



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



Tema: Determinación de la calidad maltera aplicada en el grano de cebada *Hordeum vulgare* variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003, su análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza artesanal (Rubia) producida a partir de su procesamiento.

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología

Autor: Pablo Francisco Carrasco Velástegui

Tutor: PhD. David Andrés Terán Mera

Ambato – Ecuador.

Agosto - 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. David Andrés Terán Mera

Certifica

Que el presente trabajo ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación; el mismo que, responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 25 de Junio de 2020



PhD. David Andrés Terán Mera

C.I. 1716569726

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Carrasco Velástegui Pablo Francisco declaro que los resultados presentes en el Trabajo de Titulación corresponden a la modalidad de Proyectos de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, son auténticos y personales, a excepción de las citas.



Pablo Francisco Carrasco Velástegui

C.I. 1803203890

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Firmado electrónicamente por:
**LILIANA PAULINA
LALALEO CORDOVA**

Dra. Liliana Paulina Lalaleo Córdoba

C.I.



Firmado electrónicamente por:
**DANAE
FERNANDEZ**

Lic. MSc. Danae Fernández Rivero

C.I. 175718120-9



Firmado electrónicamente por:
**LILIANA
ALEXANDRA
CERDA MEJIA**

Ing. Liliana Alexandra Cerda Mejía

C.I. 1804148086

Ambato, 31 de Julio del 2020

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de Investigación, con fines de difusión pública, además la reproducción de este proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Pablo Francisco Carrasco Velástegui

C.I. 1803203890

AUTOR

DEDICATORIA

A mi mamá Jacqueline, desde que decidí empezar esta carrera, siempre me ha apoyado, en los momentos de felicidad y de tristeza, tu mamá que me levantaste cuando caí y me diste palabras de apoyo en mis momentos más difíciles, este logro es para ti mamá que fuiste padre y madre, esta es la mejor recompensa que te la puedo dar.

A mis abuelitos Rómulo y Aída, ustedes que me vieron crecer y poco a poco convertirme en la persona que soy ahora, papá Rómulo que partiste de este mundo hace ya 3 años, no sabes cómo te extraño y la felicidad que hubiese tenido de que me vea graduado, abuelita usted que en la etapa final vió todos los sacrificios y momentos difíciles que he tenido muchas gracias por sus palabras y su apoyo.

Pablo Francisco Carrasco Velástegui

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a la ejecución de esta investigación y con su apoyo todo esto fue posible.

A mi mamá Jacqueline, que con tu apoyo y guía he conseguido todo lo que me he propuesto, por sus consejos que me han hecho una gran persona y ahora un gran profesional, te amó infinitamente mamá.

Mis abuelitos Rómulo (+) y Aída, ustedes que me vieron crecer y cumplir metas; hoy que mi culmino la carrera universitaria, gracias por sus palabras y sus consejos.

Mis tíos Ceci, Marlon, Diego y Linda, siempre pendientes de mis pasos y acciones, muchas gracias por todo.

Al MSc. Patricio Orozco, impulsor y primer tutor de esta investigación, gracias por su apoyo, su amistad y los consejos que en conjunto con las enseñanzas fue posible iniciar la presente investigación.

Al PhD. David Terán, segundo tutor de la investigación, su apoyo y enseñanzas fue necesario para culminar la investigación.

A la Ing. Elena Villacrés, directora del Laboratorio de Nutrición de la Estación Santa Catalina INIAP, por abrirme las puertas y poder realizar todos los análisis y entregarme la materia prima (cebada) que se utilizó para cumplir el objetivo de la investigación.

A mis amigos Nico, Adry, Estefy, Emiliano que estuvieron conmigo durante casi toda la carrera gracias su amistad y su locura, gracias por estar atrás mío pendientes de que termine.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por los conocimientos brindados por los señores docentes.

Son demasiadas personas que debo agradecer pero siempre estuvieron en mi memoria durante toda mi carrera universitarias. Mil gracias a todos.

Pablo Francisco Carrasco Velástegui

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	III
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DERECHOS DE AUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Fermentación.....	1
1.1.1.1. Generalidades.....	1
1.1.1.2. Fermentación Alcohólica.....	2
1.1.2. Cebada.....	3
1.1.2.1. Generalidades.....	3
1.1.2.2. Taxonomía y Características Morfológicas del grano de cebada.....	4
1.1.3. Cerveza.....	5

1.1.3.1.	Generalidades	5
1.1.3.2.	Componentes.....	6
1.1.3.2.1.	Cebada	6
1.1.3.2.2.	Agua	7
1.1.3.2.3.	Lúpulo.....	7
1.1.3.2.4.	Levadura	8
1.1.3.3.	Preparación de la Cerveza.....	9
1.1.3.3.1.	Malteo	9
1.1.3.3.2.	Maceración.....	9
1.1.3.3.3.	Cocción o Hervor	10
1.1.3.3.4.	Fermentación	11
1.1.4.	Importancia	12
1.2.	Objetivos	13
1.2.1.	Objetivo general.....	13
1.2.2.	Objetivos específicos	13

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1.	Materiales.....	14
2.1.1.	Material Vegetal.....	14
2.1.2.	Material de Laboratorio.....	14
2.1.3.	Equipos	14
2.1.4.	Reactivos	15
2.1.5.	Ubicación	15
2.2.	Metodología.....	15
2.2.1.	Obtención de Material Vegetal.....	15

2.2.2.	Análisis Físicoquímicos del Grano	16
2.2.2.1.	Índice de Llenado de la Cebada	16
2.2.2.2.	Humedad	16
2.2.2.3.	Peso de Mil Granos.....	16
2.2.2.4.	Absorción en agua	17
2.2.2.5.	Tiempo de germinación.....	17
2.2.2.6.	Tiempo de filtración y conversión Almidón-Azúcar	17
2.2.2.7.	°Brix y pH.....	18
2.2.2.8.	Colorimetría.....	18
2.2.3.	Elaboración de la cerveza.....	18
2.2.3.1.	Macerado.....	18
2.2.3.2.	Hervido	18
2.2.3.3.	Fermentación	19
2.2.4.	Análisis de Resultados	19
2.2.5.	Análisis Estadístico	20

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.	Análisis y discusión de resultados.....	21
3.1.1.	Análisis Físicoquímicos realizados a los dos tipos de granos de cebada (Calicuchima: Cal y Santa Catalina: SC).....	21
3.1.1.1.	Análisis del Índice de Llenado.....	22
3.1.1.2.	Porcentaje de Humedad.....	23
3.1.1.3.	Peso de Mil Granos.....	24
3.1.1.4.	Absorción en agua	25
3.1.1.5.	Tiempo de Germinación	27

3.1.1.6.	Tiempo de Filtración y Conversión de Almidón en Azúcar	29
3.1.1.7.	°Brix y pH.....	31
3.1.1.8.	Colorimetría	32
3.1.2.	Análisis Organoléptico realizado a la cerveza realizada los dos tipos de granos de cebada (Calicuchima: Cal y Santa Catalina: SC) y comparado con otros dos tipos de cerveza.	40
3.2.	Verificación de la hipótesis	44

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones	45
4.2.	Recomendaciones	46
	BIBLIOGRAFÍA.....	47
	ANEXOS.....	53
	Anexo A Formato para Análisis Organolépticos.....	53
	Anexo B. Imágenes del procedimiento y equipos utilizados para los análisis realizados.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Taxonomía de H. vulgare.....	4
Tabla No. 2 Índice de Llenado de Cebada (ILL)	22
Tabla No. 3 Porcentaje de Humedad.....	23
Tabla No. 4 Peso Mil Granos	25
Tabla No. 5 Absorción en Agua 24H	26
Tabla No. 6 Absorción en Agua 48H	26
Tabla No. 7 Absorción en Agua 72H	26
Tabla No. 8 Tiempo de Conversión de Almidón en Azúcar	30
Tabla No. 9 Tiempo de Filtración.....	31
Tabla No. 10 Valores °Brix y pH	32
Tabla No. 11 Colorimetría 1 (Santa Catalina)	33
Tabla No. 12 Colorimetría 2 (Calicuchima)	33
Tabla No. 13 Colorimetría 3 (Pale Ale I)	34
Tabla No. 14 Colorimetría 5 (Metcalf Fe I)	34
Tabla No. 15 Colorimetría 7 (Viena I)	35
Tabla No. 16 Variables analizadas en el análisis organoléptico.....	41
Tabla No. 17 Promedio de Calificaciones obtenidas durante el Análisis Organoléptico	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Fermentación Alcohólica.....	2
Figura No. 2 Actividad Enzimática	10
Figura No. 3 Humedad vs Horas Calicuchima	28
Figura No. 4 Humedad vs. Horas Santa Catalina	28
Figura No. 5 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable L*) en relación a Variedad de Cebada.....	36
Figura No. 6 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable L*) en comparación de Variedad de Cebada.	37
Figura No. 7 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable a*) en relación a Variedad de Cebada.....	37
Figura No. 8 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable a*) en comparación de Variedad de Cebada.....	38
Figura No. 9 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable b*) en relación a Variedad de Cebada.....	39
Figura No. 10 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable b*) en comparación de Variedad de Cebada.	40
Figura No. 11 Análisis Organoléptico de las Cervezas	43
Figura No. 12 Calificación Global de la Cerveza	44
Figura No. 13 Tanque de Remojo Breber-Colman.....	54
Figura No. 14 Germinador Breber-Colman	54
Figura No. 15 Tostador de grano Breber-Colman.....	54
Figura No. 16 Molino Corona	54
Figura No. 17 Remojo Cebada Calicuchima	55
Figura No. 18 Remojo Cebada Santa Catalina	55
Figura No. 19 Secado Cebada Calicuchima.....	55
Figura No. 20 Secado Cebada Santa Catalina.....	55
Figura No. 21 Germinado Cebada Calicuchima 24 Horas.....	56
Figura No. 22 Germinado Cebada Santa Catalina 24 Horas.....	56
Figura No. 23 Germinado Cebada Calicuchima 36 Horas.....	56
Figura No. 24 Germinado Cebada Santa Catalina 36 Horas.....	56
Figura No. 25 Germinado Cebada Calicuchima 48 Horas.....	57
Figura No. 26 Germinado Cebada Santa Catalina 48 Horas.....	57

Figura No. 27 Cebada Calicuchima Molida	57
Figura No. 28 Cebada Santa Catalina Molida	57
Figura No. 29 Macerado Cebada Calicuchima	58
Figura No. 30 Macerado Cebada Santa Catalina	58
Figura No. 31 Muestras de cebada importada para análisis de filtración y conversión almidón-azúcar	58
Figura No. 32 Tanques de Fermentación.....	58
Figura No. 33 Cervezas Elaboradas	59
Figura No. 34 Análisis Organolépticos.....	59
Figura No. 35 Análisis Organolépticos.....	59

RESUMEN

La cebada ha sido utilizada para la producción de comidas y bebidas desde tiempos ancestrales, y su elaboración de bebidas fermentables como cerveza y para la elaboración de harinas, ha hecho que su producción incremente exponencialmente. Con ese fin se desarrolló esta investigación, para poder incentivar a los agricultores, cervecerías artesanales y cervecerías industriales a utilizar cebada variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003 cultivadas en INIAP Estación Santa Catalina, para posteriormente, obtenerla en páramos ecuatorianos y utilizarla en la elaboración de la cerveza así evitando las importaciones con los costos extras que esto con lleva. Los análisis que se desarrollaron en la investigación fueron principalmente fisicoquímicos tales como: Índice de llenado del grano, Humedad, Peso de Mil Granos, Absorción en agua, Conversión de Almidón en azúcar, Análisis de pH y grados Brix y Colorimetría. Una vez terminados estos análisis fue necesario elaborar cerveza con las dos muestras de cebada, siendo la cerveza elaborada tipo Rubia, está se la comparó con una cerveza artesanal industrial y una cerveza industrial, obteniendo una valoración general de 2.5 sobre 4 en las dos cervezas elaboradas con las variedades de cebada estudiadas, un valor que nos permite definir el objetivo principal de la investigación que en conjunto con los resultados de los análisis fisicoquímicos, es determinar la calidad maltera de las dos variedades de cebada (Calicuchima y Santa Catalina Línea 003).

Palabras Clave: Calidad maltera, cerveza artesanal, bebidas fermentadas *Hordeum vulgare*, cebada

ABSTRACT

Barley has been used for the production of food and beverages since ancient times, and its production of fermentable beverages such as beer and for the production of flour, has caused its production to increase exponentially. To this end, this research was carried out, in order to encourage farmers, craft breweries and industrial breweries to use barley variety Calicuchima and Santa Catalina Line 003 grown in INIAP Santa Catalina Station, to later obtain it in Ecuadorian moors and use it in the elaboration of beer thus avoiding imports with the extra costs that this entails. The analyzes that were developed in the research were mainly physicochemical such as: Grain filling index, Moisture, Thousand Grain Weight, Absorption in water, Conversion of Starch into sugar, Analysis of pH and Brix and Colorimetry. Once these analyzes were completed, it was necessary to brew with the two samples of barley, being the Blonde type brewed beer, this was compared to an industrial craft beer and an industrial beer, obtaining an overall rating of 2.5 out of 4 in the two brewed beers. With the varieties of barley studied, a value that allows us to define the main objective of the research, which, together with the results of the physicochemical analyzes, is to determine the malting quality of the two varieties of barley (Calicuchima and Santa Catalina Line 003).

