



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICAS DE NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA  
MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) APLICANDO MÉTODOS TRADICIONALES.”

AUTORA

Daniela Elizabeth Andrade Recalde

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA  
MALTERA (*Hordeum vulgare L.*) APLICANDO MÉTODOS TRADICIONALES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos.

Profesor Guía

Ph.D. Héctor Abel Palacios Cabrera

Autora

Daniela Elizabeth Andrade Recalde

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Caracterización fisicoquímica de nuevas líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare L*) aplicando métodos tradicionales, a través de reuniones periódicas con la estudiante Daniela Elizabeth Andrade Recalde, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

Héctor Abel Palacios Cabrera  
Doctor en Tecnología de Alimentos  
CI: 0912277480

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Caracterización fisicoquímica de nuevas líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare L*) aplicando métodos tradicionales, de estudiante Daniela Elizabeth Andrade Recalde, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

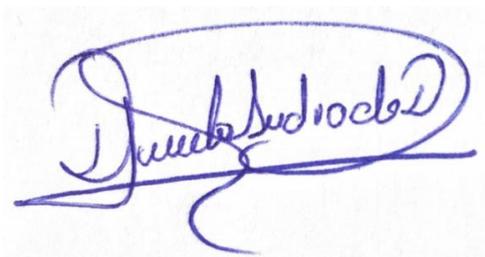
Darío Miguel Posso Reyes

Máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos

CI: 17130409552

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniela Elizabeth Andrade Recalde', enclosed within a blue oval. The signature is fluid and cursive.

---

Daniela Elizabeth Andrade Recalde

CI: 175282198

## **AGRADECIMIENTOS**

Un sincero agradecimiento al profesor Héctor Palacios que, gracias a sus conocimientos impartidos, asimismo agradezco a la Ingeniera Elena Villacrés que fue un pilar importante para este trabajo. Finalmente agradezco a mis padres y hermanos por ser el motor que cada día me impulsa para salir adelante y son mi compañía más fiel, asimismo a Andrés por su constante amor y apoyo y a todos mis docentes, amigos y familiares que me guiaron a lo largo de este camino.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre querida que gracias a su amor, comprensión y constancia ha hecho de mí una mujer de bien y con verdaderos valores. A mi padre por ser una guía constante que ha sabido comprender y luchar por su familia y a mis hermanitos Rodrigo y Mishell que son mi compañía y mi más grande fuerza, me apoyan cada día a dar lo mejor de mí.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general analizar las características físicas y químicas de nuevas líneas de cebada maltera presentadas por el INIAP, para ello de forma específica se caracterizaron 38 líneas que tuvieron un mismo tiempo de cultivo, fertilización y localidad. Otro objetivo específico fue la de obtener al menos una línea que sea compatible con las exigencias de la industria cervecera. Las metodologías para el análisis de los diversos parámetros fueron ejecutadas de acuerdo con los procedimientos descritos por la FAO (2015). Los parámetros analizados fueron los siguientes: peso de mil granos, índice de llenado, peso hectolítrico, humedad, turbidez, grados brix, proteína, concentración alfa amilasa y poder diastásico; para escoger las variedades más apropiadas se utilizaron dos variedades testigos: la Metcalfe y la CM-09-003. Para la evaluación y análisis de resultados fue realizado un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%. De la caracterización de los parámetros fueron obtenidos los siguientes rangos: peso mil granos de 27,22 a 54,08 g peso hectolítrico rango de 56,33 a 72,67 kg/hl, índice de llenado de 514 a 612 g, porcentaje de humedad del grano de 9,73 a 16,07%, humedad de la malta de 4,04 a 6,35%, la turbidez de 8 a 184 Fau el tiempo de filtrado 8,33 a 19,33; el porcentaje de proteína soluble de 3,01 a 4,94% y el porcentaje de proteína total de 2,79 a 12,15% eso con respecto a los parámetros físicos y para parámetros químicos se considera un rango de: poder diastásico de 87,93 a 211,11 °L, el porcentaje de alfa amilasa de 13,35 a 63,6%, el índice de Kolbach debe ser de 24,79 a 124,39% y el porcentaje de extracto de 44,86 a 84,43%. Se obtuvieron resultados los cuales arrojaron que las variedades que mayor semejanza fueron 10 líneas, y 6 dentro de esas fueron las que tenían mayor similitud con los testigos.

Palabras claves: Características físicas, características químicas, variedades malteras.

## ABSTRACT

The present work has the general objective of analyzing the physical and chemical characteristics of new malting barley lines presented by INIAP, for this purpose 38 lines that had the same cultivation, fertilization and locality time were specifically characterized. Another specific objective was to obtain at least one line that is compatible with the requirements of the brewing industry. The methodologies for the analysis of the various parameters were executed in accordance with the procedures described by FAO (2015). The parameters analyzed were the following: thousand grain weight, filling index, hectolytric weight, humidity, turbidity, degrees of brix, protein, alpha amylase concentration and diastatic power; To choose the most appropriate varieties, two control varieties were used: Metcalfe and CM-09-003. For the evaluation and analysis of results, an analysis of variance and Tukey's test at 5% were performed. From the characterization of the parameters, the following ranges were obtained: thousand grain weight from 27.22 to 54.08 g test weight range from 56.33 to 72.67 kg / hl, filling index from 514 to 612 g, percentage of grain moisture from 9.73 to 16.07%, malt moisture from 4.04 to 6.35%, turbidity from 8 to 184 Fau, filtering time from 8.33 to 19.33; the percentage of soluble protein from 3.01 to 4.94% and the percentage of total protein from 2.79 to 12.15% that with respect to the physical parameters and for chemical parameters is considered a range of: diastatic power of 87 , 93 to 211.11 ° L, the percentage of alpha amylase from 13.35 to 63.6%, the Kolbach index should be from 24.79 to 124.39% and the percentage of extract from 44.86 to 84 , 43%. Results were obtained which showed that the varieties with the greatest similarity were 10 lines, and 6 within these were those with the greatest similarity with the controls.

Keywords: Physical characteristics, chemical characteristics, malting varieties.

## ÍNDICE

1. CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo general .....	3
1.2 Objetivos específicos .....	3
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Cebada generalidades .....	3
2.1.1 Historia de la cebada. ....	3
2.1.2 Taxonomía botánica .....	4
2.2 Importancia Agroindustrial.....	6
2.2.1 Producción de la cebada.....	6
2.2.2 Diversificación del cultivo .....	8
2.2.3 Domesticación de la especie .....	9
2.2.4 Derivados de la cebada .....	10
2.2.4.1Proceso de malteado para la obtención de derivados de cebada. 11	
2.3 Calidad del grano de cebada .....	13
2.3.1 Factores influyentes a la calidad.....	14
2.4 Caracterización.....	15
2.4.1 Caracterización física .....	16
2.4.2 Parámetros químicos .....	19
2.5 Variedades de cebada.....	21
3. CAPITULO III METODOLOGÍA.....	23
3.1 Zona de muestreo .....	23
3.1.1 Toma y procesamiento de muestras de cebada .....	23
3.2 Análisis Físico .....	24
3.2.1 Peso 1000 granos .....	24
3.2.2 Peso Hectolítrico .....	24
3.2.3 Humedad del grano.....	25
3.2.4 Parámetros físicos obtenidos a partir de la maceración del Mosto .....	25
3.2.4.1 Tiempo de filtrado .....	26

3.2.4.2	Turbidez.....	26
3.2.5	Proteína.....	26
3.3	Análisis Químico .....	27
3.3.1	Poder Diastático .....	27
3.3.2	Alfa amilasa.....	27
3.4	Identificación de la mejor línea de cebada maltera.....	27
3.5	Análisis Estadístico .....	27
4.	<b>CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
4.1	Parámetros físicos .....	28
4.1.1	Peso mil granos, peso hectolítrico e índice de llenado.....	28
4.1.2	Humedad del grano y Humedad de la malta. ....	31
4.1.3	Parámetros obtenidos de la maceración del mosto: Turbidez y Tiempo de filtrado. ....	33
4.1.4	Proteína soluble y Proteína total .....	35
4.2	Parámetros químicos .....	36
4.2.1	Poder diastásico y Alfaamilasa .....	36
4.2.2	Índice de Kolbach y Porcentaje de extracto .....	38
4.3	Identificación de la mejor línea maltera con respecto a los testigos.....	39
4.3.1	Peso mil granos .....	40
4.3.2	Peso Hectolítrico .....	41
4.3.3	Índice de llenado .....	42
4.3.4	Humedad del grano.....	43
4.3.5	Humedad de la malta .....	44
4.3.6	Tiempo de filtrado y turbidez .....	45
4.3.7	Porcentaje de proteína soluble y proteína total .....	46
4.3.8	Parámetro de índice de Kolbach porcentaje de extracto.....	48
4.3.9	Parámetro de Poder diastásico y Alfa amilasa .....	50
4.4	Análisis Estadístico .....	52
5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>

5.1 Conclusiones .....	53
5.2 Recomendaciones .....	53
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS .....	61

## 1. CAPITULO I INTRODUCCIÓN

Los principales cultivos de cereales en el mundo corresponden a especies como: trigo, maíz, avena, cebada y sorgo. En la actualidad los cereales corresponden en la dieta diaria alimentaria dando un valor del 50% de energía gracias a la cantidad de fibra que satisfacen (Arellano, 2010). El cultivo de cebada se ha distribuido a nivel mundial en más de 89 países, la mayoría producción se concentra en la Unión Europea, ocupando el 46% de la producción mundial, posteriormente se encuentra Canadá y Australia, que presentan las mejores variedades para la elaboración de cerveza. Aunque los países de China, Estados Unidos, Alemania y Brasil forman una producción mundial del 50%.

La especie *Hordeum vulgare* L. o conocida comúnmente como cebada, se encuentra como el quinto cultivo de cereales seguido de trigo, maíz y soya. El principal uso de la especie es para consumo humano en la dieta alimentaria y para la elaboración de cerveza. De acuerdo con la composición química y física que tenga el grano maduro y al proceso de malteado se evalúa la calidad de la cerveza que se obtenga; aunque se menciona que el crecimiento vegetal de cultivo de la especie no siempre está acompañado de buenas prácticas en manejo nutricional vegetal, esto provoca que el cultivo no pueda alcanzar niveles óptimos de producción y no se considere una calidad adecuada de acuerdo con las exigencias de la industria maltera. Entre los componentes que más se evalúan son proteínas, cantidad de grados °Brix y cantidad de alfa-amilasa (Angessa y Li, 2016).

Cada variedad de cebada presenta composiciones diferentes en su semilla, lo que determinará la calidad en la composición final del producto que se desee obtener. En contraste, la variedad con cáscara es la más utilizadas en la producción de cerveza (Villacrés, 2010). Con respecto a la distinción entre la cebada destinada como maltera y la variedad forrajera se diferencia

principalmente por la cantidad de proteína presente en el grano, mencionando de esta forma que la especie maltera presenta un porcentaje inferior al 12% de cantidad de proteína y la especie forrajera debe tener una cantidad mayor, sin embargo el contenido proteico en el grano depende de varios factores como son la fertilización, el tipo de suelo del cual se realiza la siembra, variedad establecida, clima y temperatura (Coronel, 2011).

Se realizan varias pruebas tanto físicas como químicas en líneas que son avanzadas con el fin de la determinación de su potencial productivo, mediante la medición de diversos parámetros, seleccionando de esta forma los genotipos que se consideren más idóneos para el proceso de malteo (Gonzalez et al., 2019). La caracterización física de los granos es fundamental para el control de calidad de estos, considerando las características físicas más importantes: el índice de llenado, peso hectolítrico, forma del grano, color y porcentaje de humedad, asimismo las características químicas son importantes al momento de seleccionar aquellas variedades con mejor comportamiento bioquímico que tengan relación directa con la fermentación, entre los parámetros más evaluados son el poder diastásico que determina la cantidad de enzimas diastasas presentes para degradar el almidón en azúcar fermentable y alfa amilasa, que es primordial para determinar la cantidad de enzimas que se degradaran y formarán proteínas (Betacur et al., 2020).

El presente trabajo tiene como objetivo, seleccionar al menos una línea que cumpla con las características tanto físicas como químicas que determine que dicha línea sea considerada maltera, asimismo se evalúa la posibilidad de utilizar dichas líneas de manera industrial, garantizando el consumo nacional y generando mayores ingresos para los agricultores de diferentes zonas de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2016).

### 1.1 Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas de nuevas líneas de cebada maltera producidas en Ecuador, en una misma localidad aplicando métodos tradicionales.

### 1.2 Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de 38 nuevas líneas de cebada maltera, tomando como base una línea testigo.
- Identificar las líneas de cebada maltera apropiadas para la elaboración de cerveza.

## 2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cebada generalidades

#### 2.1.1 Historia de la cebada.

La especie vegetal cebada (*Hordeum vulgare L.*) se considera de los primeros cultivos en los cuales el ser humano se inició agrónomicamente, algunos autores mencionan que dicho cultivo tuvo su origen en países asiáticos y algunos pertenecientes al continente africano. Cabe mencionar que la especie hoy en día cultivada proviene de un tipo de cebada silvestre conocida como (*Hordeum spontaneum*), descendiente de zonas en oriente medio. Se considera que los dos tipos de cebada mencionada son especies diploides con 14 cromosomas (Casas et al., 2016).

Históricamente mencionan a la cebada en el libro del éxodo relacionando al pueblo del antiguo Egipto, considerándola como uno de los productos más importantes para el desarrollo de la civilización, puesto que se consideraba un consumo directo como alimento y asimismo comenzó la producción de cerveza; se menciona en libros históricos que la cebada igualmente fue utilizada como los romanos y griegos que la utilizaban principalmente en la elaboración de pan, como un alimento rico en fibra y que era utilizado por gladiadores, en conflictos y peleas. A través de los años la especie se consideró como un alimento menesteroso, puesto que en el siglo XVI los pobres y esclavos únicamente tenían permitido consumir pan hecho a base de cebada (Arellano, 2010).

Los primeros fenotipos de cebada son aquellas que se consideran de dos carreras para posteriormente presentarse la de seis carreras que tiene una antigüedad que data de hace 9 500 años, para posteriormente realizar estudios considerando la variabilidad genotípica y morfológica, como se distribuye la especie a nivel edáfico, ecología de siembra y la capacidad que tiene de crecimiento con diferentes genes se consideran de los puntos más importantes con respecto al mejoramiento de la especie. La primera cebada cultivada que es la de dos carreras ha sufrido mutaciones provenientes a sucesos naturales, como erosión del suelo, cambios climáticos y cruce con polinizadores provocando que tanto la especie de seis hileras como la de dos hileras sean fértiles a nivel central y estériles a nivel lateral (López, 2009).

