Total	56.63	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.20475

Error: 0.0127 df: 10

variedad	Means	n	S.E.	
ARMIDA	15.47	3	0.06	A
CANB- 366-15	15.13	3	0.06	B
CANB-90-15	14.33	3	0.06	C
CANB-235-15	13.13	3	0.06	D
CERRO PRIETO	10.10	3	0.06	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 12. ANOVA para los polifenoles

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Polifenoles, Eq. GAE	15	0.98	0.97	7.92

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	14833.83	4	3708.46	131.86	<0.0001
Variedad	14833.83	4	3708.46	131.86	<0.0001
Error	281.24	10	28.12		
Total	15115.07	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=9.64802

Error: 28.1244 df: 10

Variedad	Means	n	S.E.	
CANB-366-15	115.31	3	3.06	A
CANB-235-15	83.14	3	3.06	B
ARMIDA	67.90	3	3.06	C
CERRO PRIETO	43.95	3	3.06	D
CANB- 90-15	24.36	3	3.06	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 13. Para la capacidad antioxidante por la tecnica ABTS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Capacidad Antioxidante, um..	15	0.57	0.39	1.98

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	9.1E-04	4	2.3E-04	3.25	0.0593
variedad	9.1E-04	4	2.3E-04	3.25	0.0593
Error	7.0E-04	10	7.0E-05		
Total	1.6E-03	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.01521

Error: 0.0001 df: 10

variedad	Means	n	S.E.
CANB- 90-15	0.43	3	4.8E-03 A
CANB-366-15	0.42	3	4.8E-03 A B
ARMIDA	0.42	3	4.8E-03 A B
CERRO PRIETO	0.42	3	4.8E-03 B
CANB-235-15	0.41	3	4.8E-03 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 14. Para la capacidad antioxidante por la tecnica DPPH

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Capacidad Antioxidante DPP..	15	0.94	0.91	3.08

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	610628.22	4	152657.06	37.61	<0.0001
Variedad	610628.22	4	152657.06	37.61	<0.0001
Error	40593.20	10	4059.32		
Total	651221.42	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=115.91061

Error: 4059.3201 df: 10

Variedad	Means	n	S.E.
ARMIDA	2338.97	3	36.78 A
CERRO PRIETO	2233.66	3	36.78 A
CANB- 90-15	2037.07	3	36.78 B
CANB-235-15	1973.88	3	36.78 B
CANB-366-15	1763.25	3	36.78 C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 15. Para apariencia global

Apariencia global

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Apariencia global	50	0.01	0.00	23.75

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.52	4	0.13	0.08	0.9894
Muestra	0.52	4	0.13	0.08	0.9894
Error	77.90	45	1.73		
Total	78.42	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.18511

Error: 1.7311 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
CERRO PRIETO	5.70	10	0.42	A
CANB-235-15	5.60	10	0.42	A
CANB- 366-15	5.50	10	0.42	A
ARMIDA	5.50	10	0.42	A
CANB-90-15	5.40	10	0.42	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 16. Para el color

Color

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Color	50	0.15	0.07	19.42

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	9.72	4	2.43	1.96	0.1175
Muestra	9.72	4	2.43	1.96	0.1175
Error	55.90	45	1.24		
Total	65.62	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.00391

Error: 1.2422 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
CERRO PRIETO	6.30	10	0.35	A
ARMIDA	6.10	10	0.35	A B
CANB-235-15	5.80	10	0.35	A B
CANB- 366-15	5.40	10	0.35	A B
CANB-90-15	5.10	10	0.35	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 17. Para el sabor

Sabor

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Sabor	50	0.02	0.00	36.38

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	3.48	4	0.87	0.27	0.8948
Muestra	3.48	4	0.87	0.27	0.8948
Error	144.20	45	3.20		
Total	147.68	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.61240

Error: 3.2044 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.
CANB-235-15	5.10	10	0.57 A
ARMIDA	5.10	10	0.57 A
CANB- 366-15	5.00	10	0.57 A
CERRO PRIETO	5.00	10	0.57 A
CANB-90-15	4.40	10	0.57 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 18. Para la sensación en boca

Sensación en boca

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Sensacion en boca	50	0.09	0.01	29.68

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	10.80	4	2.70	1.13	0.3529
Muestra	10.80	4	2.70	1.13	0.3529
Error	107.20	45	2.38		
Total	118.00	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.39023

Error: 2.3822 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.
ARMIDA	6.10	10	0.49 A
CERRO PRIETO	5.10	10	0.49 A
CANB-235-15	5.10	10	0.49 A
CANB-90-15	4.90	10	0.49 A
CANB- 366-15	4.80	10	0.49 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 19. Para el amargor

Amargor

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Amargor	50	0.10	0.02	37.46

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	14.60	4	3.65	1.28	0.2904
Muestra	14.60	4	3.65	1.28	0.2904
Error	127.90	45	2.84		
Total	142.50	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.51854

Error: 2.8422 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
ARMIDA	5.30	10	0.53	A
CERRO PRIETO	4.80	10	0.53	A B
CANB- 366-15	4.50	10	0.53	A B
CANB-235-15	4.20	10	0.53	A B
CANB-90-15	3.70	10	0.53	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 20. Para el olor

Olor

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Olor	50	0.15	0.07	25.09

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	12.80	4	3.20	1.95	0.1179
Muestra	12.80	4	3.20	1.95	0.1179
Error	73.70	45	1.64		
Total	86.50	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.15272

Error: 1.6378 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
CANB-90-15	5.90	10	0.40	A
CANB-235-15	5.10	10	0.40	A B
ARMIDA	5.10	10	0.40	A B
CANB- 366-15	5.10	10	0.40	A B
CERRO PRIETO	4.30	10	0.40	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 21. Para la textura

Textura

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Textura	50	0.07	0.00	51.18

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	7.88	4	1.97	0.79	0.5360
Muestra	7.88	4	1.97	0.79	0.5360
Error	111.80	45	2.48		
Total	119.68	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.41975

Error: 2.4844 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
CERRO PRIETO	3.70	10	0.50	A
CANB- 366-15	3.20	10	0.50	A
ARMIDA	3.20	10	0.50	A
CANB-235-15	2.70	10	0.50	A
CANB-90-15	2.60	10	0.50	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Anexo 22. Para la aceptacion global

Aceptación global

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Aceptacion global	50	0.03	0.00	31.36

Kruskal Wallis table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	3.48	4	0.87	0.35	0.8419
Muestra	3.48	4	0.87	0.35	0.8419
Error	111.50	45	2.48		
Total	114.98	49			

Test: Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.41784

Error: 2.4778 df: 45

Muestra	Means	n	S.E.	
CANB-235-15	5.20	10	0.50	A
ARMIDA	5.20	10	0.50	A
CANB- 366-15	5.10	10	0.50	A
CERRO PRIETO	5.10	10	0.50	A
CANB-90-15	4.50	10	0.50	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)