Key Words: Quality malting, craft beer, fermented beverages *Hordeum vulgare*, barley.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Fermentación

1.1.1.1. Generalidades

La fermentación es un bioproceso anaerobio en el cual varios microorganismos catalizan la transformación de carbohidratos (azúcares fermentables) para obtener productos como el etanol, dióxido de carbono y algunas moléculas de ATP que a su vez son consumidas como fuente de energía por los mismos microorganismos durante el proceso metabólico (Urbina, 2014). Los microorganismos más comunes que llevan a cabo este proceso son bacterias y hongos (levaduras y mohos), utilizados para la producción de diferentes alimentos y bebidas, como queso, pan, vino, cerveza (Sanchez, 2011).

Las levaduras son organismos unicelulares eucariotas, que se encuentran en varias frutas, cereales y verduras; son anaerobios facultativos, es decir que todas sus funciones biológicas las realizan sin oxígeno (Bamforth, 2005). Durante la fermentación juegan un papel importante ya que estos son los responsables de la obtención de producto final (ácido acético, etanol), entre las más usadas se tienen *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragilis* y *Zymomonas mobilis*.

Existen dos tipos principales de fermentaciones, la alcohólica y la láctica, estas han sido usadas desde tiempos antiguos para la obtención de etanol y ácido láctico en el interior de varios alimentos y bebidas. La principal diferencia entre estas es el tipo de microorganismo que se utiliza para su proceso, en la alcohólica se utiliza principalmente levaduras del género *Saccharomyces*, mientras que en la láctica del género *Acetobacter* (Curia, D'Alessandro, & Briand, 2010).

1.1.1.2. Fermentación Alcohólica

Es un proceso de fermentación con ausencia de oxígeno, formulado por la actividad de microorganismos presentes en una solución, los cuales procesan los carbohidratos presentes, con el fin de obtener diferentes productos, principalmente alcohol, CO₂ y varias moléculas de ATP consumidas por los mismos microorganismos durante su metabolismo (Ferreyra, y otros, 2009).

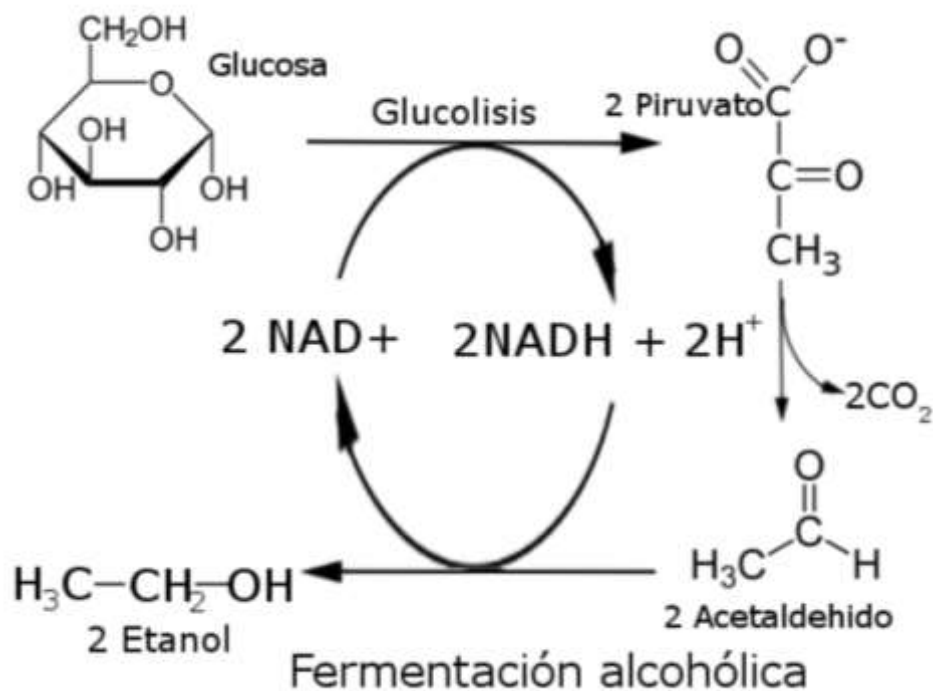


Figura No. 1 Fermentación Alcohólica

Fuente: (Ruiz, 2019)

Durante varias épocas este proceso ha sido utilizado para la elaboración de bebidas con cierta graduación alcohólica, tales como: cerveza, vino, sidra, whisky, etc. Dentro de estas la más conocida es la fermentación del vino, ya que esta bebida ha sido consumida desde tiempos inmemoriales, tomando en cuenta que en textos como la Biblia se hablan de esta bebida. (García Carrión, 2015). Pero en la actualidad ha ganado en presencia e importancia la fermentación de cebada para la elaboración de cerveza.

Con el crecimiento de la industria y la automatización, la fermentación alcohólica ha sido trasladada hacia una nueva era, ya que es posible realizar este proceso sin involucrar al individuo. Pero en diferentes lugares se lo ha decidido realizar de forma artesanal, es decir con materiales que se puede conseguir en casa. La fermentación alcohólica tiene varias características principales, entre ellas están: el uso de una levadura ya se añadida o que se encuentre en la pared de las uvas como ocurre en la vinificación; la densidad previa a la fermentación y su ausencia de oxígeno para el proceso (**Bello, García, Otero, & Saura, 2005**).

Cabe recalcar que la fermentación alcohólica se la puede realizar a partir de cualquier tipo de materia prima con presencia de azúcares, ya que estos son los principales para que la levadura *S. cerevisiae* pueda convertirlas en etanol, tal como estudiaron (**Tejada Benítez, y otros, 2010**), la cantidad de etanol que se pudo recuperar de experimentos realizados con la fermentación de cascaras de piña y naranja, ya que estas dos frutas contienen cantidades de azúcar importantes para este tipo de experimentos.

1.1.2. Cebada

1.1.2.1. Generalidades

La cebada es el principal componente para realizar la mayoría de las bebidas alcohólicas fermentables, este es un cereal con mayor porcentaje de proteína que el trigo y el maíz. Su utilización se remonta al antiguo Egipto, ya que desde esta civilización se ha cultivado para su posterior procesamiento y utilización. Este grano es uno de los cuatro más cultivados alrededor del mundo, siendo América del Sur por su clima una de las regiones principales donde se pueden localizar una mayor cantidad de cultivos (**Arias G. , 2006**).

Existen dos especies de cebada (*Hordeum hexastichon* y *Hordeum vulgare*) las cuales contienen las propiedades adecuadas para la producción de bebidas alcohólicas, principalmente cerveza. Pero la más conocida entre las dos es: *Hordeum vulgare*, la cual es cultivada actualmente y procede de otra especie silvestre que mantiene características ancestrales *Hordeum spontaneum*. *H. Vulgare* ha sido utilizada en su

mayoría para la producción de cerveza, pero actualmente se ha comenzado a cultivar nuevas especies que derivadas de *H. spontaneum*, esta es *Hordeum Disticho*. (Rivas & Barriga, 2002).

1.1.2.2. Taxonomía y Características Morfológicas del grano de cebada

La cebada pertenece a la Familia Poaceae (taxonomía descrita en la Tabla No. 1, el grano de cebada es principalmente de color amarillento, de tamaño pequeño, encontrándose entre 6 a 9.5 mm, aunque este depende principalmente del ambiente en el que haya sido cultivada; ya que si el clima en el cual ha crecido se encuentra muy cerca a los 3000 m.s.n.m., el tamaño del grano disminuirá. La cantidad promedio de proteína que contiene el grano es de ente 10.5 a 11%, este factor también puede verse afectado si durante el crecimiento de la planta se añade fertilizante rico en nitrógeno (Otegui, Zamalvide, Perdomo, Goyenola, & Cerveñanasky, 2001).

Tabla No. 1 Taxonomía de *H. vulgare*

Reino	Plantae
Filum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticeae
Genero	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Hordeum vulgare</i>

Fuente: (Rivas & Barriga, 2002).

1.1.3. Cerveza

1.1.3.1. Generalidades

La cerveza es considerada como bebida alcohólica por su bajo contenido de etanol, esto como resultado de una fermentación de malta de cebada, levaduras, lúpulo y agua. La bebida se la considera como la más popular del mundo, así mismo es la más consumida. Se ha llegado a considerar la bebida más industrializada ya que existen varios tipos y variedades las cuales podrían llegar a confundir al consumidor **(Martinez & Serrano, 2015)**.

Se conoce que en civilizaciones antiguas la cerveza se elaboró, esto mediante escritos donde se explican varias recetas en diferentes idiomas, una de las más conocidas es la utilizada por la civilización Mesopotámica, también civilizaciones como la Egipcia y la Romana se encuentran varios vestigios de lo que pudo ser las primeras elaboraciones de la bebida. Esto viene de la mano del cultivo de la cebada, un grano muy requerido en la dieta de estas épocas **(Vaca Alonso, 2014)**.

Cabe recalcar que con el paso de los años la popularidad de la bebida subió, llegando cada vez a más países. En Europa es donde se llega a industrializar ya al comienzo del siglo XV, pero de igual manera era considerada una bebida más de alta clase. Llegando ya al siglo XX y con el pasar de las guerras mundiales, ocurre una crisis económica y la cerveza comienza a impulsar su mercado llegando a varios países **(Loviso & Libkind, 2019)**.

En la actualidad la cultura cervecera ha ganado un espacio en la vida de varias personas, ya que ellos han decidido separar la parte industrial de su proceso y realizarla de forma más artesanal **(Rivas & Barriga, 2002)**.

La gente ha decidido realizarla por su cuenta, ya sea por diversión o por inicio de un pequeño emprendimiento, pero en pocas cantidades. Esto ha llamado la atención de las personas que cultivan cebada en diferentes países, ya que la demanda de este grano incrementó, entonces la mayoría de kits que la gente adquiere para preparar su bebida es importada **(Fernandez Retalames, 2015)**.

1.1.3.2. Componentes

Para la preparación de esta bebida es necesario varios componentes, tales como: cebada que pasará a malta, levadura, lúpulo, agua y otros adjuntos. **(Hornsey, 2013)**

1.1.3.2.1. Cebada

Uno de los componentes más importantes en la producción de cerveza es la cebada explicada previamente. Pero esta debe pasar por un proceso llamado malteado, este consiste en realizar un germinado del grano para posteriormente tostarlo, la temperatura a la cual se lo realice es de suma importancia ya que de esta depende el tipo de cerveza que se requiera elaborar. Por ejemplo para obtener una cerveza de tipo rubia es necesario una temperatura de tostado de 150°C por 15 minutos, así mismo para un tipo roja o negra será a 230°C y 250°C respectivamente **(Otero M. , Cabello, Vasallo, García, & López, 2000)**.

Para la elaboración de la bebida es necesario tomar en cuenta la calidad de la cebada siendo esta ya como malta. Aquí se depende principalmente la cantidad de azúcares fermentables. Estos azúcares provienen del almidón y para su conversión es necesario ciertas enzimas que transforman los altos contenidos de almidones en la cebada en azúcares fermentables. Las amilasas son enzimas responsables para que ocurra esta transformación, aquí la reacción principal es la ruptura de moléculas de almidón para que las levaduras puedan usar el producto final para la fermentación.

Las amilopectinas son las principales responsables de la formación de azúcares largos (dextrinas) para que la levadura pueda consumir, estas amilopectina presentes en la cebada son: alfa-amilasa la cual trabaja a temperaturas entre 67 a 73°C y beta-amilasa en temperaturas entre 55 a 66°C, lo mejor para trabajar y conseguir una buena maceración del mosto será una temperatura de 67°C, esta temperatura es la óptima para obtener un equilibrio entre cuerpo y fermentación de la cerveza **(Arias G. , 2009)**.

1.1.3.2.2. Agua

Este componente se lo podría considerar como uno esencial al momento de elaborar una cerveza, ya que cuando se usa agua en la elaboración. Lo que se está buscando en realidad es agua dura, este término hace referencia a la cantidad de minerales que se encuentran en su contenido y que no pueden ser removidos al momento de realizar un hervor (**Teruel García, 2005**).

La dureza del agua viene dada por varios minerales, entre los que tenemos: Calcio, es importante por su cantidad de actividad en enzimas para un efecto acidificador en el mosto. Sulfatos, acentúa el amargor conjuntamente con el lúpulo y da la sensación de frescura al consumirla. Magnesio, importante ya que la levadura la utilizará para producir varias enzimas importantes al momento de realizar la fermentación (**Corral & Landa, 2018**).

El agua se lo debería considerar como el ingrediente central al momento de querer elaborar una cerveza ya que sin esta no es posible ante cualquier circunstancia obtener el producto final (**Suarez Díaz, 2013**).