### 2.1.2 Taxonomía botánica

La especie tiene una clasificación taxonómica que tiene como nombre de *Hordeum vulgare L*, pero cabe mencionar que tiene subespecies en las cuales se distingue cebada de dos carreras y cebada de seis carreras.

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta  
**División:** Magnoliophyta  
**Familia:** Poaceae  
**Género:** *Hordeum*  
**Especie:** *Hordeum vulgare L.*

La especie vegetal como tal, tiene un color particular ya que cuenta con una pigmentación más clara que la de otros cereales cultivados, como la avena, triticales, trigo o centeno. Mencionando las características taxonómicas y su descripción botánica la planta de cebada cuenta con dos tipos de raíces adventicias y seminales. Las raíces seminales son producto gracias al crecimiento que tiene la radícula y por consecuencia las yemas adventicias adyacentes que se consideran de fundamental importancia para suministrar un anclaje de la raíz hacia la planta, captando la mayor cantidad de nutrientes en el período de germinación y cuando se forma la corona. Cabe mencionar que dichas raíces seminales desaparecen cuando la planta ha llegado a su madurez o adultez puesto que no cumplen la misma función, mientras tanto las raíces adventicias son aquellas que tienen su desarrollo en la terminación inferior del tallo, estas son numerosas, con mayor tamaño y mayor ramificación que las raíces seminales (Osca y Gómez, 2016).

Sus hojas se encuentran provistas de aurículas grandes que son de color menos intenso con respecto al resto de la hoja, pero abrazan fuertemente al tallo, las hojas de la planta cuentan con una lígula dentada. Tienen un ancho aproximado de entre 5 y a 15 milímetros, además de ser lineales se encuentran alternadamente en el tallo. La especie cuenta con una inflorescencia en forma de espiga y tiene espiguillas que se unen de manera directa con el raquis; cabe mencionar que el raquis es una parte del tallo que sostiene la espiga, tiene tres espiguillas que contienen una única flor (Dávila et al., 2018).

El cultivo requiere un tipo de suelo franco arenoso y profundo ya que de esa forma tendrá un buen drenaje, teniendo un pH de entre 6,5 y 7,5 y una temperatura promedio de 10 a 20 °C, en dichas condiciones las semillas logran una buena germinación y se desarrollan las raíces adecuadamente, de esta forma se obtendrán espigas grandes que generen granos de excelente calidad. El cultivo tiene un ciclo anual y tiende a convertirse en cultivo perenne bajo condiciones especiales, una vez que el cultivo se encuentre en crecimiento se debe realizar cuidados exhaustivos para que pueda absorber la mayor cantidad de nutrientes necesarios para desarrollar el grano que es el que será aprovechado. Se debe manejar un control de plagas y enfermedades durante todo el ciclo, para no generar pérdida del grano que puede inclusive resultar como pérdida total del cultivo (INIAP, 2016).

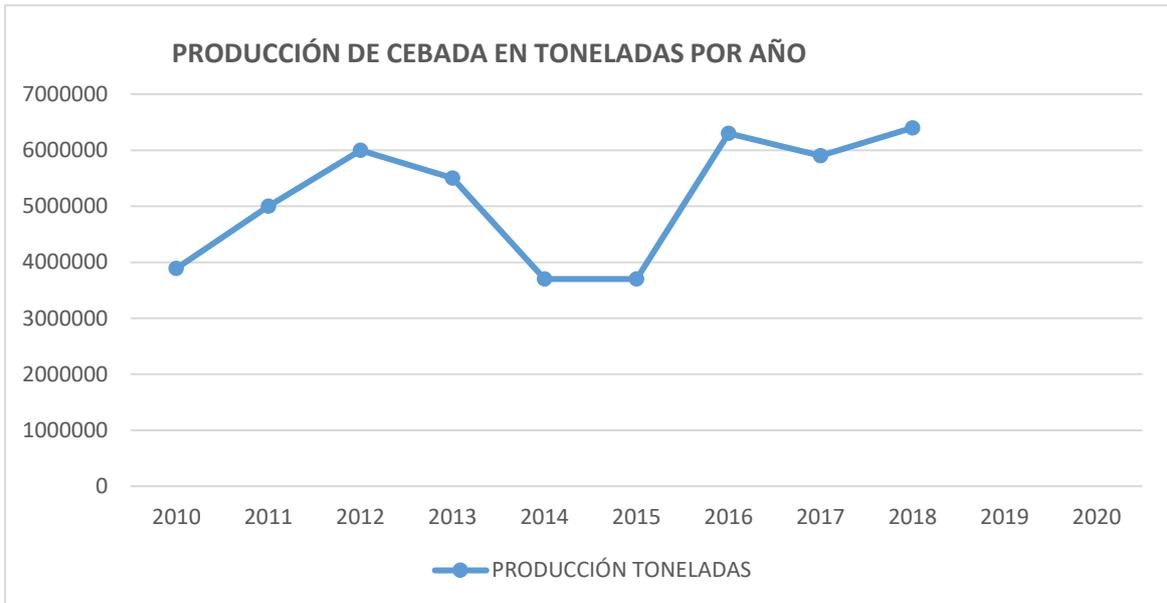
## 2.2 Importancia Agroindustrial

### 2.2.1 Producción de la cebada

El cultivo de cebada, es el quinto cereal a nivel mundial con mayor producción caracterizado por un volumen del 50 y 65% de producción concentrado principalmente en Europa, asimismo se menciona que en el continente se produce alrededor de 135 millones de toneladas al año, con un promedio de productividad de 4 toneladas por hectáreas; se ha visto una disminución producción gracias a la demanda del mundo por mayor cantidad de cultivos de maíz y arroz, no se considera un obstáculo para la especie, puesto que se mantiene como insumo importante en la industria alimenticia, especialmente para la industria de licores y elaboración de cerveza. Entre los principales países productores se encuentran países europeos, Rusia, Ucrania, Australia, Marruecos, Canadá, Estados Unidos, Turquía, Irán y en América latina Argentina, considerando de esta forma como en países europeos, Chile y Argentina el rendimiento es de 9 toneladas por hectárea, lo que no sucede en

zonas consideradas marginales de Australia y Rusia en donde el rendimiento es de 1,5 toneladas por hectárea (INIFAP, 2006).

En Ecuador las condiciones agronómicas y climáticas para una correcta producción de cebada comprende zonas que se ubican desde los 2 400 a 3 300 metros sobre el nivel del mar, abarcando precipitaciones que se ubican hasta los 600 mm durante todo el ciclo que comprende el cultivo. La industrialización de la cebada ha dado un gran paso a la estandarización y masificación de productos que se relacionen con el rubro en los últimos años, por lo que países productores se han visto en la necesidad de producir para obtener materia prima que cumpla con estándares de calidad que requieren los países importadores, por lo que se menciona la producción de Ecuador en donde el 40% de la producción es utilizada para la elaboración de cerveza, mientras tanto los excedentes son usados para comercialización en mercados locales con el fin de generar subproductos para la alimentación humana y animal. Gracias a los altos costos de producción y al poco suelo cultivado de la especie el país únicamente produce un aproximado de 24 000 toneladas por año teniendo una productividad promedio de tan solo 0,60 t/ha, es por lo que el país importa 40 000 t/año para alcanzar a suplir la materia prima en la industria cervecera (Lema et al., 2017).



*Figura 1.* Toneladas producidas de cebada por año en Sudamérica.

Adaptado de: (FAO, 2018).

### 2.2.2 Diversificación del cultivo

La cebada es una especie de cereal adaptado a cualquier clima, en donde sus cultivos se expanden desde América hasta Asia, en la actualidad la especie es uno de los cultivos más importantes en la agricultura gracias a que se adapta a los cambios climáticos, tolerando de esta forma las sequías. (Salgado y Herrera, 2015). La cebada fue uno de los primeros cultivos en domesticarse, hay estudios arqueológicos que datan del Neolítico con un origen en el continente asiático, su centro de origen se ubica en Ethiopia, estos datos se basan en la gran diversidad de fenotipos que existen (Coronel, 2011).

La producción del grano tiene una extensión a nivel mundial de 51 millones de hectáreas cultivadas generando una producción aproximada de 135 millones de toneladas, representando un estimado de las dos terceras partes de cultivos de granos forrajeros más demandados del mundo (Gaitán et al., 2009). En el

Ecuador la producción de cebada tiene una centralización en provincia del Carchi, las dos variedades principales plantadas se conocen como Scarlett y Cañicapa la primera variedad está destinada para producción cervecera y la segunda está destinada para consumo local humano. El precio del grano bordea en un estimado de 20 dólares el quintal con un promedio de 110 quintales en donde la mayor concentración de siembra es en el cantón Montufar de la misma provincia (Rivadeneira et al., 2003).

### 2.2.3 Domesticación de la especie

Algunas evidencias arqueológicas muestran que la especie *Hordeum vulgare L.* fue domesticada a partir de otra especie *Hordeum spontaneum* en el año 8 000 antes de Cristo el cultivo comprendía regiones desde Mesopotamia y Persia hasta el norte del continente africano lo que hoy en día se considera Egipto, precisamente a orillas del río Nilo; (Gutierrez et al., 2020). Asimismo, hay información arqueológica que manifiestan la transformación del grano cultivado en bebida alcohólica (cerveza) por parte de la cultura egipcia. Otras investigaciones han determinado la domesticación de la cebada en cultivos extendidos en zonas occidentales en Marruecos y zonas orientales en las altiplanicies de países como China, Nepal e India (Henrik , 2017).

La cebada se considera una de las especies de cereales que más extensión de cultivos tiene, además de ser una especie muy antigua y de gran utilidad tanto para el consumo humano como animal (Bettengausen et al., 2018). Tiene el puesto número cuatro en importancia de cereales posterior al trigo, maíz y arroz; su gran importancia se da gracias a que puede adaptarse ampliamente a condiciones ambientales diversas tanto altitudes y latitudes muy extremas. Puede ser cultivada en zonas de países europeos o incluso en el Sahara y en Asia. Asimismo, se considera una especie de gran importancia en la alimentación de pobladores tanto de la Sierra central como de la Sierra sur (Loja, Azuay y

Cañar) contempla altitudes de cultivo que van desde los 2 400 a 3 500 msnm, en donde según bases nacionales de estadística muestran una extensión aproximada de 15 000 ha con una distribución de cultivo del 90% de grano cubierto y el 10% de grano descubierto (Pankin y Von Korff, 2017).

La cebada de grano desnudo o descubierto son las más aceptadas por los agricultores, puesto que presentan un mejor precio en el mercado, con relación a las especies de grano cubierto, esto se da gracias a la calidad de los subproductos que se obtienen como la harina o machica y el conocido como arroz de cebada; un factor que determina la calidad es menor presencia de desperdicios en el procesamiento del grano puesto que en la extracción de harinas el porcentaje obtenido es mayor con relación al grano cubierto (Fei Dei, 2016).

#### 2.2.4 Derivados de la cebada

En la antigüedad se utilizaba la harina de cebada para obtener productos de panificación, hoy en día se lo sigue utilizando pero en menor proporción y se caracteriza la harina para obtener espesor en productos de gastronomía ya sean sopas y estofado; el mayor uso que se tiene del grano de cebada es para la obtención de malta y por ende la producción de cerveza aunque de la misma forma sobre todo en poblaciones sudamericanas ya sea en países como Bolivia, Perú o Ecuador la cebada se utiliza como alimentación para el hombre y como balanceado animal, pero cabe destacar que otro uso que se da a la cebada es para la elaboración de whisky, que es una bebida alcohólica que se obtiene a través de la destilación posterior a la fermentación de la malta, que tiene como posterior actividad el envejecimiento del licor en barriles de roble, se caracteriza por tener un grado alcohólico que puede variar entre 40 y 60 grados (Rusell, 2014).

#### 2.2.4.1 Proceso de malteado para la obtención de derivados de cebada

Aunque se ha considerado que Ecuador no es un país exportador de cebada, el cultivo de la especie se ha visto incrementado gracias a los programas que tiene el Ministerio de Agricultura en conjunto con la Cervecería Nacional, logrando la colaboración de varios agricultores de distintas zonas del país, para lograr que el cultivo pueda abastecer las necesidades nacionales, ya que la mayoría de cebada es importada de países como Canadá, Argentina y en ocasiones Alemania y esto se da gracias a que años anteriores, la cebada que se producía a nivel nacional no alcanzaba los estándares que exige la industria cervecera para obtener malta de buena calidad (Ponce et al, 2009).

El proceso de malteado se aplica a granos de cereales, que se someten a una germinación mediante la intervención de agua, para proceder a un proceso de secado rápido y posteriormente a un tostado (Varela y Varela, 2019). Los granos que se sometieron a l malteado son capaces de desarrollar enzimas necesarias para convertir el almidón en una molécula más simple de sacarosa, el malteado de cebada es el más común en la industria de cereales, y esto se produce gracias a la gran cantidad enzimática que posee el grano y puede convertir de manera eficiente y completa el almidón (Loviso y Libkind, 2018).

El proceso comienza con el control de calidad de los granos cuando ingresa, midiendo los estándares de color, olor y tomando muestras del tamaño del grano para el malteado es necesario utilizar aquellos granos con mayor tamaño, cabe mencionar que en el proceso la humedad debe estar comprendida en valores que van desde 10% hasta máximo el 13%, si se encuentran valores superiores el grano debe someterse a un secado previo antes del almacenamiento igualmente el grano no debe ser almacenado más de 6 semanas ya que el germen pierde actividad. Posterior al control de calidad se debe realizar un proceso conocido como remojo, que tiene incidencia directa en la activación

enzimática para ello es necesario aumentar la humedad del grano variando de 30- 42% sumergiendo los granos en agua con una temperatura de 16 °C, tomando en cuenta que el agua en el proceso debe ser oxigenada para evitar que el grano se descomponga (Schabo et al., 2020).

Después del remojo viene el proceso de descanso que consiste en retirar los granos y se los deja reposar por un período de dos a tres días, manteniendo las condiciones de humedad y temperatura más adecuadas, para generar una germinación idónea del grano, es importante ventilar constantemente evitando la presencia de CO<sub>2</sub>. Luego del descanso ya aparecen los primeros indicios de germinación del embrión, durante el proceso las proteínas presentes se descomponen en moléculas más simples convirtiéndose en aminoácidos. Los granos rompen las paredes celulares del embrión y de betaglucanos, este proceso tiene una duración aproximada de 5 días y se obtiene la conocida malta verde (Wang et al, 2020).