1.1.3.2.3. Lúpulo

Otro de los componentes indispensables es el lúpulo, este es esencial para la elaboración de la cerveza. Le ayuda a conservar su aroma y le da ciertas propiedades antisépticas. Esta última propiedad ha sido aprovechada desde la antigüedad ya que varias civilizaciones usaban el lúpulo por ciertos efectos sedantes y medicinales. No fue hasta inicios del siglo VIII cuando por cuestiones de conservación de la cerveza se decide añadirlo en forma de un polvo en el que se mantenían sus propiedades.

Actualmente lo utilizado es el ácido del lúpulo el cual favorece a intensificar el amargor característico de la cerveza (**Suarez Díaz, 2013**). El compuesto activo que se encuentra en el interior de las flores del lúpulo se la conoce como lupulina, de esta se extraen los ácidos alfa para ser añadidos a la mezcla. Existen variedades distintas de lúpulo, estas clasificadas dependiendo del nivel de amargor que podrían dar a la

bebida, entre las más importantes son las amargas y las aromáticas (**Luján & Vásquez, 2010**).

1.1.3.2.4. Levadura

La levadura, este maravilloso ingrediente el cual es uno de los cuatro importantes para la elaboración de la cerveza. Al momento de realizar todo el proceso sobre todo cuando se realizará la fermentación, se toma como una parte mágica añadir la levadura activa en el mosto, o algo así lo consideraban en la antigüedad, ya que en esos tiempos la elaboración de bebidas con estas características eran consideradas como misterios o milagros provenientes de seres superiores (**Téllez-Mora, Peraza-Luna, Feria-Velasco, & Andrade-González, 2012**).

En la actualidad con el avance de la ciencia y la industrialización de varios procesos básicos de elaboración de bebidas y comidas, se ha conocido que el responsable principal de la fermentación es la levadura.

Este microorganismo es un hongo unicelular capaz de producir enzimas con las cuales provoca que durante la fermentación se forme etanol a partir de azúcar. La más conocida es *Saccharomyces cerevisiae*, su uso procede desde civilizaciones antiguas, considerada como el ingrediente más usado desde el inicio de las grandes civilizaciones (**Otero M. , Cabello, Vasallo, García, & López, 2000**).

Este tipo de levadura tiene la característica principal de fermentar sustancias a mayores temperaturas, con esto se pudo descubrir que mientras más temperatura se la aplique, nuevos tipos de cerveza se podrán obtener (**Quiroga Fernandez, 2016**). Con todo esto hay que tomar en cuenta que este microorganismo, es un componente indispensable en conjunto con los tres anteriores para la elaboración de la cerveza y sus diferentes tipos.

1.1.3.3. Preparación de la Cerveza

1.1.3.3.1. Malteo

Es el proceso en el cual se obtiene un germinado en el grano de cebada y se la interrumpe con un descenso de la humedad del grano, el objetivo principal de este proceso es que se formen las enzimas necesarias para la fermentación y obtener los cambios necesarios a nivel molecular para que se produzca una gran cantidad de azúcares fermentables a usar por la levadura durante la fermentación (**Gallardo Aguilar, Rodríguez, Rodríguez, & Pentón., 2011**).

Para este proceso es necesario iniciar con un remojo del grano por aproximadamente 24 horas, posterior a esto se observa que el grano ha incrementado su volumen en aproximadamente 40%, se deja secar e inicia el germinado en el cual mediante una hidrólisis, las enzimas convierten el almidón en azúcar y las proteínas en cadenas pequeñas de aminoácidos, el tiempo de germinado depende del tipo de cebada que se requiera usar desde 2 hasta 8 días; una vez realizado el germinado se continúa con el tostado, aquí el grano perderá toda humedad que pueda contener sin perder su volumen, esto controlado con una curva de temperatura la cual tiene cada tipo de cerveza que se vaya a realizar, desde 35 a 60°C para cerveza rubia, 40 a 70°C para cerveza roja y 50 a 105°C para cerveza negra (**Caffaratti, 2011**).

1.1.3.3.2. Maceración

Es un proceso en el cual se remoja el grano de cebada molido a ciertas temperaturas, todo esto con el objetivo de activar enzimas necesarias para la conversión de almidón en azúcar, que posteriormente serán usadas para el metabolismo de la levadura y su obtención de alcohol etílico. Las enzimas más importantes que se activan con este proceso son: fitasa, beta glucanasa, peptidasa, proteasa, alfa y beta amilasa.

Estas enzimas principalmente obtienen azúcares de cadenas cortas, proteínas grandes y aminos necesarios para la fermentación. Para que estas enzimas aparezcan en una

cantidad adecuada se recomienda que la temperatura a la que se realice la maceración sea de 67°C durante unos 60 o 90 minutos, a continuación se muestra una gráfica con la actividad enzimática en un periodo de 1 hora durante la maceración (**García Ornelas, 2013**).

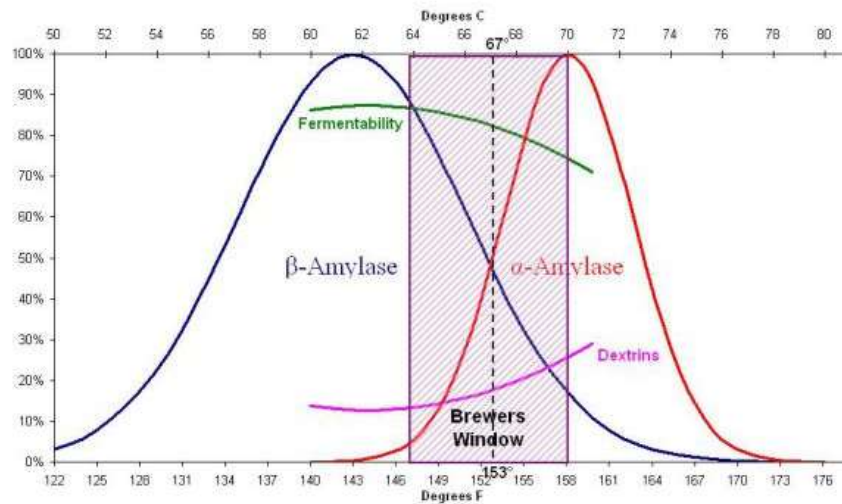


Figura No. 2 Actividad Enzimática

Fuente: Palmer, M; Narziss W.

Con esta gráfica se puede determinar que el rango de temperatura para una maceración se encuentra entre 64 a 70°C, las temperaturas son controlables contrastantemente ya que puede haber una modificación y el cuerpo o dulzor de la cerveza podría cambiar. Por ejemplo si se requiere una cerveza con menor cantidad de alcohol y más dulzor la temperatura de maceración se encontrará entre 68.5 a 70°C (**Lujpan Corro & Vásquez Villalobos, 2010**).

1.1.3.3.3. Cocción o Hervor

Una vez terminada la maceración, el paso siguiente para la elaboración de la cerveza es la cocción o hervor, ya que aquí se lleva la mezcla por 60 minutos de 110 a 130°C, durante este tiempo se añade el lúpulo ya que a esta temperatura se activan los aceites

que contiene en su interior y a partir de esto comienza a dar los diferentes tonos de amargor y aroma.

Es importante tomar los tiempos adecuados al añadir el lúpulo ya que, si ocurre una carga muy grande de este, podría ocurrir un incremento en el espumado y llegar a desbordarse (**Enriquez García, 2015**). Estos tiempos deben ser tomados de la siguiente manera: a los 5 minutos se añade el lúpulo para dar el tiempo correcto y que la mezcla pueda obtener el amargor deseado; a los 30 minutos se añade el lúpulo para el sabor y a los 55 minutos para dar el aroma a la mezcla (**Suqui & Pintado, 2015**).

1.1.3.3.4. Fermentación

El proceso donde la cerveza va a adquirir el grado alcohólico es la fermentación aquí se coloca el mosto o cerveza verde en un recipiente el cual debe ser herméticamente sellado y con una trampa de agua la cual permite que salga el CO₂ que produce una reacción anaeróbica como esta, pero que no ingrese algún tipo de gas desde el exterior.

La fermentación tiene un tiempo determinado dependiendo si se preparan cervezas de tipo “Ale” o “Lager”, tomando en cuenta la temperatura a la que se debe encontrar, para una fermentación tipo “Ale” se necesita de 5 a 7 días con una temperatura entre 18 a 25°C, mientras que una tipo “Lager” se necesita una duración de 4 a 5 días y una temperatura entre 7 a 12°C, esto también determina la cantidad de espuma que podría formarse en los procesos y la cantidad de grado alcohólico que esta pueda presentar (**Landa & Pazmiño López, 2014**).

Cuando ha terminado el tiempo de la primera fermentación, la cerveza “verde” se debe embotellarla y añadir azúcar, con el fin de que el CO₂ realice la carbonatación característica a la cerveza. Este CO₂ en la primera fermentación es el gas que se escapaba anteriormente, este es un aspecto a tomar en cuenta cuando se realizan pruebas organolépticas comparativas con otras bebidas (**Navarro, 2008**).

1.1.4. Importancia

El desarrollo de variedades de cebada maltera es indispensable en el Ecuador, no solo por el aumento en el consumo de cerveza industrial y artesanal, sino también porque es vital no perder la cultura de su producción y mejoraría la economía de todos los involucrados en su línea de producción, desde agricultores hasta productores de cerveza, evitando los problemas de importación y reduciendo así el costo sustancialmente **(Enriquez, 2015)**.

Es de vital importancia mantener el cultivo de un grano autóctono de la región y darlo a conocer dentro de nuevos productos con su respectiva elaboración, por ello es que se requiere realizar investigaciones para demostrar que la cebada es útil en distintos procesos alimentarios **(Lema-Aguirre, Basantes-Morales, & Pantoja-Guaman, 2017)**.

Pero uno de los principales objetivos de la investigación es demostrar que la cebada ecuatoriana estudiada es cervecera, y demostrar esto ante los principales productores de cerveza artesanal, ya que la mayoría de la materia prima (malta, lúpulo y levadura) es importada, y estas conllevan un arancel, por ejemplo la malta tiene un 36% de arancel y un 14% de IVA, además de un adicional de salvaguardia de 25%, eso quiere decir que solo por la malta/cebada, se paga un 80% solo en impuestos, algo que con la cebada ecuatoriana, no ocurriría **(Jaramillo, 2019)**.

Para definir esta característica cervecera se realizarán varios análisis y comparaciones hasta conseguir datos que nos aclaren de forma concisa, si es posible realizar cerveza artesanal con la cebada ecuatoriana **(Ludisaca & Alfredo, 2017)**.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar de la calidad maltera del grano de cebada *Hordeum vulgare* variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003 y análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza artesanal (Rubia) producida a partir de su procesamiento.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas del grano de cebada variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003 en comparación a muestras de cebada maltera importada y su análisis estadístico mediante un análisis de varianza.
- Caracterizar de forma organoléptica y fisicoquímica la cerveza obtenida por medio del uso del grano de cebada variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003 y su comparación con cerveza industrial.
- Evaluar el rendimiento de la cerveza producida con las dos variedades de cebada Calicuchima y Santa Catalina Línea 003

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Material Vegetal

La cebada utilizada en el proyecto fue cultivada en campos de la Estación INIAP Santa Catalina, ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, a 3.050 m.s.n.m., una vez cosechada se trilló para que pueda ser procesada y malteada para la elaboración de la cerveza.

2.1.2. Material de Laboratorio

- Material de vidrio (vasos de precipitación, matraces, vidrio reloj, embudos, tubos de ensayo, probetas).
- Pinzas.
- Gotero.
- Gradilla.
- Papel filtro.
- Termómetro
- Densímetro
- Ollas.
- Molino Corona
- Plancha de calentamiento.

2.1.3. Equipos

- Clasificadora de grano por diámetro (2.8, 2.5, 2.2 mm).
- Balanza (MRC mb500).
- Balanza Analítica (Ohaus Adventurer-Pro).

- Tanque de Remojo Breber-Colman.
- Germinadora Breber-Colman.
- Tostador de grano Breber-Colman.
- Potenciómetro
- Brixómetro (ATC).
- Colorímetro (PCE-CSM2).
- Cocineta.
- Fermentador de plástico.

2.1.4. Reactivos

- Solución de Yodo diluida.
- Etanol al 96%.
- Glucosa.
- Agua destilada.
- Lúpulo Mandarinina Bavaria
- Levadura US-04

2.1.5. Ubicación

El proyecto se realizó en dos diferentes locaciones, para los análisis fisicoquímicos en el laboratorio de Nutrición en INIAP Estación Santa Catalina, a 3.050 m.s.n.m., ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, mientras que para la fermentación y análisis organolépticos se realizó en laboratorios 3.1 y 2.2 de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

2.2. Metodología

2.2.1. Obtención de Material Vegetal

Gracias a la Estación Santa Catalina de INIAP fue posible obtener las dos variedades de cebada con la cual se trabajó en esta investigación, esta cebada se encontraba

almacenada en bodegas ya que había sido cosechada anteriormente, se procedió a trillarla para su posterior procesamiento.