*Figura 2.* Cebada iniciando el proceso de germinación

Recopilada de: International Journal of Food Microbiology

- **Producción y elaboración de cerveza**

A lo largo de la historia se ha visto la constante del consumo de bebidas alcohólicas, lo que se ha visto influenciado por el aumento de la población causando lo que se conoce como contaminación al suministro de agua, convirtiéndola en alcohol y bebidas. Se considera cerveza a toda bebida que ha pasado por un proceso de fermentación a base del malteo (cebada germinada), lúpulo, levadura y agua. La cerveza es la bebida alcohólica más común y antigua, a lo largo de la historia ha alcanzado gran aceptación en el consumo social y muchos lo han catalogado como bebida que es fuente de calorías, a diferencia de bebidas como el agua, leche u otras bebidas alcohólicas esta no presenta agentes infecciosos y se da gracias a la fermentación. En diversos continentes se elabora esta bebida a base de cebada, pero en países como en Japón se elabora con arroz. Se debe tomar cuenta que la cerveza depende del nivel de fermentación, aquellas que tienen mayor nivel de fermentación se denominan *ale*, otros tipos de cerveza de nivel de fermentación alta se conocen como *pale ale* o *bitter ale*. La cerveza con menor fermentación se consideran *lager* que usualmente es la mayor cantidad de cerveza producida en el mundo, puesto que este tipo se almacena por varias semanas para alcanzar una mayor maduración (Ho Seo et al., 2020).

Por otro lado, se han dado aportaciones a la cerveza con usos medicinales ya que la consideran como vasodilatadora y de gran importancia en la dieta para pacientes que sufren de anorexia y anemia, por su capacidad de metabolizarse rápidamente es considerada diurética. En algunas ocasiones gracias a la fermentación es recomendada la cerveza para mujeres en estado de lactancia. Uno de los países tradicionalmente productores de cerveza es Alemania y seguido Estados Unidos, presentado algunas variedades de cerveza que van entre claras y oscuras, pasteurizadas y no pasteurizadas (Betancur et al., 2020).

### 2.3 Calidad del grano de cebada

La calidad de las variedades de cebada se identifica gracias a la medición de manera objetiva que se determina realizando pruebas físicas y químicas, entre las pruebas físicas que caracterizan para la determinación de la calidad se observa el color, puesto que el grano debe tener un amarillo parecido a la paja y con cierto brillo, ya que de ahí se identifica que se ha realizado una cosecha adecuada en buenas condiciones sanitarias y de maduración. Algunas variedades de cebada pueden caracterizarse por tener diferentes colores sobre todo en las glumas, como pueden ser colores rojizos, negros y entre otros, pero en si todas las variedades consideradas cerveceras carecen de dichas coloraciones, por lo tanto, se suelen utilizar como marcadores las variedades forrajeras para evitar mezclas con variedades destinadas a cervecería. Se puede distinguir las diferentes variedades de cebada en donde se considera la especie de *Hordeum vulgare L*, especie netamente maltera, mientras que la especie *Hordeum distichon* y la *Hordeun hexastichon*, ambas especies son forrajeras (Hong y Zhang, 2020).

Tabla 1.

*Valores considerados para cerveza nacional*

<b>REQUISITOS</b>	<b>VALORES</b>
Humedad	13% (max)
Peso Hectolítrico	65 kg/hl (min)
Impurezas	2% (max)
Peso mil granos	34 g (min)

Adaptado de: (INEN, 2004)

### 2.3.1 Factores influyentes a la calidad

Se consideran algunos aspectos importantes que son influyentes en la calidad maltera, entre ellos se tiene los factores climáticos evidenciados como excesos de precipitaciones, sobre todo en el periodo final de maduración lo que provoca principalmente la decoloración del grano, siendo en un grado regular intensa y en algunas ocasiones presentando una coloración completamente negra puesto que se identifica presencia de hongos que perjudican de manera directa en la germinación y por ende en el proceso de malteado, aunque usualmente se presenta la decoloración en la parte de la punta del grano en varios países es sinónimo de rechazo; como en Australia que la presencia de cierta coloración negra hasta un 5% significa descalcificación de la planta otros países aceptan hasta un 12% (Fox y Watson-Fox, 2020).

En países europeos se evalúa la calidad de variedades de cebada maltera de acuerdo con una escala establecida conocida como European Brewery Convention (EBC) en donde únicamente se toma en cuenta atributos y características como: índice de Kolbach, extracto de molienda fina, poder diastásico y viscosidad del mosto; asimismo estableciendo una escala que va desde el 1 hasta el 9 para cada característica (Hoyle et al., 2020).

## 2.4 Caracterización

La caracterización es el proceso de diferenciación de la variabilidad genética que se considera heredable, mediante la toma de varios datos que tienen la finalidad de conocer cuantas variedades diferentes hay en una determinada zona o incluso un país de esta forma se permite describir a la especie vegetal en aspectos como función, forma y potencial uso industrial; asimismo se puede optimizar un buen manejo agrónomo y mejorar genéticamente la especie. El principal objetivo de la caracterización es dar a conocer o describir que valor tiene el germoplasma o incluso identificar correctamente la taxonomía, la

variabilidad fenotípica y los caracteres de valor agrónomo, y que relación tienen entre sí todas estas características (Velasco et al., 2020).

#### 2.4.1 Caracterización física

La caracterización física tiene una relación directa con la morfología del grano de cebada, asimismo se considera que los parámetros físicos deben ser evaluados con una interpretación fenotípica con respecto a la variedad que se evalúe. Según (Loviso y Libkind, 2018) hay varios parámetros que se deben considerar entre ellos están el peso hectolítrico, peso en mil granos, humedad, color, forma del grano y proteína.

- **Forma del grano**

Se considera que la forma del grano debe ser redondeada con una relación directa entre la superficie y el volumen, ya que mientras el grano sea más redondo y el surco central sea más cerrado el porcentaje de almidón será mayor, ya que la cantidad de cáscara será menor, es decir se consideran los granos más redondos como idóneos en el momento de evaluación de tamaño y forma. (Villacrés, 2010).

El tamaño del grano tendrá gran incidencia en el momento de malteo, ya que depende el ciclo de cebada, el momento de cosecha y el clima al cual fue sometida la siembra, mencionando de la misma forma que los granos de dos hileras tienen el grano más grueso y poseen una cáscara más delgada, lo que facilita de gran manera la germinación. Se debe tomar en cuenta que para lograr una cerveza de excelente calidad los granos deben ser uniformes, es decir deben germinarse en el mismo tiempo por lo que es necesario que los granos tengan

más o menos el mismo tamaño y no hayan sido germinados antes de la recolección y deben tener un nivel proteico que no supere el 10%. (INIA, 2010)

- **Peso mil granos**

La medición y análisis de peso expresado en mil gramos se utiliza principalmente para calcular la densidad de la semilla, asimismo se establece la cantidad necesaria de semillas que se requieren directamente para la siembra. El resultado es una estimación en base a la semilla pura detallando numéricamente de una cantidad determinada de semillas. Este parámetro relaciona especialmente la cantidad de almidón que conserva el grano, si el grano tiene un peso mayor a mil granos tiene una mayor incidencia en la calidad de grano molido. (Tessarini et al., 2021)

- **Peso Hectolítrico**

Es un factor importante tomado en cuenta la comercialización forrajera de granos, el peso hectolítrico tiene relación directa con el rendimiento harinero, puesto que si un grano se encuentra bien desarrollado tendrá un mayor rendimiento de harina que un grano delgado. La unidad en la que se toma en cuenta el peso hectolítrico es kg/hl ya que corresponde al peso del grano y el volumen.

- **Humedad**

La humedad del grano es un parámetro que se evalúa en la postcosecha y tiene incidencia directa con el almacenamiento y el buen manejo de la semilla, ya que representa una cuestión vital puesto que es el determinante para evitar la

presencia de hongos y levaduras que puedan atacar al grano. La temperatura y humedad. (Lopez, 2005)

La humedad de la malta o del grano germinado se determina por la cantidad de agua disponible del grano una vez germinado y estabilizado, este parámetro debe medirse después del secado. La humedad no puede ser alta ya que puede disminuir la vida útil de la malta y alterar significativamente el sabor y aroma del mosto cervecero y es por lo que se debe mantener la malta bajo condiciones de temperatura que no sobrepasen los 15 °C (Hayward et al., 2019).

- **Color**

El parámetro de color depende del producto final que se desea obtener, ya que aquellas que se consideren con un color más opaco u oscuro serán aquellas con tonalidades de cerveza más oscuras, mientras que aquellas que tengan un amarillo más claro serán destinadas para elaboración de cerveza más clara.

- **Proteína**

La proporción como tal de proteínas solubles tanto de globulinas y albúminas con relación a la proteína total es considerablemente alta, lo que se evidencia como el 25% además se evidencia que el grano contiene también otro 52% de hordeínas y el 23% de gluteninas, por ello se identifica que la cantidad de proteína con respecto a otros granos es relativamente alta. (Salgado y Herrera, 2015). la presencia de enlaces proteína- proteína son estabilizantes para la espuma de la cerveza y son responsables para la estabilidad de la cerveza y su sabor. (Li y Liu, 2015). Una buena filtración es importante para la determinación de proteína presente en el mosto.

- **Turbidez**

La medición de turbidez es un parámetro importante al momento de la obtención del mosto y esto se da directamente a la cantidad de sólidos que se encuentran suspendidos en la solución, que puede afectar directamente en la medición de proteína y por ende en la fermentación del mosto en unidades NTU que son las más adecuadas en el proceso de fermentación por el desarrollo de levaduras. La fermentación del mosto con una turbidez óptima significa una mejor calidad de cerveza, pero se debe considerar que la turbidez no debe ser totalmente eliminada ya que las levaduras pueden quedar sin extracto para fermentar y formando precipitados

#### 2.4.2 Parámetros químicos

Para comenzar con el proceso de fermentación es necesario formar el mosto, y ello se obtiene mediante el calentamiento del grano de cebada, previamente molida y llevada a una temperatura de 70 °C con el fin de provocar precipitación de proteínas que serán filtradas, el mosto que ya se obtiene en conjunto con el lúpulo y la presencia de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) para comenzar el proceso de fermentación. La fermentación es uno de los procedimientos más importantes para la obtención de cerveza, puesto que los carbohidratos se convierten en etanol y dióxido de carbono. La principal finalidad de la fermentación microbiana es la obtención de la energía necesaria para que los organismos unicelulares anaeróbicos puedan sobrevivir (Gonzalez et al., 2019). Los parámetros que se establecen son alfaamilasa y poder diastásico que son los principales para determinación de la calidad que tendrá la cerveza.

- **Alfa amilasa**

Este valor representa la cantidad de enzimas presentes de la malta. La alfa amilasa, como las diastasas son enzimas presentes en el grano germinado, está principalmente se encarga de romper las largas cadenas de amilopectina y almidón para generar cadenas largas de dextrinas y amilasas, se activan a una temperatura promedio de 70 °C esto permitirá que el mosto tenga un buen equilibrio de fermentación y cuerpo. Se debe considerar que la dextrina no es azúcar fermentable, asimismo no tiene sabor, pero da una buena sensación y cuerpo a la cerveza (Van Dom et al., 2019).

La amilosa se considera un polímero de glucosa que contiene alrededor de 3500 unidades de este, con un peso molecular de 700 000 daltons, que tiene variación de cada grano con respecto al estado de maduración de este y la amilopectina es un polisacárido cuyos restos principales de glucosa están unidos en enlaces alfa 1-4 como en amilosa y pueden presentarse en ramificaciones alfa 1-6 que se encuentran localizadas cada 23 unidades de glucosa lineales. Para la obtención de almidón hidrolizado se puede obtener con la aplicación de ácido clorhídrico que convierte parcialmente el almidón en enlaces D-glucosa para posteriormente recuperar el almidón no hidrolizado por filtración (Fernandez, 2016).

- **Poder diastásico**

La determinación del poder diastásico es importante para saber el poder enzimático que tiene la malta y que cantidad de almidón se convertirá en azúcares fermentables, esta reacción es importante en el macerado ya que se debe tomar en cuenta una temperatura constante evitando precipitados en el macerado, de la misma forma se debe tomar en cuenta los reactivos utilizados ya que de ellos dependerá directamente la titulación posterior. La medición final de este parámetro se lo realiza aplicando los granos Lintner (°L) si el poder

diastásico de la malta es demasiado bajo, esta tardará más tiempo en convertir el almidón en azúcar o por lo mismo se deberá realizar una mezcla de granos para lograr aumentar el poder (Van Dom et al., 2019).

- **Índice de Kolbach**

El índice de Kolbach es una determinación de datos gracias a la cantidad que se obtiene de proteína soluble y proteína total, es decir se compara los porcentajes obtenidos. Este indicador es primordial para conocer la modificación de la malta y conocer su potencial enzimático y por lo tanto saber la capacidad de rendimiento que tendrá al momento de transformar los azúcares más compuestos, en simples para lograr una buena fermentación. Se toma en cuenta que la cantidad de proteína soluble del grano es directamente proporcional a la cantidad de nitrógeno soluble presente. (Henrik , 2017)

- **Porcentaje de extracto**

El porcentaje de extracto es uno parámetro utilizado es la cantidad de compuestos orgánicos que están presentes en el mosto antes de estar en el proceso de fermentación, es decir la cantidad que se tiene de malta de lúpulo y de otros compuestos la cantidad de extracto no debe ser alto para garantizar una buena formulación al momento de obtener una cerveza (Gutierrez et al., 2020).

## 2.5 Variedades de cebada

El aroma, sabor y apariencia de la cerveza se ve notablemente influenciado por diversos factores propios de la planta de cebada, como el sitio de cultivo, condiciones climáticas a las cuales la especie ha sido sometida, manejo correcto

tanto del campo como del malteo y asimismo de la post cosecha. Los factores mayormente predominantes que son propios de la especie, se encuentra la variedad y genotipo para determinación de la calidad maltera y por ende el producto final cerveza. La primera variedad maltera producida en el Ecuador fue una cruce genética realizada en el Iniap en el año 2003, cuyo nombre es variedad Cañicapa caracterizada por contener alto contenido proteico; es una variedad de dos hileras que posee el grano ovalado y grande, la variedad es recomendada para ser sembrada en zonas de provincias como Cañar y Loja que cuenta con altitudes que van desde los 2 400 a 3 200 msnm además tiene alta resistencia a enfermedades como roya amarilla y algunos tipos de *Fusarium*. El grano de este tipo de variedad se caracteriza por ser de color amarillo claro y la planta, se puede obtener cerveza tanto clara como oscura de esta variedad, ya que el mosto obtenido no es amargo eso se da gracias a la cantidad de proteína que posee la especie que es de 13, 99 de la misma forma se debe tomar en cuenta que la cosecha debe realizarse en época seca cuando la humedad del grano no sobrepase el 15% (Villacrés, 2010).