2.2.2. Análisis Físicoquímicos del Grano

2.2.2.1. Índice de Llenado de la Cebada

Este análisis se considera que con anterioridad el grano debe encontrarse sin cascarilla, para colocarlo en un clasificador de grano, este estaba confirmado por plataformas con agujeros de diferente diámetro por donde los granos caen y se clasifican. Esta clasificación fue de importancia ya que los granos que quedaban en las plataformas de clasificación, al final de la clasificación existían cierto tipo de granos los cuales no encajaban en ninguna plataforma, estos granos fueron llamados como granza, y no son adecuados para la preparación de cerveza.

2.2.2.2. Humedad

Para determinar la humedad que tenga el grano previo al inicio del germinado es necesario que sea molido, una vez hecho eso se realizó un peso inicial en la balanza de humedad, esta se cierra y calentó el grano molido, dando un peso final, la balanza proporciona un porcentaje pero siempre es necesario realizar un cálculo manual para comparar y determinar de forma más adecuada la humedad, una vez explicado lo anterior la fórmula usada es (1)

$$\%H = \frac{m-m_0}{m_0} * 100 \quad (1)$$

2.2.2.3. Peso de Mil Granos

Se contaron 100 granos y se los pesó, una vez que se realiza esto, es necesario repetirlo tres veces para obtener un promedio, ahora este promedio se multiplicó por 10 y este resultado es el deseado para el peso de 1000 granos, este valor es el requerido para su análisis.

2.2.2.4. Absorción en agua

Se remojó los granos de cebada por 72 horas en un equipo llamado Tanque de Remojo, en este equipo se introducen pequeños cubos de metal con granos en su interior en los cuales se tomaron datos a las 24 horas que comenzó el remojo, una vez transcurridas 24 horas más se vuelve a pesar y finalmente después de otras 24 horas se pesó, con estos datos se realizó un promedio para determinar el momento exacto de absorción de agua.

2.2.2.5. Tiempo de germinación

Mediante el uso de un germinador Breber-Colman se germinó el grano tomando en cuenta el dato del tiempo de absorción en agua realizado anteriormente, este valor se obtuvo gracias a una gráfica lineal con su función y pendiente, así se determinó el momento exacto en el que se realiza la germinación y así poder obtener un grano de alta calidad listo para realizar la cerveza.

2.2.2.6. Tiempo de filtración y conversión Almidón-Azúcar

Se analizó el tiempo conversión Almidón-Azúcar gracias a la ayuda de yodo, esto ocurrió el momento de tomar una gota del mosto en calentamiento y al combinarla con una gota de yodo, no cambia el color.

Por ejemplo a los primeros 5 minutos de haber iniciado el calentamiento, se combinó una gota de cada uno y el color cambió a un violeta oscuro, así se prosiguió por varios minutos hasta que pasados los 15 minutos no ocurrió un cambio de color, en ese momento se determinó que el almidón de los granos molidos ya había sido convertido a azúcares fermentables.

Para el tiempo de filtración, una vez terminado el calentamiento del mosto para el análisis anterior se procedió a colocar embudos con papel filtro sobre matraces, aquí se vertió el mosto y se determinó el tiempo en el que el líquido demora en pasar, con esto se determinó si el mosto se encuentra con una densidad alta o no.

2.2.2.7. °Brix y pH

Para la determinación de °Brix en el mosto se utilizó un refractómetro en el cual se observó la cantidad de azúcares presentes previos a la fermentación, así mismo para el estudio del pH es necesario un potenciómetro/pHmetro, y este valor se encontraba entre un rango de 5.2 a 5.8 el cual es el óptimo para poder elaborar la cerveza posteriormente.

2.2.2.8. Colorimetría

De igual manera que en el estudio anterior se utilizó un equipo llamado Colorímetro, el cual determinó la cantidad de luz que podría atravesar el líquido, esto dado en variables tales como: la saturación de color, la iluminación, la claridad y el tono, siendo estos tomados mediante la siguiente nomenclatura: L, a, b, C y H.

2.2.3. Elaboración de la cerveza

2.2.3.1. Macerado

Una vez terminado los análisis fisicoquímicos, se procedió a iniciar la elaboración de la cerveza, esto fue realizado en laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Una vez que el grano fue tostado y molido, se lo colocó en un recipiente con agua en calentamiento, esto fue llamado primer mosto, se llevó a una temperatura entre los 70 a 72°C por 90 minutos, controlando que la temperatura no disminuya a menos de 65°C o supere los 75°C, una vez terminado este proceso se lo traspasó con la ayuda de un tamiz a otra olla, aquí separando el grano molido que ya ha desprendido los azúcares fermentables en el líquido.

2.2.3.2. Hervido

Cuando el líquido fue traspasado ya sin el grano molido se lo denominó como segundo mosto, este fue hervido por 60 minutos, durante ciertos lapsos de tiempo se fue

añadiendo el lúpulo el cual anteriormente se mencionó que le daba ciertas características a la cerveza, este fue añadido a los 5, 30 y 55 minutos después de haber iniciado el hervido, con el fin de que con esta separación de tiempos sean las adecuadas para que la cerveza adquiriera cierto aroma y amargor, lo cual fue comprobado con el aroma que este iba desprendiendo.

2.2.3.3. Fermentación

Al finalizar el hervido, se dejó que este enfriara para añadir la levadura, pero antes de esto se tomó la densidad del líquido para determinar el grado alcohólico de la cerveza elaborada, una vez que la temperatura del mosto final o cerveza verde se encontraba entre los 25 a 28°C se activó la levadura, el mosto fue trasvasado a un fermentador de plástico con válvula, trampa de agua y termómetro incluido y allí fue colocado la levadura, este se selló y después de 2 semanas y media fue abierto nuevamente, determinando que la fermentación terminó y es hora de embotellar, para ello se calculó la cantidad de azúcar que se debió añadirla, se embotellaron y se debió esperar una semana más para que se termine el proceso de elaboración y poder abrir la primera botella.

2.2.4. Análisis de Resultados

Una vez terminado el proceso de elaboración de la cerveza y los análisis fisicoquímicos, se realizó un análisis organoléptico, para ello se compararon dos cervezas industrializadas, una cerveza artesanal industrializada y las dos cervezas elaboradas en la investigación, con la ayuda de un formato ANEXO A., y gracias a la ayuda de personas que ayudaron con su opinión, se pudo determinar las características que podrían hacerla una cerveza que se pueda consumir.

2.2.5. Análisis Estadístico

Para el análisis fisicoquímico Colorimetría, con los datos obtenidos en esta etapa se procesaron con el programa estadístico Statgraphics 18, y se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) para interpretación de sus resultados.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Análisis Físicoquímicos realizados a los dos tipos de granos de cebada (Calicuchima: Cal y Santa Catalina: SC)

Una vez terminados todos los experimentos se presentan los resultados obtenidos durante los diferentes análisis realizados, esto con el fin de definir cuál de ellos es mejor para realizar cerveza artesanal. Al inicio para clasificar y seleccionar los mejores granos para realizar la bebida, posteriormente se determinó el porcentaje de humedad que este tenga una vez que se ha iniciado el proceso de remojo, también se realizó el peso de mil granos y peso hectolítrico con el fin de determinar un promedio de peso en relación con los granos.

Dentro del remojo se determinó el tiempo de absorción en agua y posterior a este el tiempo de germinación, con esto se determinó a qué hora se podría mantener el grano en remojo y en germinación para la producción de cerveza. Para los análisis previamente mencionados, no fue posible realizar una comparación con blancos o cebada de control ya que no se disponía de estos en el laboratorio donde se los analizó, para ello se comparó con diferentes bibliografías para determinar su calidad maltera.

También se realizó análisis de °Brix y pH, de colorimetría, tiempo de conversión de almidón a azúcar y tiempo de filtrado esto ya en comparación con malta molida de los granos de cebada utilizados y granos de cebada importada (Pale Ale, Viena, MetcalFe). Finalmente se elaboró cerveza artesanal con los dos tipos de grano de cebada y se realizó un análisis organoléptico comparando las elaboradas con cerveza artesanal comercial (Páramo) elaborada con cebada belga y alemana importada (**Páramo Cerveza Artesanal, 2018**) y cerveza industrializada (Pilsener), elaborada con una mezcla de cebada, arrozillo y avena. (**Cervecería Nacional, 2019**)

3.1.1.1. Análisis del Índice de Llenado

Una vez terminados todos los experimentos se presentan los resultados obtenidos durante el análisis de Índice de Llenado, este principalmente hecho para clasificar el tipo de grano a utilizar, al inicio dos tipos de grano se colocaron en diferentes plataformas con agujeros los cuales tienen diferentes diámetros y así poder separar entre diámetros de: 2.8, 2.5 y 2.2 mm, con tres repeticiones y con un promedio el cual fue usado esta ecuación (2)

$$ILL = 6A + 5B + 4C \quad (2)$$

En la Tabla No. 2 se presentan los datos obtenidos de pesos tomados de las diferentes plataformas y también se expresa la variable granza o también llamada cebadilla la cual no se requiere utilizar para este tipo de análisis, ya que este tipo es un cuarto nivel de caracterización de cebada utilizada principalmente en producción de harinas por su diámetro y tamaño pequeño (Marotta, 2018).

Tabla No. 2 Índice de Llenado de Cebada (ILL)

	Peso				Peso			
	Cal1	Cal2	Cal3	Promedio	SC1	SC2	SC3	Promedio
2.8	32	41	36	36.33	92	88	89	89.67
2.5	38	35	41	38	9	11	10	10
2.2	23	21	20	21.33	1	2	2	1.67
Granza	8	5	5		0	0	0	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

$$A = \% \text{ de } 2.8$$

$$B = \% \text{ de } 2.5$$

$$C = \% \text{ de } 2.2$$

	Cal	SC
ILL	493.3%	594.7%

Como se puede observar el índice de llenado del grano variedad Santa Catalina tiene un valor mucho mayor al de Calicuchima, esto quiere decir que necesitarán menos agua y tiempo para lograr germinar. **Mercante, (2017)** estudió el uso de cebada para panificación y cebada maltera con el fin de determinar una comparación de las dos y obtener un valor que determine su calidad maltera. Sus datos obtenidos de índice de llenado superaba un porcentaje de 450, algo que sucede en los dos resultados del grano que se ha analizado, esto determinado en Calicuchima 493.3 y Santa Catalina 594.7.

3.1.1.2. Porcentaje de Humedad

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

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

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

Tabla No. 3 Porcentaje de Humedad

Calicuchima	% Humedad	Peso inicial (mo)	Peso final (m)
1	14.69	1.987	1.657
2	9.35	1.990	1.724
3	14.31	1.697	1.455
4	13.87	1.997	1.722
5	15.12	1.997	1.697
Promedio	14.706		
Santa Catalina	% Humedad	mo	m
1	14.40	1.993	1.718
2	14.34	2.014	1.726

3	12.80	1.992	1.737
4	12.84	1.985	1.730
5	14.07	1.997	1.717
Promedio	14.27		

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Con esto se puede comentar que la humedad que ha absorbido los granos es mucho mayor del esperado ya que **Pérez-Ruiz, Zamora-Díaz, Mejía-Contreras, Hernández-Livera, & Solano-Hernandez, (2016)** exponen de que una humedad dentro del rango normal para cebada de tipo maltera, se debe encontrar entre 12.5 y 15.6%, pero además explican que esta humedad depende de la altitud a la cual haya sido cultivada esta cebada, ya que si esta fuera cultivada a una altura menor de los 2800 m.s.n.m. la humedad que vaya a absorber estará entre los 14 y 18.5%.

Comparando con los resultados obtenidos se puede expresar que la cebada se encuentra dentro del rango adecuado para ser declarada como de tipo maltera o cervecera.

3.1.1.3. Peso de Mil Granos

Durante este análisis es correcto mencionar que el peso del grano principalmente depende de la variedad que se haya utilizado y también, la separación que se haya realizado anteriormente en la clasificación del Índice de llenado. Para este análisis se procedió a realizar un conteo de 100 granos de cebada de las dos variedades, que hayan sido previamente clasificadas en las plataformas.

Posterior a eso se necesitó la ayuda de una Balanza Analítica, aquí se realizó tres repeticiones, una vez obtenidos los resultados de pesos, se realizó una multiplicación por 10, así determinar el peso de mil granos y así poder definir el potencial que tendrá cada variedad de grano. En la Tabla No. 4 se observa el peso que tuvo cada una de las variedades y su promedio.

Tabla No. 4 Peso Mil Granos

Ubicación	Peso (100 granos)	1000 granos	Promedio
Calicuchima	3.525	35.25	35.98
	3.658	36.58	
	3.610	36.10	
Santa Catalina	4.503	45.03	44.53
	4.418	44.18	
	4.437	44.37	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Mercante, (2017), menciona que el peso de mil granos principalmente determina el potencial que tendrá este para ser utilizado en diferentes alimentos o bebidas, entonces durante su análisis explica que el grano para panificación debe tener un promedio de pesos entre 16.5 y 29.32 gramos, mientras que para ser cebada maltera debe estar entre los 34.96 y 45.8 gramos, algo que para estas variedades se encuentra dentro de eso, entonces dentro del análisis de peso de mil granos influye dentro de los valores para ser categorizada como maltera.

3.1.1.4. Absorción en agua

Para el análisis de absorción en agua fue necesario de un tanque de remojo, en el interior de este la cebada se encontraba dentro de capsulas rectangulares, se las introdujo dentro del tanque de remojo y se tomaron pesos para determinar el porcentaje de humedad y así obtener una referencia en distintas horas, estos intervalos fueron a las 24, 48 y 72 horas, todo esto viene definido a que Arias G. , (2006) menciona en su libro que la humedad necesaria para definir que una cebada está en el punto óptimo para pasar a la etapa de germinado es aproximadamente un 45% de humedad, entonces las tablas siguientes, se expresan los datos obtenidos de pesos y de humedad en los diferentes intervalos de tiempo.

Tabla No. 5 Absorción en Agua 24H

Santa Catalina		Calicuchima	
Peso	Promedio	Peso	Promedio
16.195	16.288	17.015	16.974
16.240		16.937	
16.429		16.934	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

$$\% \text{ Humedad } SC = \left(\frac{16.288 - 10}{16.288} \right) * 100 = 38.61\%$$

$$\% \text{ Humedad } Cal = \left(\frac{16.974 - 10}{16.974} \right) * 100 = 41.086\%$$

Tabla No. 6 Absorción en Agua 48H

Santa Catalina		Calicuchima	
Peso	Promedio	Peso	Promedio
17.965	17.963	18.916	18.971
18.023		19.317	
17.902		18.679	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

$$\% \text{ Humedad } SC = \left(\frac{17.963 - 10}{17.963} \right) * 100 = 44.33\%$$

$$\% \text{ Humedad } Cal = \left(\frac{18.971 - 10}{18.971} \right) * 100 = 47.29\%$$

Tabla No. 7 Absorción en Agua 72H

Santa Catalina		Calicuchima	
Peso	Promedio	Peso	Promedio

18.628	18.947	19.300	19.399
18.948		19.434	
19.264		19.465	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

$$\% \text{ Humedad } SC = \left(\frac{18.947 - 10}{18.947} \right) * 100 = 47.22\%$$

$$\% \text{ Humedad } Cal = \left(\frac{19.399 - 10}{19.399} \right) * 100 = 48.45\%$$

Como se puede observar los intervalos en donde la humedad se acerca a 45% es entre las 24 y 48 horas, si se quiere acercarse más hacia una hora en la cual se tiene una humedad adecuada, es entre las 42 y 46 horas, este tiempo será el adecuado para posteriormente colocar los granos en remojo, germinación y su producción de cerveza.

3.1.1.5. Tiempo de Germinación

Para determinar el tiempo de germinación de las dos variedades de cebada se dejó en reposo, con humedad de aproximadamente 45%, esto gracias a los datos obtenidos de absorción en agua a diferentes horas se obtuvo dos funciones lineales las cuales se grafican a continuación.

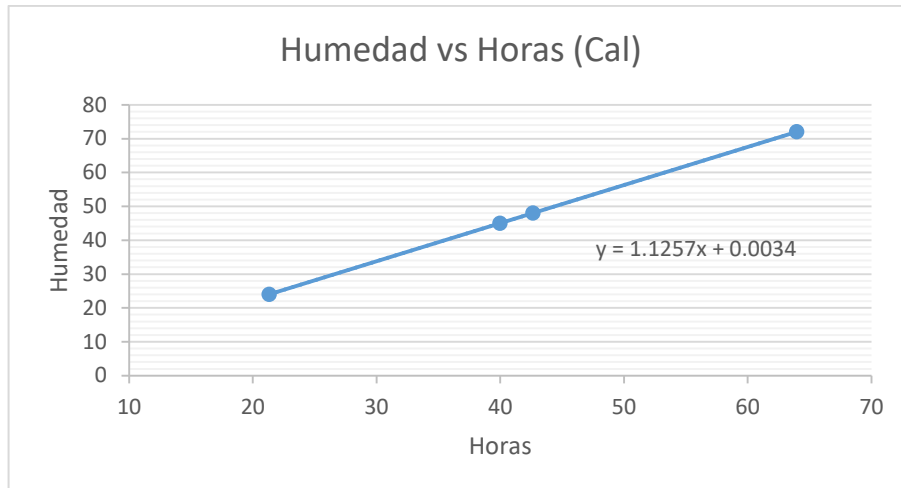


Figura No. 3 Humedad vs Horas Calicuchima

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

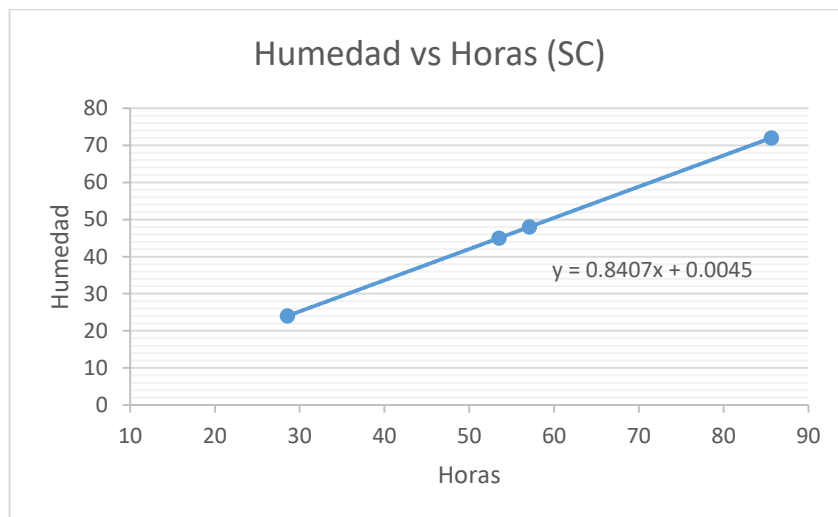


Figura No. 4 Humedad vs. Horas Santa Catalina

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Estas dos funciones ayudaron que sea una forma mucho más fácil obtener el valor adecuado cuando la humedad fue de 45%.

Calicuchima Tiempo de Germinación

$$y = 1.1257x - 0.0034$$

$$x = \frac{45 - 0.0034}{1.1257} = 39.97 \approx 40H \rightarrow 45\% \text{ humedad}$$

Santa Catalina Tiempo de Germinación

$$y = 0.8407x + 0.0045$$

$$x = \frac{45 - 0.0045}{0.8407} = 53.52 \approx 54H \rightarrow 45\% \text{ humedad}$$

Como se describe en las fórmulas anteriores los tiempos a los que la germinación entra en un rango óptimo, es de 40 horas para la variedad Calicuchima y 54 horas aproximadamente para la variedad Santa Catalina. **Durán Yujra, (2018)** menciona en su investigación que el tiempo en el cual los granos de cebada germinan después de haber obtenido una humedad del 45% es de entre los 35 a las 66 horas, algo que en comparación a los datos obtenidos se puede demostrar que se encuentran dentro del rango y por lo tanto se puede declarar como cebada maltera.

3.1.1.6. Tiempo de Filtración y Conversión de Almidón en Azúcar

Una vez que haya terminado el tiempo de germinación se procedió a tostar los granos de las dos variedades de cebada, para ello fue necesario la ayuda de un tostador en el cual era posible mantener una temperatura entre los 35 y 55°C por 30 horas, esta temperatura es la adecuada para poder producir cerveza rubia, cuando esto terminó se molió la malta y esta fue usada para producir un mosto.

La cantidad usada fue 50 ml de mosto, este mosto de cada variedad fue comparado con 3 maltas industriales (Pale Ale, Viena, Metcal Fe) las cuales se encontraban almacenadas en el Laboratorio de Nutrición en la Estación Santa Catalina de INIAP.

Primero se determinó el tiempo de conversión de Almidón en Azúcar, esto quiere decir que se determina el tiempo aproximado en el cual los almidones que se encuentran en

el interior de los granos se convierten en azúcares fermentables para poder usarlos en el proceso de elaboración de cerveza y así obtener alcohol etílico gracias al uso de la levadura.

Este proceso fue hecho con la ayuda de una solución de yodo diluida y un vidrio reloj, en este se colocó una gota del mosto y una del yodo, cuando la coloración no cambie significa que ya hubo la conversión, mientras si el color cambia a un violeta o azul oscuro eso da a entender que el almidón aún se encuentra en el mosto y no existe presencia de azúcares, esta toma de muestra se realizó con una diferencia de 5 minutos entre cada una. Por lo tanto los tiempos que se obtuvieron en este proceso fueron los siguientes.

Tabla No. 8 Tiempo de Conversión de Almidón en Azúcar

Variedad de Cebada	Tiempo (min)
Calicuchima	20
Santa Catalina	15
Pale Ale	10
Metcal Fe	10
Viena	15

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Esto en comparación con los estudios realizados por (Sancho Saurina, 2015), estima que el valor del tiempo en conversión de almidón en azúcar para cerveza rubia se encuentra entre los 7 a 18 minutos esto principalmente depende de la cantidad de almidón que contenga la cebada que se está estudiando, ya que en esta investigación utiliza Pale Ale y Viena dos de las que se utilizó para comparar con las variedades Santa Catalina y Calicuchima, y el tiempo en el que determinó una conversión fue aproximadamente a los 10 minutos algo que también ocurrió pero si se compara con las variedades estudiadas se puede definir que están dentro del rango para ser consideradas malteras.

Cuando el mosto tomó una temperatura ambiente y con la ayuda de un embudo y papel filtro se realizó el análisis de tiempo de filtración, esto con la finalidad de tener un conocimiento de la densidad del mosto y así tener conocimiento si podría haber quedar almidón en su interior, para este estudio también se realizó una comparación con las mismas tres variedades de cebada que se realizó el análisis anterior. Los tiempos en los que se realizó la filtración fueron los siguientes:

Tabla No. 9 Tiempo de Filtración

Variedad de Cebada	Tiempo (min)
Calicuchima	30
Santa Catalina	30
Pale Ale	35
Metcal Fe	30
Viena	40

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Se observaron que los tiempos casi en la mayoría se encontraron en un balance entre los 30 a 40 minutos, esto en comparación al estudio realizado por **(Gil & Miravalles, 2016)**, en los que se compara el tiempo de filtración entre 4 diferentes variedades de cebada pero ninguna industrial, los tiempos no superan los 60 minutos, y en esta menciona que si el tiempo no supera el antes mencionado pues se lo considera normal para fines industriales. Entonces mediante lo analizado se considera dentro de una caracterización maltera la cebada estudiada.

3.1.1.7. °Brix y pH

Para la determinación de °Brix y pH fue necesario la ayuda de un potenciómetro portátil para pH y un Brixómetro ATC portátil; en estos dos equipos se analizó el mosto

utilizado en los análisis previos, los datos obtenidos de forma conjunta fueron los siguientes:

Tabla No. 10 Valores °Brix y pH

	°Brix	pH
Santa Catalina	8	5.95
Calicuchima	7.5	6.03
Pale Ale	7.5	5.81
Metcal Fe	7.4	6.02
Viena	8.5	5.84

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Los °Brix tomados tienen una relación muy cercana entre ellos, esto gracias a que tomando en cuenta los tiempos de conversión de almidón a azúcar estos son muy cercanos, entonces de ahí se debe el balance que tienen los datos obtenidos, de igual forma el pH aunque este se encuentra mucho más cerca entre cada muestra.

Ahora para definir con una comparación literaria, **Paez Salamanca, (2019)** analiza la cantidad de °Brix que podría tener un mosto previo a la elaboración de cerveza rubia, para ello determina que °Brix representa la cantidad en gramos de azúcares presentes en 100 ml de la disolución, con ello los valores que se obtuvieron en comparación a los obtenidos de los granos de cebada estudiados son bastante similares entre los 7 a 10 °Brix para lo cual se determina que estos están dentro de caracterizarlos malteras.

3.1.1.8. Colorimetría

La colorimetría se lo realiza con el fin de determinar qué tan turbia se encuentra el líquido, además de los colores que este toma y poder compararlo con muestras, para ello se trabajó con un Colorímetro, el cual dio valores de L, a y b, los cuales demuestran un espectro dependiendo hacia que colores (L: blanco o negro, a: rojo o verde y b: azul o amarillo) va dirigida la muestra. Existen otras variables como: c y h las cuales muestran la saturación del color y el tono que este tiene, pero el estudio realizado es para conocer principalmente es el hacia que colores esta dirigidas las muestras.

Cabe recalcar que cuando se realizó el análisis se lo hizo en comparación con las tres muestras de cebada utilizadas anteriormente, dentro del análisis se realizaron 10 repeticiones para conseguir una reproductividad alta y realizar un análisis estadístico ANOVA con su gráfica de cajas y bigotes.