Otra de las variedades mayormente sembradas en el territorio nacional, gracias a un programa exhaustivo de cereales aplicado por el Iniap en el año 2009 se conoce como Metcalfe y es una variedad canadiense, capaz de adaptarse a condiciones edáficas y climáticas, el rendimiento que alcanzó es de 4 t/ha, asimismo muestra resistencia a enfermedades como roya amarilla, roya de hoja y escaldadura. La variedad Metcalfe muestra un mayor rendimiento en zonas ubicadas en la provincia de Imbabura con una altitud promedio de 2 600 msnm, teniendo en cuenta que los valores de proteína no deben ser menores a 12%. Se debe tomar en cuenta que la mayor limitante de la industria cervecera del país es la falta de variedades nacionales que cumplan con los estándares de calidad maltera que exige la industria para tener un procesamiento adecuado, por ello en el estudio de variedades cerveceras no es únicamente esencial el rendimiento, sino también la calidad en el procesamiento y azúcares que contenga el mosto. En variedades que son consideradas como cerveceras es de importancia prestar atención a la fertilización a base de nitrógeno, ya que es

un factor determinante para un correcto rendimiento, una correcta calidad maltera y asegurar bajos costos de producción (Moreano y Villacrés, 2010).

### 3. CAPITULO III METODOLOGÍA

#### 3.1 Zona de muestreo

Se realizó la toma de muestras de nuevas líneas de cebada maltera, las cuales previamente pasaron por un proceso de secado y una molienda, que se obtuvieron de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la provincia de Pichincha en el Cantón Mejía, parroquia Cutuglagua.



*Figura 3. Ubicación de Estación Experimental Santa Catalina- INIAP*

Recopilada de: Google Maps, 2020

##### 3.1.1 Toma y procesamiento de muestras de cebada

De la misma forma que en la zona de muestreo se realizó el análisis en el laboratorio de la Estación Experimental de Santa Catalina, con 38 nuevas líneas

que se encontraron en el mismo estado fenológico y de cultivo, aplicando posteriormente una molienda gruesa y después molienda fina para el desarrollo de las pruebas tanto físicas como químicas con dos repeticiones y tomando en cuenta dos testigos de variedades malteras que ya son variedades establecidas y estudiadas por el Iniap, estas son Metcalfe y Scarlett, las repeticiones se realizaron para tener mayor aceptabilidad de los datos obtenidos y sobre todo para la evaluación estadística.

Las características evaluadas se tomaron en cuenta del grano y del mosto, para mantener una uniformidad tanto en datos químicos como físicos, con lo que se puede establecer diferencias entre las líneas presentadas y los testigos. Estadísticamente se utilizó un Diseño Completamente al azar más dos para todas las pruebas realizadas.

### 3.2 Análisis Físico

#### 3.2.1 Peso 1000 granos

Se obtienen mediciones en una balanza analítica del peso de 5 semillas para posteriormente obtener una sumatoria de los mismos para finalmente tener un peso promedio de las mediciones. Se aplica la formula siguiente:

$$\text{Peso de mil semillas} = \frac{\text{Peso (g) de la muestra de trabajo}}{\text{Número de semillas de la muestra}} \times 100$$

#### 3.2.2 Peso Hectolítrico

Se considera la estimación de peso hectolítrico en una balanza analítica tomando como referencia una muestra de 1000 g, con cada unidad experimental de semilla de cebada expresando el resultado en kg/hectolítrico, se toma en cuenta

un recipiente que contenga 1000 ml colocando el cereal hasta enrasar el envase que ha sido previamente tarado, para pesar (López et al., 2005). Tomando en cuenta que el peso hectolítrico se realizó con el grano en perfecto estado, libre de impurezas y aquellos granos rotos, se determina el volumen que ocupa los granos en un recipiente de un litro; es decir se determina el peso en volumen del grano

### 3.2.3 Humedad del grano

Se determina aplicando una molienda fina al grano, para proceder con el pesaje de 2 gr en promedio de cada muestra, se aplica un secado en la estufa a 30 °C por aproximadamente 14 hora. Tomando en cuenta que se pesó la muestra inicial, se debe igualmente pesar la muestra después del secado, aplicando una diferencia de pesos para finalmente multiplicarlo por 100 y obtener el resultado en porcentaje (Tirado et al., 2014).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso final del grano seco}}{\text{Peso inicial del grano húmedo}} \times 100$$

### 3.2.4 Parámetros físicos obtenidos a partir de la maceración del Mosto

Después del proceso de malteo, se procede a la maceración mediante un Rotavapor, aplicando agua destilada y el grano de cebada molida. Se toman 20 g de muestra con 135 ml de agua destilada por un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 45 °C, posteriormente aumenta la temperatura a 70 °C por 60 minutos. La pasta que se obtiene tendrá cierta cantidad de sólidos por lo que es necesario que se maneje una filtración y a partir del filtrado, se obtienen los parámetros físicos de: tiempo de filtrado, grados °brix y turbidez.

#### 3.2.4.1 Tiempo de filtrado

Se maneja un tiempo en minutos de las muestras sometidas al Rotavapor, utilizando embudo y papel filtro. El resultado se obtiene tomando en cuenta un cronómetro identificando desde la primera gota que cae hasta obtener el producto filtrado, se anota el tiempo por cada muestra tomada y se realiza el análisis estadístico.

#### 3.2.4.2 Turbidez

El procedimiento de turbidez se utiliza para medir la cantidad de partículas y la transparencia presente en la suspensión de un líquido, en este caso el mosto; para la medición se utiliza un nefelómetro o un turbidímetro que arroja resultado en grados FAU (Obreque, 2015).

#### 3.2.5 Proteína

La determinación de proteína se utiliza para la medición de porcentaje de proteína presente tanto en el mosto, como en la malta. El método utilizado es Kjeldahl, tomando como referencia 3 ml de muestra llevándola a ebullición para saturar la mayor cantidad de agua, posteriormente se lleva a la digestión con 1 g de catalizador y 2,5 ml de ácido sulfúrico por un tiempo aproximado de 90 minutos evitando el desperdicio de la muestra. Se prosigue con la destilación aplicando 10 ml de ácido bórico, 1 ml de catalizador y 12 ml de hidróxido de sodio. La destilación utilizada es el método fraccionada, ya que se separan sucesivamente los líquidos de la muestra aprovechando la diferencia de sus puntos de ebullición. (Lanza et al., 2016)

### 3.3 Análisis Químico

#### 3.3.1 Poder Diastático

Para este procedimiento es primordial la aplicación de baño maría de la malta molida con cloruro de sodio manteniendo una temperatura constante de 20 °C. En el momento de la titulación con tiosulfato de sodio se identifica si la malta tiene suficiente enzima para modificar todo su almidón y se considera que tiene alto poder diastático.

#### 3.3.2 Alfa amilasa

Se aplica un método inicial similar al que se aplicó para el poder diastático, pero se toma en cuenta el mantener una temperatura constante, y verificar la efectividad de los reactivos utilizados, ya que son los responsables de estabilizar las reacciones. Se toma el tiempo de cambio de color entre los tratamientos que tiene en su composición solución de dextrinas.

### 3.4 Identificación de la mejor línea de cebada maltera

Se realiza una comparación entre los testigos del Iniap que son la variedad Metcalfe y la variedad CM- 09-003 con las 38 líneas evaluadas, con el objetivo de determinar que tratamiento será el que mayor relación tiene con las variedades malteras.

### 3.5 Análisis Estadístico

Tanto para los análisis físicos y químicos se tendrá un promedio de las dos repeticiones realizadas, en función de la desviación estándar de cada variedad presentada con respecto a la diferenciación de los dos testigos presentes. Los datos se sometieron a un Diseño Completamente factorial de 38x2, es decir 38 son las variedades utilizadas con dos repeticiones y dos testigos; las variedades testigos tomadas como referencia son la variedad Metcalfe y la variedad Scarlett que se consideran netamente malteras desarrolladas en el INIAP.

## **4. CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Parámetros físicos**

Se identifica la media aritmética de los diferentes parámetros físicos de los tratamientos del grano de cebada, dato tomado de acuerdo con las 3 repeticiones, se consideró que el cultivo de la especie tuvo una temperatura que oscila entre 16 a 18 °C. Los cuadros se establecen de manera descendente, la presencia de varios rangos estadísticos se identifica que se presentaron fluctuaciones debido a cambios de temperatura, precipitaciones y viento debido a la zona geográfica que se encuentra la estación. Se identificó la estadística mediante una prueba Tukey al 5% que presentó diferencias significativas entre los tratamientos realizados, mencionando igualmente que todas las líneas tuvieron el mismo tiempo de cultivo, aplicando la misma fertilización. Tanto la proteína soluble como la proteína total se realizó mediante el método de Kjeldahl y depende de cada variedad para la determinación porcentual de proteína.

#### **4.1.1 Peso mil granos, peso hectolítrico e índice de llenado**

Según (Hoffman et al., 2012) se identifica que el valor promedio que debe tener el peso de mil granos o mil semillas es de 52 g, ya que mantiene las características idóneas de siembra y cosecha. Por ende, se considera que las

líneas pertenecientes al rango AB son las que cumplen con el parámetro. que son: 26, 28, 32, 21 que tiene una media que varía entre 51,66 a 52 g.

Tabla 2.

*Media aritmética del parámetro de peso de mil granos, de 38 líneas de cebada.*

*Mediante prueba de Tukey al 5%*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>
31	54,08 <b>A</b>
26	52 <b>A B</b>
28	51,89 <b>A B</b>
32	51,66 <b>A B</b>
21	51,66 <b>A B</b>
27	50,76 <b>A B C</b>
33	50,06 <b>A B C</b>
23	48,07 <b>B C D</b>
20	47,95 <b>B C D</b>
24	46,87 <b>C D E</b>
19	45,74 <b>D E F</b>
22	44,79 <b>D E F</b>
25	44,79 <b>D E F</b>
35	43,28 <b>E F G</b>
34	43,06 <b>E F G</b>
13	42,89 <b>E F G</b>
16	41,9 <b>F G H</b>
36	39,61 <b>G H I</b>
29	39,46 <b>G H I</b>
15	39,45 <b>G H I</b>
3	38,76 <b>H I J</b>
2	37,89 <b>H I J K</b>
1	37,18 <b>I J K L</b>
17	36,97 <b>I J K L</b>
30	36,27 <b>I J K L M</b>
14	35,59 <b>I J K L M</b>
18	35,34 <b>J K L M N</b>
10	34,36 <b>K L M N O</b>
7	33,49 <b>L M N O P</b>
5	32,67 <b>M N O P Q</b>
4	31,31 <b>N O P Q</b>

9	30,78	O P Q R
6	29,99	P Q R
8	29,11	Q R
12	28,89	Q R
11	27,22	R

En los parámetros tanto de peso hectolítrico, como índice de llenado se los puede identificar en la tabla 3. Según (Lopez, 2005) detalla que el peso hectolítrico del grano de cebada debe estar en un promedio de 60,3 kg/hl, este parámetro es fundamental en la determinación de la densidad del cultivo por hectáreas sembradas. Las líneas que más se acercan al valor estimado con los datos de la bibliografía son las pertenecientes al rango MNO que son: 6, 9 y 24.

Asimismo, en la Tabla 3 se visualiza el parámetro físico de índice de llenado, la literatura identifica que el índice de llenado debe ser de 580, se procede a tomar las líneas que pertenecen al rango GHIJ pertenecientes a las líneas 10, 2, 1 y 23 correspondiente al dato de 578, se procede a tomar esas variedades como las más idóneas para los ensayos científicos ya que son aquellas que sean más cercanas a lo indicado por la literatura.

Tabla 3.

*Media aritmética del parámetro de peso hectolítrico e índice de llenado, de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%*

PESO HECTOLÍTRICO		ÍNDICE DE LLENADO	
TRATAMIENTOS	MEDIA ARTIMÉTICA	TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA
26	72,67 <b>A</b>	24	612 <b>A</b>
1	70,33 <b>A B</b>	31	596 <b>B</b>
19	69,67 <b>A B C</b>	26	594 <b>B C</b>
27	68,67 <b>B C D</b>	28	594 <b>B C</b>

5	68,33	<b>BCDE</b>	32	594	<b>BC</b>
11	68	<b>BCDEF</b>	33	592	<b>BCD</b>
29	67,67	<b>BCDEFG</b>	25	592	<b>BCD</b>
33	67,33	<b>BCDEFG</b>	27	592	<b>BCD</b>
14	67,33	<b>BCDEFG</b>	21	588	<b>CDE</b>
15	66,67	<b>CDEFG</b>	22	586	<b>DEF</b>
12	66	<b>DEFGH</b>	29	584	<b>EFG</b>
13	66	<b>DEFGH</b>	34	584	<b>EFG</b>
36	66	<b>DEFGH</b>	35	582	<b>EFGH</b>
18	65,67	<b>DEFGHI</b>	20	582	<b>EFGH</b>
7	65,33	<b>DEFGHIJ</b>	3	580	<b>FGHI</b>
2	65,33	<b>DEFGHIJ</b>	10	578	<b>GHIJ</b>
10	65	<b>EFGHIJK</b>	2	578	<b>GHIJ</b>
20	65	<b>EFGHIJK</b>	1	578	<b>GHIJ</b>
4	65	<b>EFGHIJK</b>	23	578	<b>GHIJ</b>
3	64,67	<b>FGHIJK</b>	13	576	<b>HIJ</b>
31	64,67	<b>FGHIJK</b>	16	574	<b>IJK</b>
30	64,33	<b>GHIJKL</b>	15	572	<b>JK</b>
34	64,33	<b>GHIJKL</b>	36	572	<b>JK</b>
21	64,33	<b>GHIJKL</b>	19	568	<b>K</b>
16	63	<b>HIJKLM</b>	17	556	<b>L</b>
32	62,33	<b>IJKLMN</b>	7	556	<b>L</b>
8	62	<b>JKLMN</b>	30	556	<b>L</b>
22	61,67	<b>KMNL</b>	18	546	<b>M</b>
25	61	<b>LMNO</b>	14	546	<b>M</b>
6	60,67	<b>MNO</b>	4	544	<b>MN</b>
9	60,67	<b>MNO</b>	9	542	<b>MN</b>
24	60,67	<b>MNO</b>	5	540	<b>MNO</b>
28	59	<b>NOP</b>	6	538	<b>NO</b>
35	58	<b>OP</b>	12	534	<b>O</b>
23	57,67	<b>OP</b>	8	534	<b>O</b>
17	56,33	<b>P</b>	11	514	<b>P</b>

#### 4.1.2 Humedad del grano y Humedad de la malta.

Según (FAO, Almacenamiento de granos en propiedades rurales, 2015) establece que la humedad del grano a una temperatura promedio de 15,5 °C debe ser de 13%, se toma en cuenta que la línea que mayormente se acerca a

la cantidad de humedad establecida por la bibliografía es la línea 3 que pertenece al rango JKL con un valor de 13,02%.

Según (INIA, 2010) la humedad de la malta debe ser de 5%. Se acepta la línea 18 con rango I ya que tiene una humedad de 5,03% y la línea 2 con rango J que tiene una humedad de 4,98%.

Tabla 4.

*Media aritmética del parámetro de humedad del grano y malta de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%.*

<b>% DE HUMEDAD DEL GRANO</b>			<b>% DE HUMEDAD DE LA MALTA</b>		
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICAS</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA ARTIMÉTICA</b>	
26	16,07	<b>A</b>	35	6,35	<b>A</b>
27	15,77	<b>A B</b>	20	5,91	<b>B</b>
20	15,76	<b>A B</b>	33	5,85	<b>C</b>
17	15,39	<b>B C</b>	34	5,65	<b>D</b>
32	15,36	<b>B C</b>	24	5,64	<b>D</b>
15	15,24	<b>B C D</b>	22	5,63	<b>D</b>
14	15,24	<b>B C D</b>	23	5,57	<b>E</b>
19	15,18	<b>C D</b>	25	5,5	<b>F</b>
13	14,91	<b>C D E</b>	16	5,5	<b>F</b>
16	14,79	<b>D E F</b>	17	5,41	<b>G</b>
21	14,62	<b>E F</b>	36	5,41	<b>G</b>
18	14,48	<b>E F G</b>	9	5,41	<b>G</b>
24	14,45	<b>E F G</b>	8	5,3	<b>H</b>
22	14,33	<b>F G</b>	7	5,27	<b>H</b>
23	14,32	<b>F G</b>	19	5,06	<b>I</b>
35	13,97	<b>G H</b>	18	5,03	<b>I</b>
1	13,7	<b>H I</b>	2	4,98	<b>J</b>
33	13,7	<b>H I</b>	4	4,97	<b>J</b>
2	13,43	<b>H I J</b>	5	4,87	<b>K</b>
8	13,29	<b>I J</b>	31	4,79	<b>L</b>
28	13,22	<b>I J K</b>	14	4,79	<b>L</b>
3	13,02	<b>J K L</b>	21	4,77	<b>L</b>
11	12,67	<b>K L M</b>	6	4,69	<b>M</b>

7	12,65	<b>LM</b>	10	4,63	<b>N</b>
10	12,54	<b>LM</b>	26	4,63	<b>N</b>
12	12,5	<b>LM</b>	27	4,63	<b>N</b>
5	12,26	<b>MN</b>	11	4,57	<b>O</b>
9	12,24	<b>MN</b>	28	4,57	<b>O</b>
34	11,9	<b>NO</b>	3	4,5	<b>P</b>
4	11,89	<b>NO</b>	15	4,48	<b>P</b>
36	11,64	<b>OP</b>	29	4,47	<b>P</b>
30	11,61	<b>OP</b>	12	4,47	<b>P</b>
25	11,59	<b>OP</b>	32	4,47	<b>P</b>
6	11,31	<b>P</b>	13	4,46	<b>P</b>
29	11,22	<b>P</b>	30	4,46	<b>P</b>
31	9,73	<b>Q</b>	1	4,04	<b>Q</b>

#### 4.1.3 Parámetros obtenidos de la maceración del mosto: Turbidez y Tiempo de filtrado.

Según (Bando et al., 2013) se establece que el mejor dato de turbidez debe ser menor a 10 NTU, ya que de esa forma hay la menor cantidad de sólidos disueltos. En base a la tabla 4 obtenida se puede verificar que hay diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos, pero se toma como válidos aquellos que corresponden a las líneas: 20, 22, 19, 18, 23, 21, 35, 24, 33 y 9 que son aquellas variedades que tienen una turbidez de 8 (NTU).

Según (Gonzalez et al., 2019) una correcta filtración tiene un tiempo estimado de 18 minutos considerando asimismo el tipo de embudo, el papel filtro y el material donde se verterá el líquido filtrado que se recomienda sea vidrio. Como se observa en la tabla 5 se procede a tomar la línea 24 que tiene el rango AB con una media de 18,33.

Tabla 5.

Media aritmética del parámetro de turbidez y tiempo de filtrado de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%.

TURBIDEZ (FAU)		TIEMPO DE FILTRADO (min)	
TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICAS	TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA
26	184 A	33	19,33 A
25	119,67 B	20	19,33 A
4	37,67 C	24	18,33 AB
28	32,67 CD	25	17,33 AB
32	31,67 CDE	36	17,33 AB
8	27,67 DEF	17	17,33 AB
7	26 DEFG	23	16,33 ABC
6	25,67 DEFG	12	16,33 ABC
5	25,33 DEFG	21	16,33 ABC
15	23,33 EFGH	34	15,33 ABC
27	23 FGH	4	15,33 ABC
11	19,67 FGHI	3	15,33 ABC
13	19,33 FGHI	32	15,33 ABC
10	18,67 GHI	35	15,33 ABC
12	18,67 GHI	2	15,33 ABC
1	18 GHIJ	1	15,33 ABC
2	17,67 GHIJ	30	14,33 ABC
31	16,67 HIJ	11	14,33 ABC
3	16,33 HIJK	18	14,33 ABC
29	14 IJK	29	13,33 ABC
14	13,67 IJK	27	13,33 ABC
16	13,33 IJK	31	12,33 ABC
17	11,67 IJK	22	12,33 ABC
30	11,67 IJK	26	12,33 ABC
36	10 JK	10	12,33 ABC
20	8 K	9	11,33 ABC
22	8 K	15	11,33 ABC
19	8 K	13	11,33 ABC
18	8 K	28	11,33 ABC
23	8 K	8	10,33 BC
21	8 K	6	10,33 BC
35	8 K	7	10,33 BC
24	8 K	5	10,33 BC
33	8 K	14	8,33 C
34	8 K	19	8,33 C
9	8 K	16	8,33 C

#### 4.1.4 Proteína soluble y Proteína total

Según las investigaciones realizadas por (López, 2011) estableciendo que la proteína soluble debe tener un promedio de 3,5% en análisis de laboratorio aplicando la digestión adecuada. Gracias a la bibliografía obtenida se toma como referencia que las mejores líneas que tienen la proteína soluble son: 23 y 26 que pertenecen al rango LM con un valor de 3,58% de proteína.

Se considera que la cantidad de proteína total debe ser de 12% la tabla 6 muestra que el mejor tratamiento es el perteneciente al rango A de las líneas 1, 2 y 32 con una media de 12,12% de proteína total.

Tabla 6.

*Media aritmética del parámetro de proteína soluble y proteína total de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%.*

PROTEÍNA SOLUBLE		PROTEÍNA TOTAL	
TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA
7	4,94 <b>A</b>	1	12,15 <b>A</b>
34	4,84 <b>A B</b>	32	12,12 <b>A</b>
31	4,73 <b>A B C</b>	2	12,12 <b>A</b>
4	4,66 <b>A B C D</b>	30	11,54 <b>A B</b>
17	4,63 <b>A B C D E</b>	26	11,54 <b>A B</b>
9	4,53 <b>B C D E F</b>	11	11,54 <b>A B</b>
35	4,47 <b>C D E F G</b>	31	11,25 <b>A B C</b>
18	4,45 <b>C D E F G H</b>	8	10,95 <b>B C</b>
36	4,45 <b>C D E F G H</b>	9	10,95 <b>B C</b>
16	4,44 <b>C D E F G H</b>	5	10,37 <b>C D</b>
14	4,44 <b>C D E F G H</b>	29	10,37 <b>C D</b>
33	4,44 <b>C D E F G H</b>	27	9,79 <b>D E</b>
8	4,4 <b>D E F G H</b>	3	9,79 <b>D E</b>
15	4,39 <b>D E F G H</b>	13	9,79 <b>D E</b>
29	4,32 <b>E F G H I</b>	4	9,79 <b>D E</b>

30	4,3	<b>FGHI</b>	6	9,79	<b>DE</b>
6	4,29	<b>FGHI</b>	28	9,5	<b>DEF</b>
13	4,17	<b>GHIJ</b>	10	9,2	<b>EF</b>
28	4,14	<b>HIJ</b>	15	9,2	<b>EF</b>
24	4,02	<b>IJ</b>	12	9,03	<b>EF</b>
22	3,96	<b>J</b>	19	8,62	<b>FG</b>
32	3,91	<b>JK</b>	7	8,62	<b>FG</b>
5	3,88	<b>JKL</b>	34	8,62	<b>FG</b>
11	3,61	<b>KLM</b>	20	8,04	<b>GH</b>
12	3,6	<b>KLM</b>	22	7,45	<b>HI</b>
23	3,58	<b>LM</b>	21	7,45	<b>HI</b>
26	3,58	<b>LM</b>	36	7,45	<b>HI</b>
27	3,48	<b>MN</b>	24	7,45	<b>HI</b>
25	3,44	<b>MNO</b>	35	7,45	<b>HI</b>
10	3,33	<b>MNOP</b>	33	7,45	<b>HI</b>
19	3,23	<b>NOP</b>	14	6,87	<b>I</b>
21	3,22	<b>NOP</b>	23	6,87	<b>I</b>
3	3,12	<b>OP</b>	18	6,87	<b>I</b>
2	3,11	<b>P</b>	17	5,88	<b>J</b>
1	3,01	<b>P</b>	16	3,95	<b>K</b>
20	3,01	<b>P</b>	25	2,79	<b>L</b>

## 4.2 Parámetros químicos

### 4.2.1 Poder diastásico y Alamilasa

Tomando como referencia a la bibliografía se considera que las líneas con menor poder diastásico podrían descartarse o realizar una mezcla de granos con aquellas líneas con mayor poder. En la tabla 7 se identifica que la línea 3 perteneciente al rango A es aquella con mayor cantidad de enzimas diastatas, mientras que la línea 32 con el rango N tiene la menor cantidad de enzimas diastatas, por lo que se tomaría la 3 y se descarta la 32.

Se considera que la línea del tratamiento 2 perteneciente al rango A es la que mayor presencia de enzimas presente, asimismo el tratamiento perteneciente a

la línea 33 y al rango d presentó menor cantidad de enzimas, esto pudo causar que en ciertos tratamientos no se presentó una temperatura constante y un no se agitó las muestras de manera uniforme.

Tabla 7.

*Media aritmética el parámetro de poder diastásico y alfaamilasa de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%.*

PODER DIASTÁSICO		ALFAMILASA	
TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA	TRATAMIENTOS	MEDIA ARITMÉTICA
3	211,11 <b>A</b>	2	63,6 <b>A</b>
23	210,96 <b>A</b>	1	43,96 <b>B</b>
24	208,57 <b>A B</b>	3	43,5 <b>C</b>
2	207,11 <b>A B</b>	10	43,37 <b>D</b>
19	204,77 <b>A B C</b>	9	42,59 <b>E</b>
21	199,12 <b>A B C D</b>	30	27,54 <b>F</b>
8	197,69 <b>A B C D E</b>	32	27,53 <b>F</b>
34	195,88 <b>A B C D E</b>	12	27,53 <b>F</b>
22	195,83 <b>A B C D E</b>	11	27,43 <b>G</b>
17	192,85 <b>B C D E</b>	28	27,43 <b>G</b>
9	192,85 <b>B C D E</b>	6	27,31 <b>H</b>
1	192,59 <b>B C D E</b>	31	27,21 <b>I</b>
30	188,41 <b>C D E F</b>	5	27,13 <b>J</b>
4	188,17 <b>C D E F</b>	4	27,03 <b>K</b>
26	186,23 <b>D E F</b>	7	26,73 <b>L</b>
18	184,49 <b>D E F</b>	8	26,7 <b>L</b>
20	181,11 <b>E F G</b>	22	26,37 <b>M</b>
11	181,08 <b>E F G</b>	24	26,36 <b>M</b>
12	180,89 <b>E F G</b>	13	23,78 <b>N</b>
6	171,24 <b>F G H</b>	29	19,53 <b>O</b>
33	168,24 <b>G H I</b>	26	19,37 <b>P</b>
35	159,25 <b>H I J</b>	27	19,37 <b>P</b>
5	158,94 <b>H I J</b>	21	19,23 <b>Q</b>
14	151,24 <b>I J K</b>	19	18,94 <b>R</b>
27	150,99 <b>I J K</b>	16	18,5 <b>S</b>
36	149,71 <b>J K L</b>	34	18,35 <b>T</b>
15	145,73 <b>J K L</b>	20	18,09 <b>U</b>
16	144,77 <b>J K L</b>	35	17,65 <b>W</b>

7	144,41	<b>J K L</b>	15	14,72	<b>X</b>
29	140,69	<b>K L</b>	14	14,41	<b>Y</b>
25	137,15	<b>K L M</b>	18	14,17	<b>Z</b>
10	133,38	<b>L M</b>	36	13,79	<b>a</b>
28	133,3	<b>L M</b>	17	13,79	<b>a</b>
13	123,09	<b>M</b>	25	13,7	<b>b</b>
31	88,22	<b>N</b>	23	13,63	<b>c</b>
32	87,93	<b>N</b>	33	13,35	<b>d</b>

#### 4.2.2 Índice de Kolbach y Porcentaje de extracto

Según (Betancur et al., 2020) el valor óptimo debe ubicarse en 41% ya que de esa forma se considera una cerveza con buena cantidad de proteína, y óptimo desarrollo de levaduras, de la misma forma si se presentan valores superiores a 45% se considera una malta demasiado modificada y generará cerveza de poco cuerpo y sabor más amargo de lo habitual. Según la tabla 8 se considera que el mejor tratamiento pertenece a la línea 9 del rango HIJKL ya que tiene un valor de 41,41% que se acerca a lo dicho por el autor.