Los datos obtenidos se expresan a continuación:

Tabla No. 11 Colorimetría 1 (Santa Catalina)

	L*	a*	b*
1	46.37	2.45	12.47
2	42.63	2.66	13.36
3	41.47	2.60	11.80
4	43.56	3.15	13.80
5	44.19	3.26	15.06
6	42.68	3.63	16.53
7	44.18	3.29	14.60
8	43.23	2.87	13.38
9	42.66	3.33	13.50
10	46.61	3.37	15.95

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Tabla No. 12 Colorimetría 2 (Calicuchima)

	L*	a*	b*
1	47.56	3.89	19.05
2	44.52	3.87	18.99
3	45.52	3.59	19.77
4	45.24	3.71	19.23
5	43.47	4.06	19.08
6	43.02	3.87	19.92
7	44.30	3.91	19.16
8	43.70	4.00	18.44
9	44.31	4.03	19.03
10	43.87	3.84	20.10

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Tabla No. 13 Colorimetría 3 (Pale Ale I)

	L*	a*	b*
1	41.28	4.10	27.42
2	41.12	4.07	29.24
3	40.66	4.07	28.22
4	40.93	4.04	29.59
5	41.80	3.93	33.07
6	41.92	4.06	28.21
7	41.86	3.50	28.38
8	41.47	3.51	28.90
9	41.35	4.00	30.14
10	41.12	4.32	34.41

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Tabla No. 14 Colorimetría 5 (Metcal Fe I)

	L*	a*	b*
1	44.16	2.71	13.64
2	45.36	2.69	13.58
3	45.95	2.30	13.51
4	45.90	2.51	13.59
5	45.27	2.39	13.86
6	44.85	2.79	14.17
7	44.29	3.13	14.66
8	45.31	2.51	13.43
9	45.95	3.18	18.04
10	45.70	2.79	14.86

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Tabla No. 15 Colorimetría 7 (Viena I)

	L*	a*	b*
1	43.03	3.17	29.05
2	44.30	3.36	28.36
3	42.89	3.90	29.66
4	42.15	3.28	30.62
5	43.70	3.47	27.65
6	44.66	3.17	26.60
7	43.30	3.45	30.37
8	44.29	3.80	28.47
9	43.57	4.06	32.87
10	42.29	3.97	29.48

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Con la ayuda del programa estadístico Statgraphics Centurion XVII fue posible analizar los datos obtenidos, estos están analizados en el orden en el que se tomaron las muestras primero L, en segundo lugar a y finalmente b.

El análisis de varianza ANOVA de la variable L utilizando el programa estadístico produjo un diagrama de cajas y bigotes, esto se muestra en la gráfica de cajas y bigotes, y la relación que tienen entre las 5 muestras, cabe recalcar que el valor de P para esta variable fue de: 0.00000276347, dando a entender la nula significancia entre las cinco muestras.

CAL: Calicuchima, MET: Metcal Fe, PAL: Pale Ale, SC: Santa Catalina, VIE: Viena

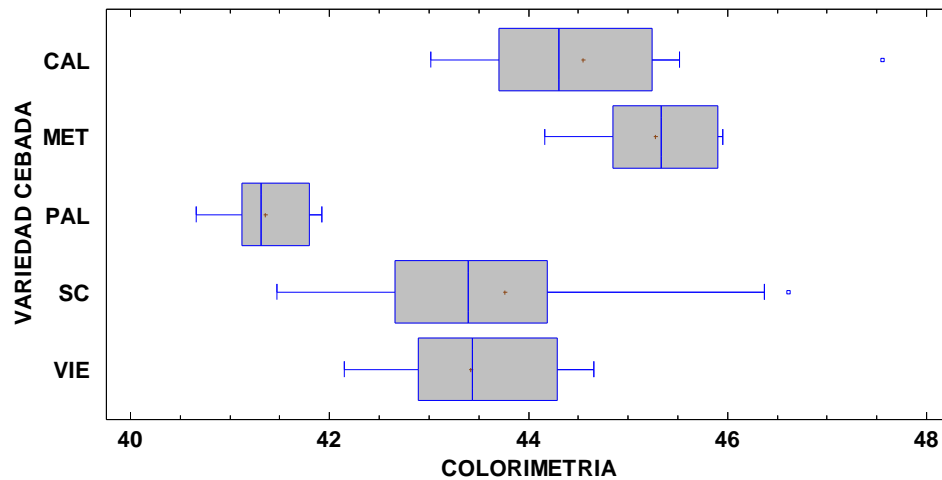


Figura No. 5 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable L*) en relación a Variedad de Cebada

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

En esta muestra una similitud entre los mostos elaborados con las variedades Santa Catalina, Calicuchima y Viena y una diferencia muy elevada con relación a las variedades Pale Ale y Metcal Fe, esto podría darse ya que la temperatura de tostado se encuentra mucho más similar a la de las dos muestras para caracterizar, la cual se encuentra cerca de los 60°C (Fengxia, Yuwen, Zhanming, & Yifeng, 2014).

Con esto se puede definir que la similitud de color entre Viena y las dos muestras de cebada (Santa Catalina y Calicuchima) no son significativas hacia la característica cervecera a diferencia de con las muestras de Pale Ale y Metcal Fe.

Con el fin de determinar una diferencia estadísticamente significativa se realizó adicionalmente un análisis de Tukey con el mismo programa estadístico, estos mostraron que también muestra una diferencia significativa hacia un análisis de medias dada por la siguiente gráfica.

CAL: Calicuchima, MET: Metcal Fe, PAL: Pale Ale, SC: Santa Catalina, VIE: Viena

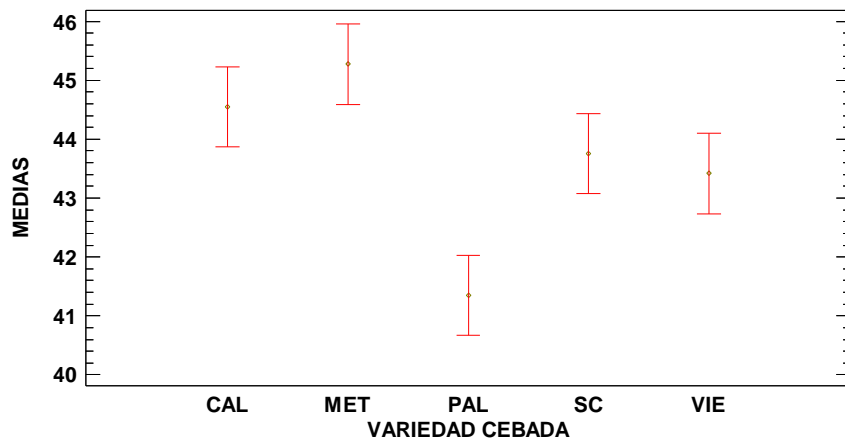


Figura No. 6 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable L*) en comparación de Variedad de Cebada.

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Para la variable a de igual forma se realizó un análisis de varianza ANOVA y mediante un gráfico de cajas y bigotes se define una relación o diferencia significativa con relación a las muestras importadas.

CAL: Calicuchima, MET: Metcal Fe, PAL: Pale Ale, SC: Santa Catalina, VIE: Viena

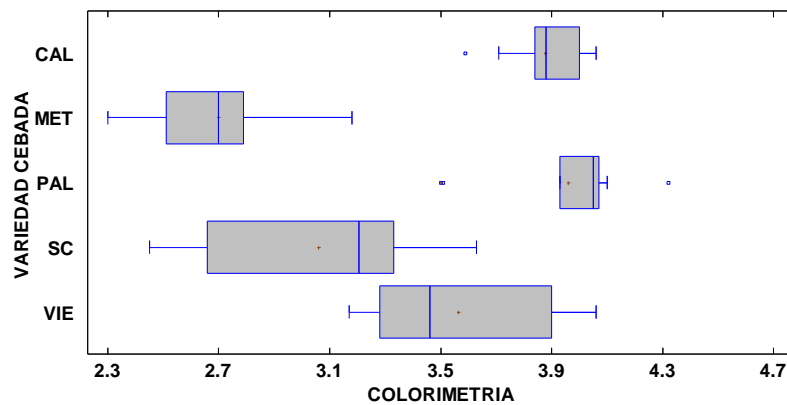


Figura No. 7 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable a*) en relación a Variedad de Cebada

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Para la variable a se puede notar que las diferencias se hacen cada vez más significativas, esto ya que para la variedad Santa Catalina tiene una relación más

cercana hacia las variedades Metcal Fe y Viena, pero no de forma en la que se desea, ahora para la variedad Calicuchima es más cercano su relación hacia la variedad Pale Ale.

La relación se encuentra de forma más balanceada que las otras tres variedades, pero de igual forma existe una diferencia estadísticamente significativa entre las cinco variedades, con un valor $P = 2.71897 \times 10^{-7}$ que se analizaron, esto dado a la molienda que esta haya recibido ya sea de forma gruesa o fina (Castañeda, 2015), ya que esto es difícilmente controlable para conseguir un punto adecuado para la elaboración de la cerveza.

Para determinar si estas se encontraban con una diferencia estadísticamente significativa al igual que en la anterior variable se realizó un análisis de Tukey para las medias obtenidas, esto está representado en la siguiente gráfica.

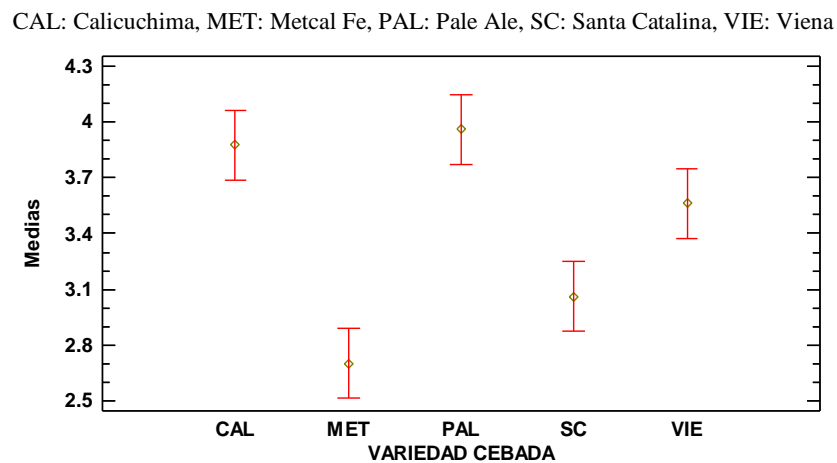


Figura No. 8 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable a*) en comparación de Variedad de Cebada.

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Finalmente la variable b de la misma manera fue puesta a prueba en un análisis de varianza ANOVA y los resultados mostrados en un gráfico de cajas y bigotes, en comparación con las tres muestras importadas.

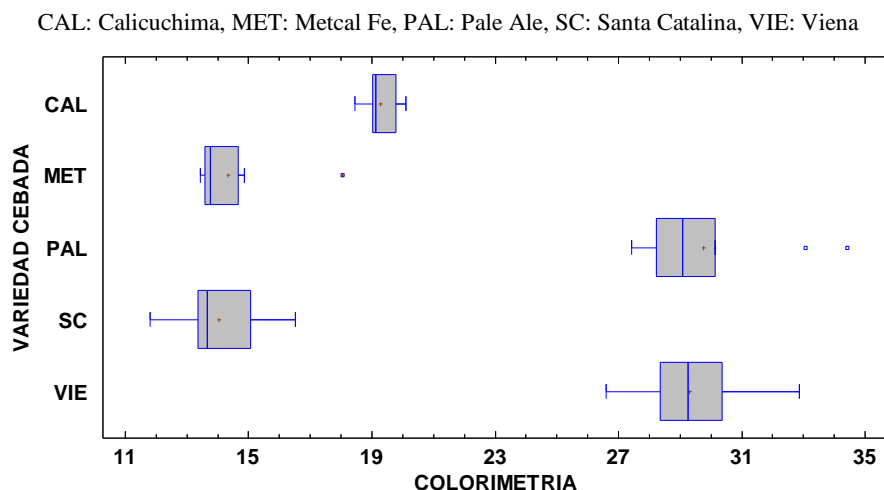


Figura No. 9 Diagrama cajas y bigotes Colorimetría (variable b*) en relación a Variedad de Cebada

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

En el gráfico se puede observar que solo la muestra de Metcal Fe tiene cierta relación con Santa Catalina, pero la muestra Calicuchima no tiene relación con ninguna de las muestras industriales esto se debe también a la temperatura de tostado que se logró para las variedades de cebada a caracterizar, además de la cantidad de almidón que pudo quedar retenido sin poder ser convertido a azúcares fermentables (**Fengxia, Yuwen, Zhanming, & Yifeng, 2014**).

Por tal razón existen diferencias estadísticas significativas entre todas las variedades y con un valor de $P = 1.34757 \times 10^{-8}$, aunque por ser una variable del análisis de color no se puede definir si no podría estar dentro de ser maltera.

Adicional al análisis de varianza y de igual forma que con las variables previas se realizó un análisis de Tukey con 95% de confianza en el cual se obtuvo que de la misma forma que con el análisis anterior las muestras presentan una diferencia significativa entre ellas, esto representado en el siguiente gráfico de medias.