En la tabla 8 se identifican los tratamientos con gran diferencia significativa y esto se da a la gran variedad que existe entre una línea y otra por lo tanto se procede a tomar la línea 19 que tiene un porcentaje de extracto de 73,74% que es lo que consideran algunas variedades malteras tomadas de la bibliografía según (Fernandez, 2016).

Tabla 8.

*Media aritmética el parámetro de Índice de Kolbach y porcentaje de extracto de 38 líneas de cebada. Mediante prueba de Tukey al 5%.*

ÍNDICE DE KOLBACH	% DE EXTRACTO
-------------------	---------------

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>	
25	124,39	<b>A</b>	22	84,43	<b>A</b>
16	112,77	<b>B</b>	8	79	<b>B</b>
17	78,96	<b>C</b>	7	78,96	<b>B</b>
18	64,85	<b>D</b>	20	74,48	<b>C</b>
14	64,67	<b>D</b>	16	74,12	<b>D</b>
35	60,05	<b>DE</b>	9	74,05	<b>E</b>
36	59,73	<b>DEF</b>	36	74,05	<b>E</b>
33	59,58	<b>DEF</b>	17	74,05	<b>E</b>
7	57,41	<b>DEF</b>	19	73,74	<b>F</b>
34	56,2	<b>EF</b>	18	73,71	<b>F</b>
24	53,95	<b>EFG</b>	4	73,66	<b>G</b>
22	53,17	<b>EFG</b>	5	73,57	<b>H</b>
23	52,21	<b>FG</b>	14	73,5	<b>I</b>
15	47,76	<b>GH</b>	21	73,49	<b>I</b>
4	47,65	<b>GHI</b>	10	73,36	<b>J</b>
6	43,87	<b>HIJ</b>	11	73,31	<b>K</b>
28	43,59	<b>HIJK</b>	3	73,25	<b>L</b>
21	43,28	<b>HIJK</b>	15	73,24	<b>L</b>
13	42,63	<b>HIJKL</b>	12	73,23	<b>L</b>
31	42,11	<b>HIJKL</b>	13	73,22	<b>L</b>
29	41,67	<b>HIJKL</b>	6	71,43	<b>M</b>
9	41,41	<b>HIJKL</b>	31	65,58	<b>N</b>
8	40,17	<b>IJKL</b>	30	65,33	<b>O</b>
12	39,94	<b>JKL</b>	33	64,42	<b>P</b>
19	37,55	<b>JKLM</b>	34	64,28	<b>Q</b>
20	37,45	<b>JKLM</b>	24	64,27	<b>Q</b>
5	37,44	<b>JKLM</b>	23	64,21	<b>R</b>
30	37,34	<b>JKLM</b>	2	63,76	<b>S</b>
10	36,21	<b>KLM</b>	26	63,5	<b>T</b>
27	35,58	<b>LM</b>	27	63,5	<b>T</b>
32	32,27	<b>MN</b>	35	59,86	<b>U</b>
3	31,94	<b>MN</b>	28	58,61	<b>W</b>
11	31,32	<b>MN</b>	29	58,55	<b>X</b>
26	31,03	<b>MN</b>	32	58,55	<b>X</b>
2	25,65	<b>N</b>	1	53,48	<b>Y</b>
1	24,79	<b>N</b>	25	44,86	<b>Z</b>

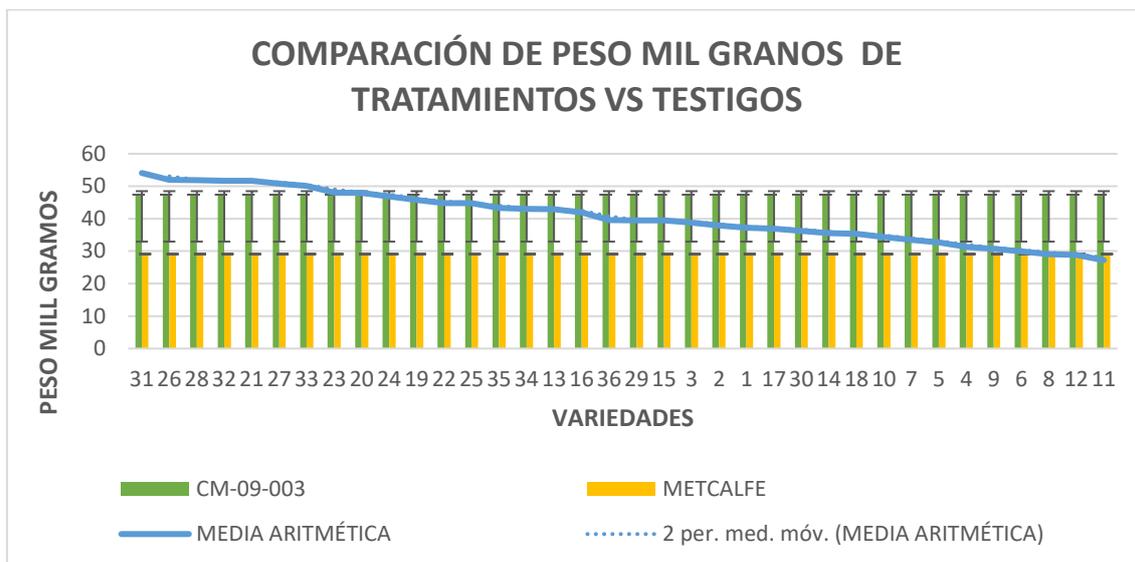
#### 4.3 Identificación de la mejor línea maltera con respecto a los testigos

Para la obtención de los resultados que ayudan a la comparación y diferenciación de los testigos utilizados, se evaluaron dos variedades malteras ya establecidas por el Instituto las cuales una de ellas es la variedad Metcalfe que se considera uno de los mejores materiales genéticos obtenidos del Iniap en conjunto con la Cervecería Nacional para el desarrollo de variedades nacionales que se adapten a las necesidades de la industria cervecera. La variedad Metcalfe como método de cultivo es capaz de adaptarse a temperaturas situadas entre 17 a 18 °C con precipitaciones promedio de 600 mm y una humedad relativa de 70% se puede desarrollar en altitudes que varíen desde 2500 a 2700 msnm.

De la misma forma la variedad CM-09-003 es uno de los materiales genéticos obtenidos del Iniap que se consideran de las mejores variedades malteras establecidas, asimismo presenta características similares en tanto el cultivo y el método de fertilización de la variedad Metcalfe, pero se tiene una variación en la ubicación geográfica de las mismas variedades, ya que la variedad CM-09-003 puede desarrollarse en zonas como la provincia de Cañar, Azuay; mientras tanto la variedad Metcalfe se desarrolla en la provincia de Imbabura y Carchi.

#### 4.3.1 Peso mil granos

Según la normativa INEN del año 2004 se establece que los requisitos que se deben tener para el grano de cebada medido en g no debe ser menor a 34 g, pero se puede evidenciar que la variedad Metcalfe cumple con un peso de 29,11 g, mientras que la variedad CM-09-003 tiene un peso de 47,4 g; sin embargo gracias al análisis estadístico y como se muestra en el gráfico 1 se considera diferencias significativas entre los tratamientos, evaluando lo dicho por la normativa INEN y con lo previsto de las dos variedades se puede proceder a tomar como mejores líneas a la 7 y 10 que se consideran que están en el rango entre las dos variedades y se establece una relación con lo dicho por la normativa.



*Figura 4.* Peso Mil granos de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.2 Peso Hectolítrico

En la figura 5 se puede evidenciar que no se presenta gran diferencia significativa tanto entre variedades, como con tratamientos, tomando en cuenta la normativa Inen del año 2004 que establece que el requisito mínimo para peso hectolítrico del grano de cebada debe situarse por encima de 60 kg/hl. Se identifica que el tratamiento que más se acerca tanto a la variedad CM-09-003 y Metcalfe es la perteneciente a la línea 11 con un valor de 68 pero igualmente la línea 5 con un valor de 68,33, ya que son aquellas líneas con menor diferencia significativa tienen y están en un rango promedio entre ambas variedades.

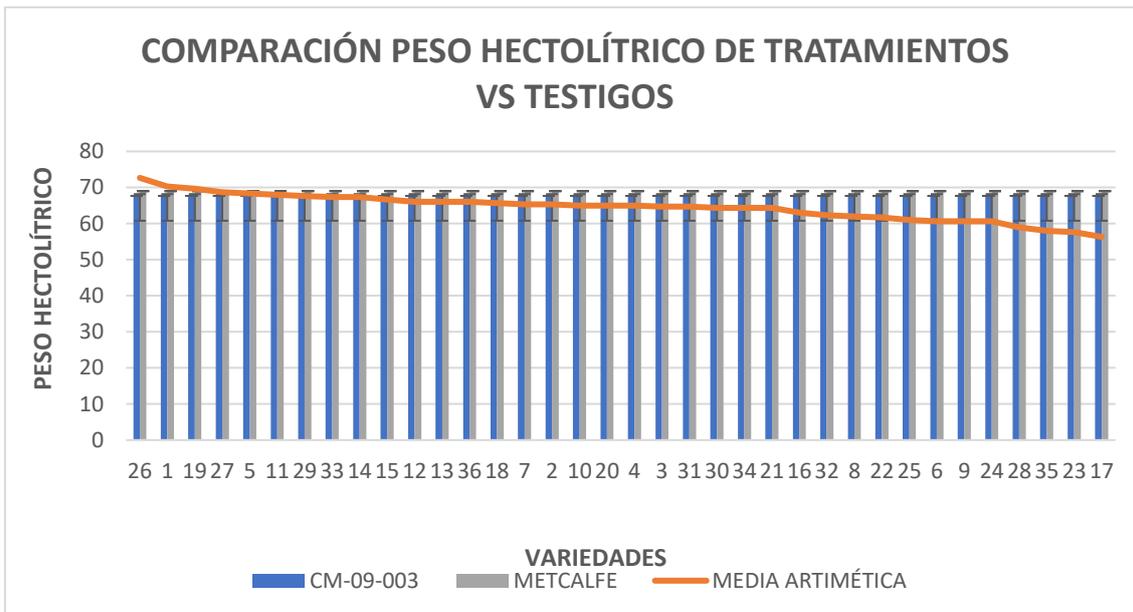


Figura 5. Peso Hectolítrico de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.3 Índice de llenado

Se identifica que no se presenta una diferencia significativa entre las variedades estudiadas, pero asimismo se manifiesta que entre los tratamientos evaluados si se identifica gran diferencia significativa; la variedad Metcalfe presenta un índice de llenado de 520, mientras que la variedad CM-09-003 presenta un índice de 599; tomando la literatura de (Arellano, 2010) que establece que el índice de llenado debe ser de 580 se procede a tomar la línea 3 como mejor tratamiento y que se encuentra en el rango de las dos variedades.

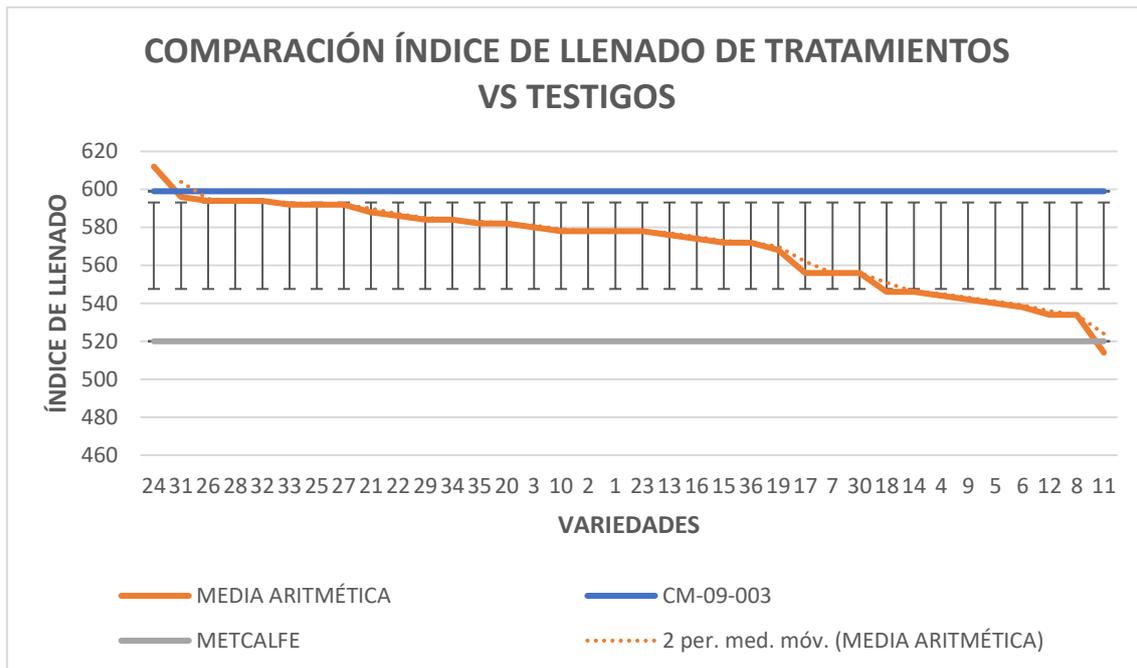
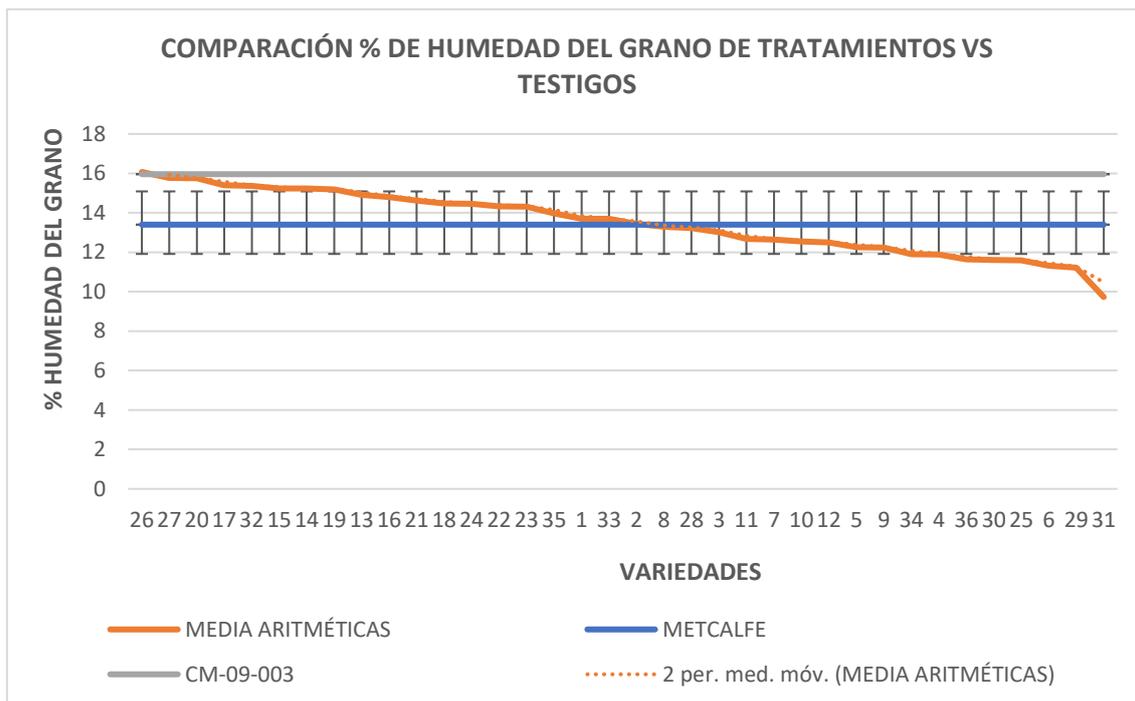


Figura 6. Índice de llenado de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.4 Humedad del grano

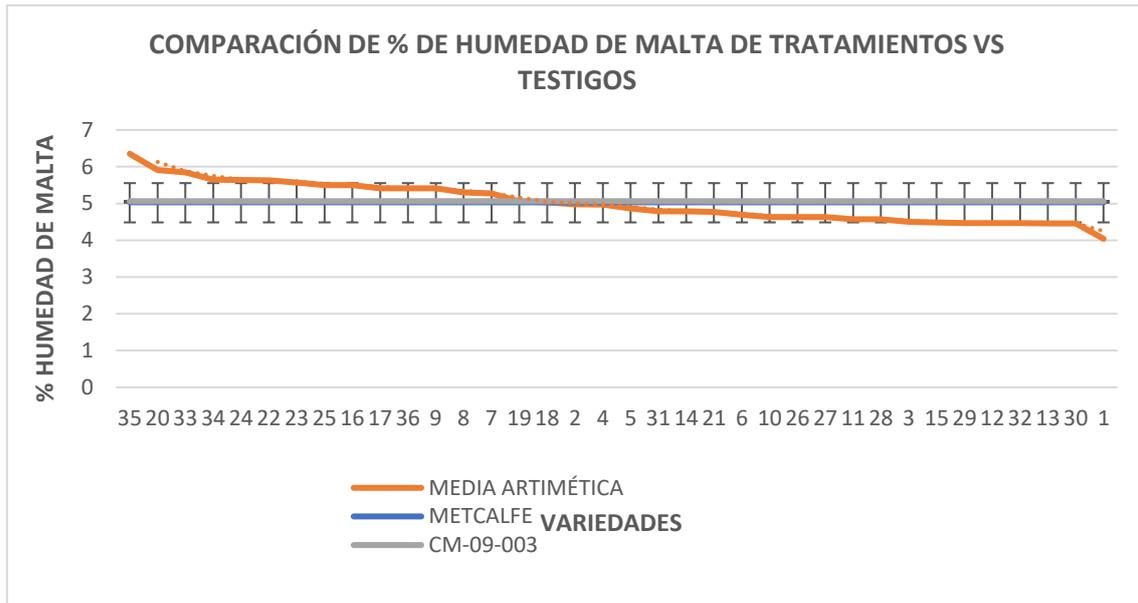
Para la humedad del grano es necesario tomar en cuenta que es un parámetro porcentual y es indispensable para la conservación adecuada de los granos, la variedad Metcalfe registra una humedad del grano de 13,4%, mientras que la variedad CM-09-003 toma un dato de 15,96; gracias a lo indicado por (Arellano, 2010) que establece que el grano en condiciones óptimas de temperatura y de almacenamiento la humedad no debe sobrepasar el 15% y realizando un promedio entre las dos variedades se procede a tomar como línea óptima a la 21 que tiene una humedad del 14,62% y a la variedad 16 que tiene una humedad del 14,79%.



*Figura 7.* Porcentaje de humedad del grano de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.5 Humedad de la malta

El porcentaje de humedad del grano germinado, tomado como referencia a lo descrito por (INIA, 2010) que discrimina que la humedad de la malta debe ser hasta el 5% para mantener una buena calidad del grano, es necesario mencionar que las variedades se encuentran en el rango previsto, la variedad Metcalfe se encuentra con un porcentaje de 5,033% y la variedad CM-09-003 tiene un valor de 5,063%, lo que se procede a tomar el tratamiento de la línea 18 que tiene un valor de 5,03% y la variedad 19 con un valor de 5,06%.



*Figura 8.* Porcentaje de humedad de malta de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.6 Tiempo de filtrado y turbidez

Los parámetros tanto de tiempo de filtrado y turbidez, se presenta que la variedad Metcalfe y CM-09-003 en el tiempo de filtrado no se presenta una diferencia significativa tan alta, pero se puede obtener un promedio de ambas y tomar en cuenta el tratamiento de la línea 24 con una media aritmética de 18,33 minutos que es el adecuado y no se presentará sólidos suspendidos. La turbidez se encuentra en un promedio de 8 grados FAU o NTU. Que se puede tomar la línea

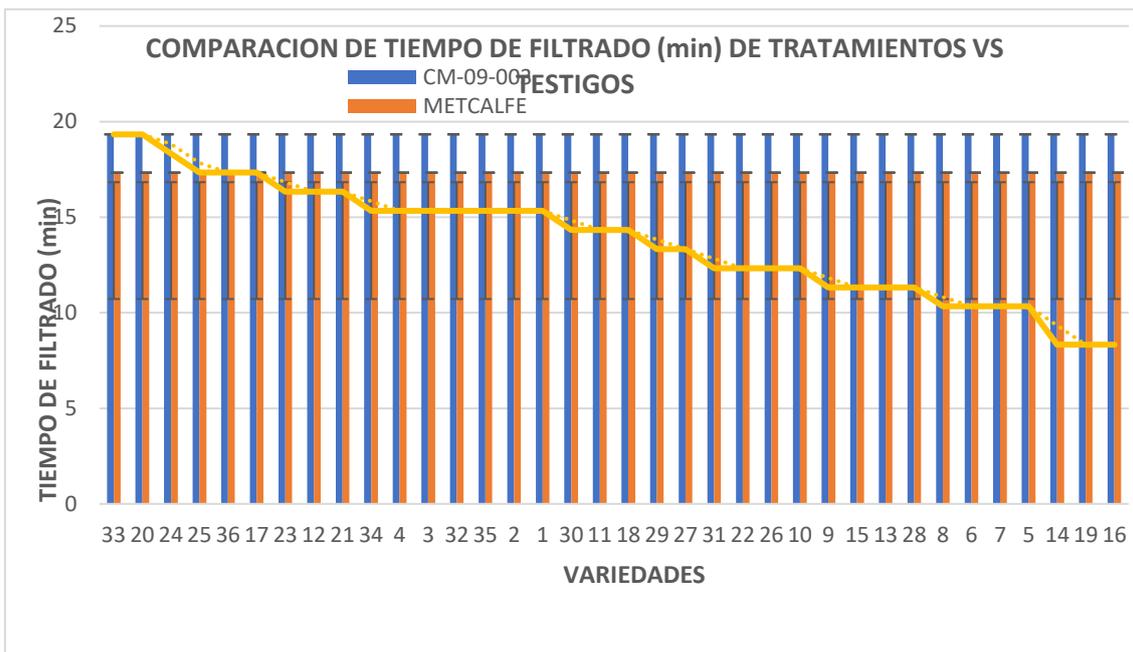


Figura 9. Tiempo de filtrado de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

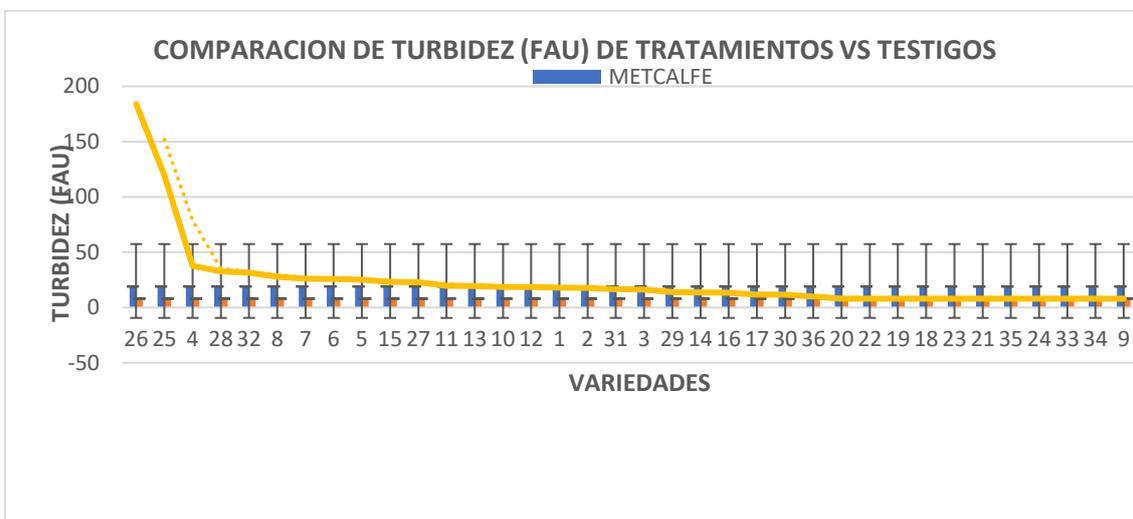
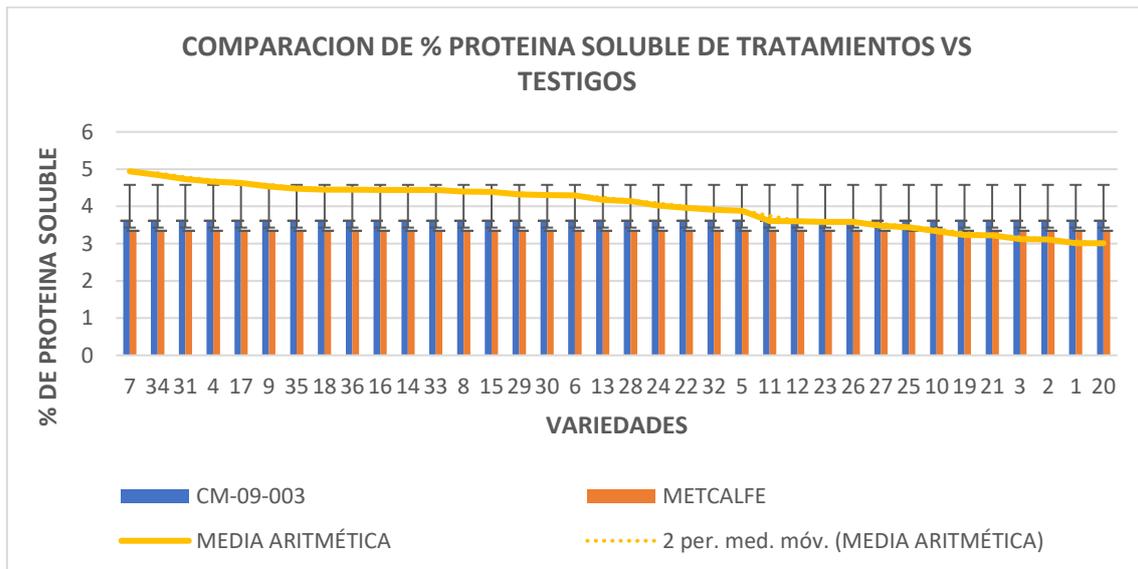


Figura 10. Turbidez de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

4.3.7 Porcentaje de proteína soluble y proteína total

Se identifica que el porcentaje de proteína soluble de la variedad Metcalfe es 3,343% y la variedad CM-09-003 es de 3,613% tomando en cuenta que no debe ser mayor a 3,7%, se aceptará el tratamiento de la línea 27 que tiene un valor de 3,48% que se ajusta a un rango entre las dos variedades. Y en proteína



*Figura 11.* Porcentaje proteína soluble de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

Las variedades tanto Metcalfe y CM-09-003 muestran un valor cercano en el dato de proteína total con un promedio entre las dos de 10,952% y asimismo la bibliografía detalla que la malta no debe tener un porcentaje mayor al 13% se aceptan las líneas 8 y 9 del rango BC con un valor de 10,95% que se acerca a las variedades testigo.