CAL: Calicuchima, MET: Metcal Fe, PAL: Pale Ale, SC: Santa Catalina, VIE: Viena

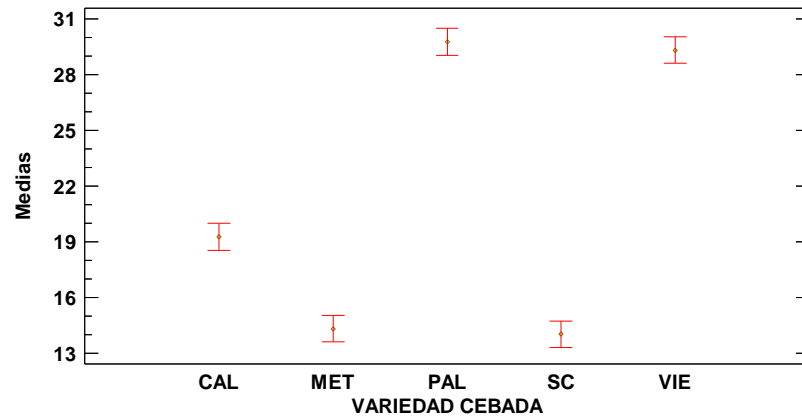


Figura No. 10 Gráfico de medias con Nivel de Confianza de 95% de Colorimetría (variable b*) en comparación de Variedad de Cebada.

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

3.1.2. Análisis Organoléptico realizado a la cerveza realizada los dos tipos de granos de cebada (Calicuchima: Cal y Santa Catalina: SC) y comparado con otros dos tipos de cerveza.

Una vez terminado el análisis fisicoquímico de los dos granos de cebada, se elaboró cerveza artesanal con los dos tipos de grano de cebada y se realizó un análisis organoléptico comparando las elaboradas con cerveza artesanal comercial y cerveza industrializada. Para ello se utilizó un formato con el que se describen varias características con el fin de determinar cuál de ellas tiene mejor sabor, color y olor.

La elaboración de la cerveza fue realizada en un lote de 6 kg de las dos variedades de cebada, fueron remojuadas, germinadas y tostadas por separado en el Laboratorio de Nutrición en la Estación Santa Catalina de INIAP, posterior a este proceso la malta fue llevada al Laboratorio 3.1 en la FCIAB para empezar la elaboración de cerveza artesanal.

El procedimiento de elaboración de cerveza que fue descrito previamente, incluyó la maceración de la malta con 15 litros de agua, el hervido con la adición del lúpulo Mandarin Bavaria y la fermentación con la ayuda de levadura US-04, pasados los 15 días se procedió a embotellarla adicionando 6.5 gr de azúcar por cada botella, se esperó

7 días más y se realizó el análisis organoléptico, el cual fue realizado a un total de 40 personas las cuales llenaron un formato comparando las variables en un rango de 1 a 4, siendo 1 lo más bajo y 4 alto en relación a fases Visual, Olfativa, Gustativa y una calificación global de la cerveza elaborada en comparación con una cerveza artesanal industrial y una cerveza industrial.

Tabla No. 16 Variables analizadas en el análisis organoléptico

Fase Visual	Fase Olfativa	Fase Gustativa	Calificación Global
Color	Aroma de la malta	Sabor a alcohol	Excelente
Turbidez	Aroma del lúpulo	Dulzor	Muy Buena
Consistencia de la Espuma	Aroma a alcohol	Amargor	Buena
Color de la Espuma		Cuerpo	Aceptable
		Efervescencia	
		Astringencia	

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos una vez terminado los análisis organolépticos, para definir cuál de las cervezas analizadas fue de mejor, tomando en cuenta las variables organolépticas (visual, olfativa y gustativa), se realizó un gráfico radial en el cual engloba todas las muestras.

Tabla No. 17 Promedio de Calificaciones obtenidas durante el Análisis Organoléptico

Variable	MUESTRAS			
	107	207	307	407
Fase Visual				
Color	2.4	2.3	3.1	2.4
Turbidez	2.6	2.2	2.5	2.2
Consistencia de la Espuma	2.2	2.4	2.6	2.7
Color de la Espuma	2.4	2.5	2.4	2.6
Fase Olfativa				
Aroma de la malta	2.8	2.3	2.4	2.1
Aroma del lúpulo	2.5	2.1	2.5	2.1
Aroma a alcohol	2.2	2.3	2.3	2.3
Fase Gustativa				
Sabor a alcohol	2.5	2.2	2.5	2.4
Dulzor	2.1	2.2	2.5	2.3
Amargor	2.6	2.7	2.5	2.2
Cuerpo	2.5	2.4	2.7	2.8
Efervescencia	2.7	2.5	2.6	2.4
Astringencia	2.4	2.3	2.2	2.1
Calificación Global				
	2.5	2.5	2.7	2.7

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

107: Cerveza Variedad Calicuchima, 207: Cerveza Variedad Santa Catalina, 307: Cerveza Artesanal Industrial, 407: Cerveza Industrial

107: Cerveza Variedad Calicuchima, 207: Cerveza Variedad Santa Catalina, 307: Cerveza Artesanal Industrial, 407: Cerveza Industrial

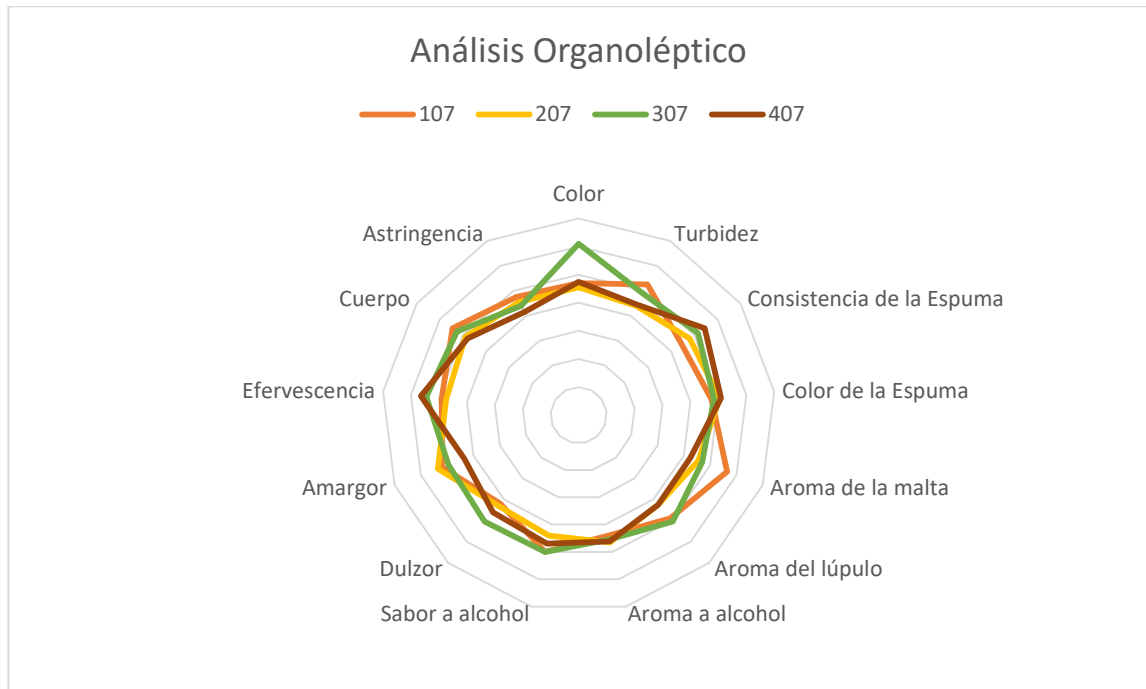


Figura No. 11 Análisis Organoléptico de las Cervezas

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

Con este gráfico se puede mencionar tomando dos variables de cada fase organoléptica (color, consistencia de la espuma, aroma de la malta, aroma a alcohol, sabor a alcohol, amargor), que las mejores cervezas analizadas fueron 107 y 307, estas serían la Variedad Calicuchima y la cerveza artesanal marca Páramo.

Ahora tomando en cuenta la Calificación global con las características generales de análisis organolépticos, se definió que las cervezas elaboradas superan el valor medio de evaluación, el cual es 2, por lo tanto se puede valorar entre Buena y Muy Buena las dos cervezas elaboradas con las dos variedades de cebada estudiadas (107: Calicuchima y 207: Santa Catalina), esto en comparación a las cervezas industriales (Páramo y Pilsener) con las que se evaluó, cabe recalcar que los nombres de estas dos cervezas no fueron mencionadas a los evaluados ya que estos podrían elegir por preferencia.

107: Cerveza Variedad Calicuchima, 207: Cerveza Variedad Santa Catalina, 307: Cerveza Artesanal Industrial, 407: Cerveza Industrial

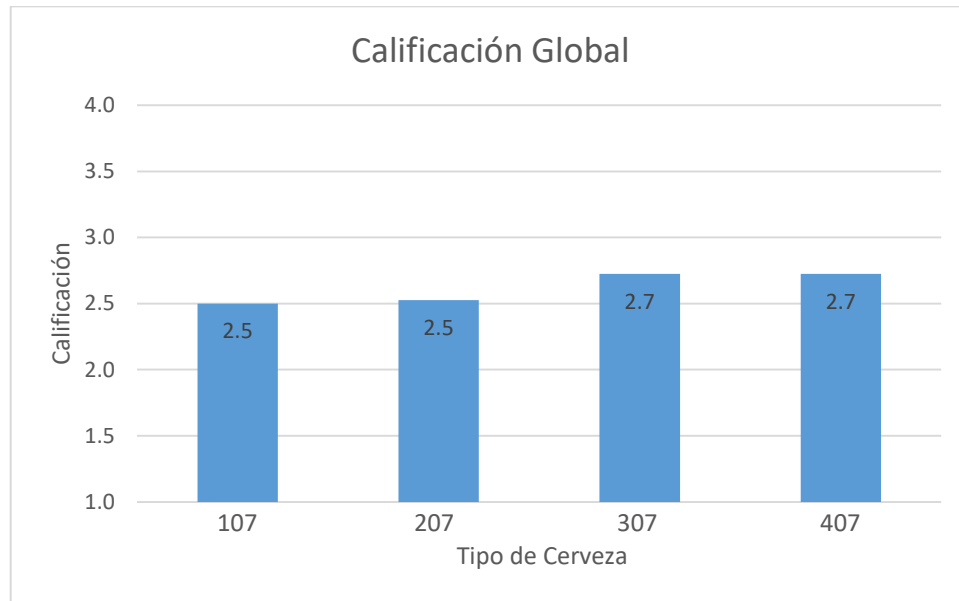


Figura No. 12 Calificación Global de la Cerveza

Fuente: Carrasco Pablo (2019)

3.2. Verificación de la hipótesis

Mediante los datos obtenidos en los análisis realizados se define que existen características necesarias para determinar que las dos variedades de cebada *Hordeum vulgare* Calicuchima y Santa Catalina Línea 003 pueden ser consideradas malteras y por lo tanto se puede elaborar cerveza artesanal a partir de ellas.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Una vez concluido todos los análisis a las dos variedades de cebada *Hordeum vulgare* Santa Catalina Línea 003 y Calicuchima, se definió que estos tienen las características adecuadas para ser considerados malteras y por lo tanto fue posible elaborar cerveza artesanal.

Mediante los distintos análisis se evaluó las características fisicoquímicas que tenían y se pudo definir que los más importantes que definieron su importancia maltera fueron los tiempos de conversión de almidón en azúcar, los tiempos de germinación y la cantidad de humedad que contenían en interior, además de que se pudo determinar diferentes variables de colorimetría analizables mediante un programa estadístico y obtener resultados con un análisis de varianza ANOVA.

Se pudo caracterizar de forma organoléptica y fisicoquímica las cervezas obtenidas en comparación a las muestras industriales disponibles en ese momento.

Se evaluó el rendimiento de la cerveza producida empezando con 15 litros de agua para su elaboración y obteniendo aproximadamente 12 litros de cerveza por cada variedad.

4.2. Recomendaciones

Al inicio de los análisis fisicoquímicos no fue posible realizar una comparación con cebadas control, ya que en los laboratorios no se disponía de cebada importada, pero para los análisis de colorimetría, filtración y conversión almidón-azúcar la malta importada y molida fue usada para realizar una comparación, por ello se recomienda que en estudios posteriores se pueda obtener cebada importada pero no tostada para replicar los análisis iniciales y así determinar una mejor comparación entre ellos.

Se recomienda que se realice un análisis de profundidad de cerveza artesanal de otras variedades, sean estas rojas o negras, para determinar qué tipo de cerveza es la mejor para los granos de cebada.

Se recomienda comunicar a las industrias de cerveza artesanal que se puede elaborar la bebida con la cebada cultivada en el país, con el fin de disminuir la importación de grano extranjero y empezar a consumir lo nuestro.

Se recomienda realizar estudios genéticos del grano de cebada para poder mejorar la calidad maltera que esta tenga y así obtener un rendimiento mejor y una producción mucho más alta.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Díaz, A., Luna Flores, M., Hernández Martínez, J., Lara Herrera, A., Salas Luévano, M., & Cabañas Cruz, B. (2006). Sistemas de Producción de Cebada Maltera (*Hordeum vulgare* L.). *Agricultura técnica en México*, 181-190.
- Arias, G. (2006). Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en América del Sur. *FAO*, 127-136.
- Arias, G. (2009). *Calidad Industrial de la Cebada Cervecera*. Montevideo: Unidad de Difusión e Información del INIA.
- Bamforth, C. (2005). Alimentos, fermentación y microorganismos. *Universidad Nacional Agraria*, 247-250.
- Bello, D., García, R., Otero, M. A., & Saura, G. (2005). Fermentación alcohólica con jugo de caña mezclado en Heriberto Duquesne. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 29-35.
- Caffaratti, S. (01 de Marzo de 2011). *Somos Cerveceros*. Obtenido de <http://somoscerveceros.com/2011/03/01/malteado-y-tostado/>
- Castañeda, R. (2015). ELABORACIÓN DE CERVEZA TIPO ALE EN BASE A UN SUSTRATO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*). *Ciencias UTE*, 30-37.
- Cervecería Nacional*. (23 de Marzo de 2019). Obtenido de cervecerianacional.ec/productos/cerveza/cerveza-pilsener
- Corral, K., & Landa, O. (15 de Agosto de 2018). *Maltosa.A*. Obtenido de <https://maltosaa.com.mx/importancia-del-agua-en-la-elaboracion-de-cerveza/>
- Curia, M., D'Alessandro, O., & Briand, L. (2010). La Enseñanza de Conceptos en Biotecnología a través de un Experimento Sencillo y Económico. *Formación Universitaria*, 27-30.

- Durán Yujra, R. (2018). PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Hordeum vulgare* (CEBADA) PREVIAMENTE REMOJADAS EN AGUA Y SEMBRADAS EN DIFERENTES SUSTRATOS. *Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias*, 77-80.
- Enriquez García, L. (25 de Mayo de 2015). *Cerveza Artesanal*. Obtenido de <https://www.cervezartesana.es/blog/post/como-elaborar-cerveza-en-casa.html>
- Enriquez, F. (24 de Julio de 2015). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2015/07/24/nota/5034874/se-busca-bajar-importacion-cebada-semilla-canada>
- Favier, K., Salvini, L., & Souci, O. (2016). Composición y Propiedades Nutritivas de la Cerveza. *Nutrición*, http://revista.nutricion.org/hemeroteca/revista_marzo_02/ZCerveza/valornutritivo.htm.
- Fengxia, S., Yuwen, C., Zhanming, Z., & Yifeng, Y. (2014). Determination of Beer Color Using Image Analysis. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 163-167.
- Fernandez Retalames, P. I. (2015). Plan de negocio para la expansión de una fábrica de cerveza artesanal. *Universidad de Chile*, 111-137.
- Ferreira, M. M., Schwab, M. d., Gerard, L. M., Zapata, L. M., Davies, C. V., & Hours, R. A. (2009). Fermentación alcohólica de jugo de naranja con *S. cerevisiae*. *Universidad Nacional de Entre Ríos*, 143-158.
- Freire, L., Paredes, N., & Narvaez, O. (14 de Febrero de 2013). *Composición Química de los Cereales - Enzimas*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=20&limitstart=5

- Gallardo Aguilar, I., Rodríguez, L. R., Rodríguez, Y. B., & Pentón., M. P. (2011). Producción de bioetanol empleando las enzimas generadas del sorgo malteado. *Afinidad*, 552-559.
- García Carrión, J. (6 de Noviembre de 2015). *Vinos García Carrión*. Obtenido de <http://www.garciacarrion.es/es/vinos-garcia-carrion/pregunta-al-enologo/que-es-la-fermentacion-alcoholica>
- García Ornelas, J. (23 de Julio de 2013). *Brewmasters*. Obtenido de <https://brewmasters.com.mx/las-temperaturas-de-maceracion-ciencia-y-arte/>
- Gil, A., & Miravalles, M. T. (2016). Calidad industrial de la cebada cervecera: impacto de la fecha de siembra. *INTA DIGITAL*, 5-8.
- Gupta, M., Nissreen, A.-G., & Eimear, G. (2010). Barley for Brewing: Charasteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, 318-328.
- Henderson, K. (5 de Septiembre de 2013). *Galeon*. Obtenido de <http://infocebada.galeon.com/>
- Hornsey, I. S. (2013). Elaboración de cerveza : microbiología, bioquímica y tecnología. *Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)*, 222-229.
- Jaramillo, P. (2019). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. *Gestión*, 50-55.
- Landa, K., & Pazmiño López, G. (8 de Octubre de 2014). *Cervezas.info*. Obtenido de <http://www.cervezas.info/proceso-cervezero/elaboracion-en-casa/fermentaci%C3%B3n>
- Lema-Aguirre, A. C., Basantes-Morales, E. R., & Pantoja-Guaman, J. L. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare L.*) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 97-102.
- Llorca, A. (1 de Agosto de 2017). *Cuanto beben los europeos*. Obtenido de Verne: https://verne.elpais.com/verne/2017/07/25/articulo/1500992621_833308.html

- Ludisaca, S., & Alfredo, J. (2017). Diseño de un proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada (*Hordeum vulgare*) y cacao de fino aroma (*Theobroma cacao*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 62-78.
- Luján, M., & Vásquez, V. (2010). Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción. *Scientia Agropecuaria*, 125-137.
- Lujpan Corro, M., & Vásquez Villalobos, V. (2010). Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción. *Scientia Agropecuaria*, 125-137.
- Marotta, E. (2018). Utilización de los subproductos de la limpieza del grano de cebada cervecera en la alimentación del cerdo. *UNLP*, 29-40.
- Martinez, A., & Serrano, J. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. *Universitat de Lleida*, 356-381.
- Mercante, T. N. (2017). Relación fuente : destino durante el llenado de granos : efectos sobre la calidad del grano en trigo pan, trigo candeal y cebada cervecera. *RIDAA*, 23-27.
- Navarro, S. (2008). Evolución de residuos de plaguicidas desde el lúpulo (*humulus lupulus L.*) a la cerveza. *Dialnet*, 26-32.
- Oquendo, I. (5 de Octubre de 2016). *Ecuador en Cifras*. Obtenido de INEC: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/Postdata/postdata01/files/assets/downloads/page0006.pdf>
- Ortega, G. (22 de Noviembre de 2019). *Gestión Digital*. Obtenido de Revista Gestión: <https://www.asobanca.org.ec/file/2129/download?token=xDOW3WTW>
- Otegui, O., Zamalvide, J., Perdomo, C., Goyenola, R., & Cerveñanasky, A. (2001). MOMENTO DE APLICACION DE NITROGENO: EFECTO EN EFICIENCIA DE USO DEL FERTILIZANTE, RENDIMIENTO Y CONCENTRACION

PROTEICA EN GRANO DE CEBADA CERVECERA EN URUGUAY.
Dirección Nacional de Tecnología Nuclear. Mercedes, 71-80.

Otero, M., Cabello, A., Vasallo, M., García, L., & López, J. (2000). Tecnología para la utilización integral de la levadura de cerveza en la industria alimenticia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 361-365.

Otero, M., Cabello, A., Vasallo, M., García, L., & López, J. (2000). Tecnología para la utilización integral de la levadura de cerveza en la industria alimenticia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 486-492.

Paez Salamanca, N. A. (2019). ESTABLECER CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO APA EN LAMICROCERVECERÍA DOPE D.C. *Fundación Universidad de América*, 83-86.

Páramo Cerveza Artesanal. (5 de Junio de 2018). Obtenido de <http://www.paramo.com.ec/>

Pérez-Ruiz, J., Zamora-Díaz, M., Mejía-Contreras, J., Hernández-Livera, A., & Solano-Hernandez, S. (2016). ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO EN CEBADA MALTERA EN EL BAJÍO, MÉXICO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 12-19.

Quiroga Fernandez, M. (2 de Agosto de 2016). *FORBES.MX*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/levadura-ingrediente-magico-la-cerveza/>

Rivas, R., & Barriga, P. (2002). CAPACIDAD COMBINATORIA PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y CARACTERES DE CALIDAD MALTERA EN CEBADA . *Agricultura Técnica*, 347-356.

Ruiz, R. (1 de Agosto de 2019). *Fermentación Alcohólica*. Obtenido de Kami de Deus: <https://www.kamidedeus.com/blog/2019/08/01/fermentacion-alcoholica>

- Sanchez, A. (2011). Fermentacion de malta empleando un sistema semicontinuo en el proceso de elaboraci3n de cerveza. *Universidad Tecnol3gica de la Mixteca*, 12-14.
- Sancho Saurina, R. (2015). Dise1o de una micro-planta de fabricaci3n de cerveza y estudio de t3cnicas y procesos de producci3n. *Universitat Polit3cnica de Catalunya*, 36-38.
- Suarez D3az, M. (2013). Cerveza, componentes y propiedades. *Universidad de Oviedo*, 33-41.
- Suqui, H., & Pintado, E. (3 de Febrero de 2015). *Universidad Polit3cnica Salesiana del Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8002>
- Tejada Ben3itez, L., Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, ., Tar3n Dunoyer, A., Alvear, M., Castillo, C. H., . . . Madariaga, N. (2010). Producci3n de bioetanol a partir de la fermentaci3n alcoh3lica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y pi1a. *Educaci3n En Ingenier3a*, 120-125.
- T3llez-Mora, P., Peraza-Luna, F. A., Fera-Velasco, A., & Andrade-González, I. (2012). Optimizaci3n del proceso de fermentaci3n para la producci3n de tequila, utilizando la metodolog3a de superficie de respuesta (msr). *Revista mexicana de ingenier3a qu3mica*, 163-176.
- Teruel Garc3a, O. (2005). Investigaci3n hidrogeol3gica para abasto de agua a la Fábrica de Cerveza Bucaneros SA. *ISMM*, 135-141.
- Urbina, C. (10 de Noviembre de 2014). *Urbina Vinos Blog*. Obtenido de <http://urbinavinos.blogspot.com/2014/11/fundamentos-de-la-fermentacion.html>
- Vaca Alonso, A. (2014). La cerveza en la prehistoria reciente: contextos de producci3n y consumo en la Pen3nsula Ib3rica. *UVaDOC*, 77-84.

ANEXOS

Anexo A Formato para Análisis Organolépticos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



Nombre: _____ Fecha: _____

Objetivo: determinar las propiedades organolépticas de cerveza preparada a partir de dos líneas de cebada Calicuchima y Santa Catalina línea 003 de forma artesanal en comparación de dos muestras de cerveza comercial.

Instrucciones: analice de forma sensorial las muestras que se le presentarán y marque con una X en el casillero que considere, tomando en cuenta el código de la muestra.

Atributos de la cerveza: marcar con una X el grado de intensidad según Ud. considere.

FASE VISUAL:

Intensidad: 1 (baja) – 4 (alta)

Muestra	107				207				307				407			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Color																
Turbidez																
Consistencia Espuma																
Color Espuma																

Observaciones: _____

FASE OLFATIVA:

Intensidad: 1 (baja) – 4 (alta)

Muestra	107				207				307				407			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aroma de la malta																
Aroma del lupulo																
Aroma a alcohol																

Observaciones: _____

FASE GUSTATIVA:

Intensidad: 1 (baja) – 4 (alta)

Muestra	107				207				307				407			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Sabor a alcohol																
Dulzor																
Amargor																
Efervescencia																
Cuerpo																
Astringencia																

Observaciones: _____

CALIFICACIÓN GLOBAL (1: Aceptable; 2: Buena; 3: Muy Buena; 4: Excelente)

Muestra	107				207				307				407			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

GRACIAS POR SU AYUDA

Anexo B. Imágenes del procedimiento y equipos utilizados para los análisis realizados.

Figura No. 13 Tanque de Remojo
Breber-Colman



Figura No. 15 Tostador de grano
Breber-Colman



Figura No. 14 Germinador Breber-
Colman



Figura No. 16 Molino Corona



Figura No. 17 Remojo Cebada Calicuchima



Figura No. 19 Secado Cebada Calicuchima



Figura No. 18 Remojo Cebada Santa Catalina



Figura No. 20 Secado Cebada Santa Catalina



Figura No. 21 Germinado Cebada
Calicuchima 24 Horas



Figura No. 23 Germinado Cebada
Calicuchima 36 Horas



Figura No. 22 Germinado Cebada
Santa Catalina 24 Horas



Figura No. 24 Germinado Cebada
Santa Catalina 36 Horas



Figura No. 25 Germinado Cebada Calicuchima 48 Horas



Figura No. 27 Cebada Calicuchima Molida



Figura No. 26 Germinado Cebada Santa Catalina 48 Horas



Figura No. 28 Cebada Santa Catalina Molida



Figura No. 29 Macerado Cebada Calicuchima



Figura No. 31 Muestras de cebada importada para análisis de filtración y conversión almidón-azúcar



Figura No. 30 Macerado Cebada Santa Catalina



Figura No. 32 Tanques de Fermentación



Figura No. 33 Cervezas Elaboradas



Figura No. 34 Análisis Organolépticos



Figura No. 35 Análisis Organolépticos