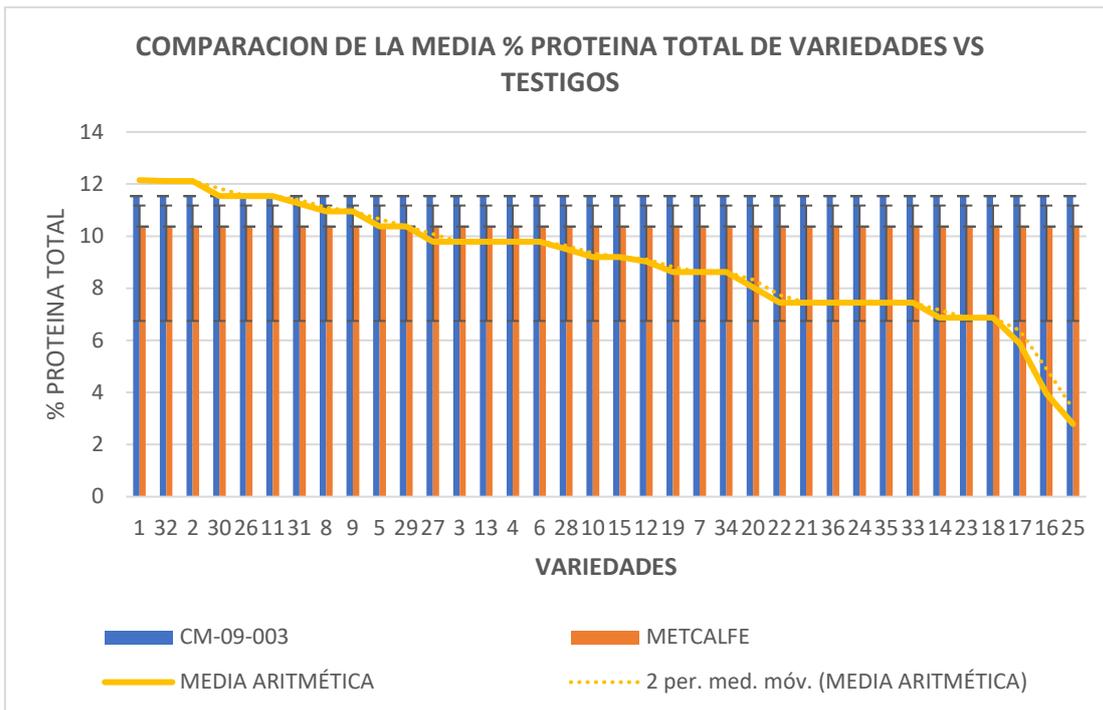
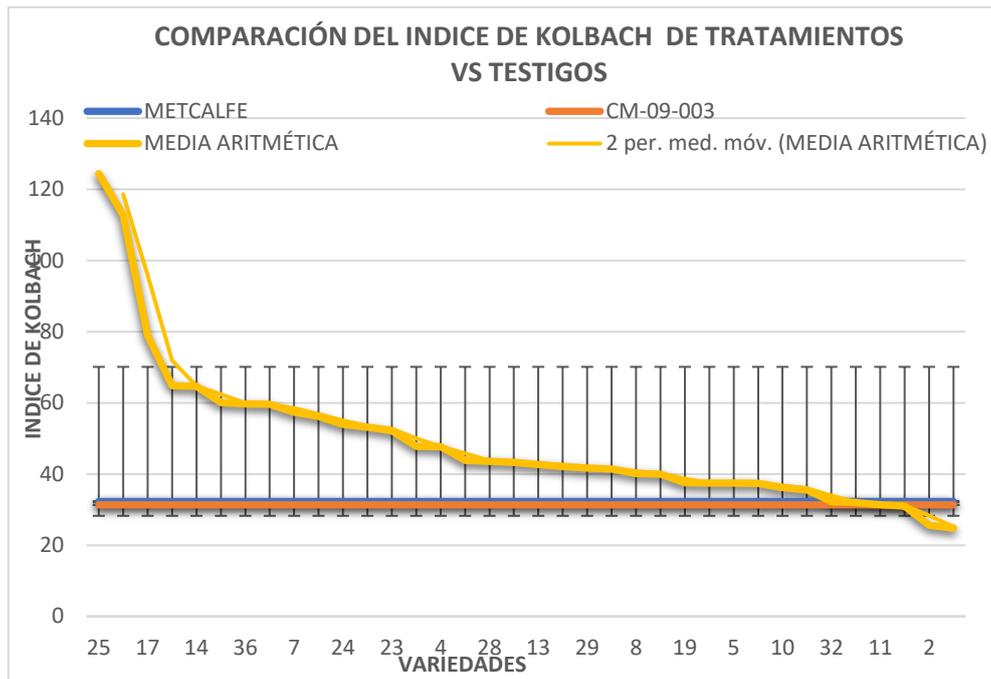


Figura 12. Porcentaje proteína total de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

#### 4.3.8 Parámetro de índice de Kolbach porcentaje de extracto

El índice de Kolbach tiene gran incidencia en la cantidad de proteína que contiene el grano, de acuerdo con las variedades estas presentan un promedio de 31,8% por lo que se acepta las líneas 11 y 3 del rango MN que son aquellas que mayor similitud tienen con las variedades testigo



*Figura 13.* Índice de Kolbach de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003.

Las variedades testigo presentan diferencia entre las medias de su porcentaje de extracto, sin embargo, con un promedio entre las dos variedades se tomó como valor base 68,772% verificando en la figura que la línea que se acerca es la línea 6 con 71,43%.

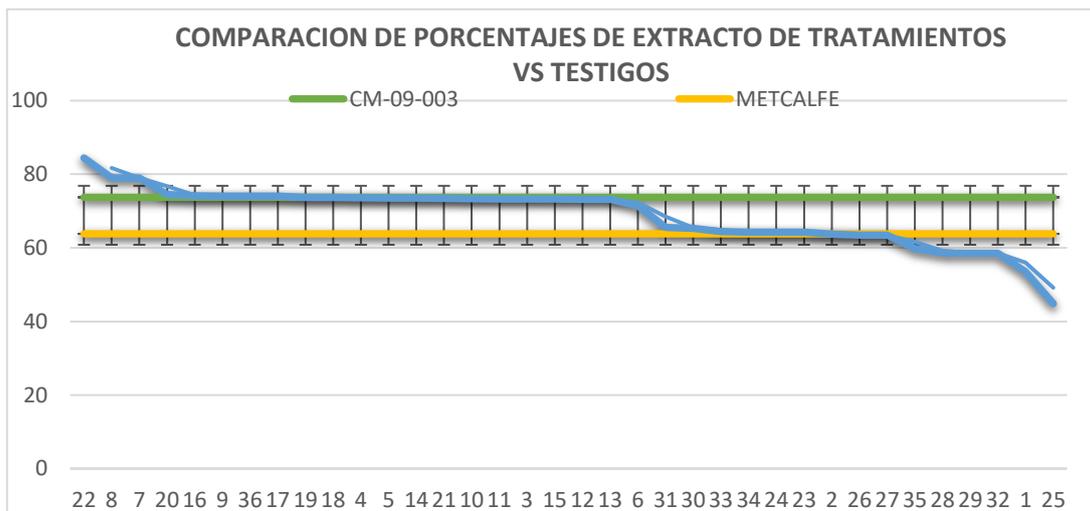
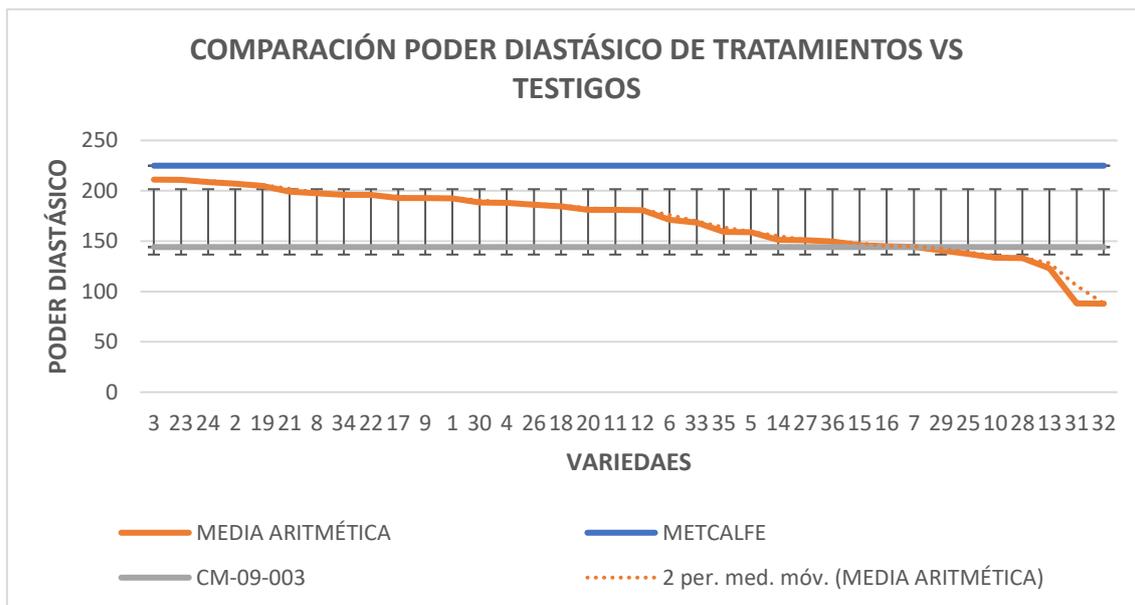


Figura 14. Porcentaje de extracto de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003

#### 4.3.9 Parámetro de Poder diastásico y Alfa amilasa

El poder diastásico tiene incidencia directa en la cantidad de enzimas presentes para convertir el almidón en azúcar fermentable, es decir mientras mayor sea el valor de poder diastásico el tratamiento tendrá mayor cantidad de enzimas. Las variedades testigo muestran diferencias entre las medias ya que la variedad Metcalfe tiene un valor de 224,93 grados Lintner, mientras que la variedad CM-09-003 tiene un valor de 144,093. Se tomaron los dos valores como referencia para obtener una media que arroja el valor promedio de 184,51 °L que según la figura las líneas 18 y 26 tienen el valor más cercano.



*Figura 15.* Poder diastásico de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003

Las amilasas y amilopectinas son enzimas importantes que determinan la calidad de malta. Los testigos presentes muestran valores de 26,94 la variedad CM-09-003 y 14,17 la variedad Metcalfe, obteniendo una media entre los dos valores se tiene como resultado 20,55 que observando la figura la línea con mayor semejanza es la 29 con 19,53 y la 13 con un valor de 23,78.

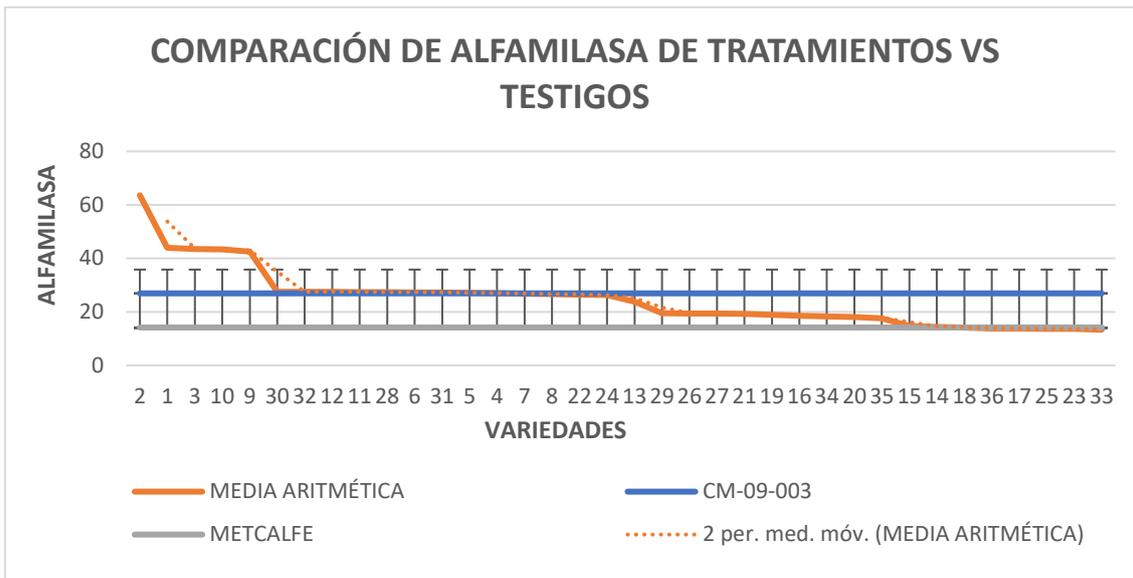


Figura 16. Alfa amilasa de tratamientos y variedades testigo; Metcalfe y CM-09-003

#### 4.4 Análisis Estadístico

Tabla 9.

Análisis de varianza utilizado para comparar los datos entre tratamientos y líneas testigo de características fisicoquímicas del grano de cebada aplicando métodos tradicionales.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	113
Tratamientos	37
LINEAS	35
FACT VS ADICIONAL	1
AD1 VS AD2	1
Error	76

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Se desarrollo una metodología tradicional para la evaluación de características fisicoquímicas de nuevas líneas de cebada maltera producidas en Ecuador en una misma localidad, donde se determinó parámetros físicos como peso de 1000 granos, peso hectolítrico, índice de llenado, turbidez, tiempo de filtrado y proteína; y los parámetros químicos se consideraron el poder diastásico y alfa amilasa.

Según el análisis estadístico presentado en el capítulo cuatro de resultados, se describe que se tomó como testigo a las variedades Metcalfe y CM-09-003, con los tratamientos de 38 nuevas líneas aplicando 3 repeticiones para cada parámetro físico y químico, se concluye que 10 líneas son aquellas que menor porcentaje de variación presentan con respecto a las variedades testigo.

Se verificó con bibliografía obtenida que la malta utilizada para la elaboración de cerveza debe cumplir con ciertos parámetros incluidos porcentaje de proteína, índice de kolbach, poder diastásico y afa almilasa; considerando que las líneas que mejor resultado obtuvieron en dichos parámetros fueron las líneas 3, 6, 8, 9, 11 y 27. Estos resultados sirven para granos que han sido sembrados en la Estación Experimental de Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

### 5.2 Recomendaciones

Es necesario realizar 3 repeticiones por cada parámetro para obtener resultados más fiables para cada tratamiento. Asimismo, para la obtención de resultados del parámetro de poder diastásico y alfa amilasa se recomienda mantener una

temperatura constante en baño maría de 20 °C y agitar repetidamente. Las balanzas y equipos utilizados deben ser correctamente tarados para mantener datos con mayor precisión

Para próximos estudios se recomienda implementar el cultivo en diferente época del año, para visualizar los cambios del porcentaje de humedad que pueda tener el grano. Asimismo, se puede realizar la comparación de las líneas con el testigo Scarlett que es considerada una línea maltera con gran cantidad de proteína.

## REFERENCIAS

- Angessa, T. T., & Li, C. (2016). Frost Tolerance and Genetic Improvement in Barley. En *Exploration, Identification and Utilization of Barley germplasm* (págs. 209-221). Academic Press.
- Arellano, V. (2010). *Manual de la cebada cervecera*. Bogotá: Agro inversiones S.A. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada>
- Bando, Y., Fujimoto, N., Suzuki, M., & Ohnishi, A. (2013). A microbiological study of biohydrogen production from beer lees. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2709-2718.
- Betancur, M. I., Motoki, K., Spence, C., & Velasco, C. (2020). *Factors influencing the choice of beer: A review*. Food Research International.
- Bettengausen, H., Barr, L., Broeckling, C., Chaparro, J., Holbrook, C., Sedin, D., & Heuberger, A. (2018). Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability. *Food Research International*, 487-504.
- Bulgarelli, D., & Garrido-Oter, R. (2015). *Cell and Host Structure and Function of the Bacterial Root Microbiota in Wild and Domesticated Barley*. CellPress.
- Casas, A. M., Contreras, B., Pérez, C., & Sakuma, S. (2016). *¿Cuál es el origen de las variedades españolas de cebada?*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas.
- Coronel, J. (2011). *Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur*. Azogues: INIAP-FAO.
- Dávila, P., Mejía, M. T., Soriana, A. M., & Herrera, Y. (2018). *Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México*. Botanical Sciences.
- FAO. (2015). *Almacenamiento de granos en propiedades rurales*. FAO.
- FAO. (22 de noviembre de 2018). *FAOSTAT*. Recuperado de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- Fei Dei, G. (2016). Domesticación y mejora de la cebada cultivada. En *Exploración, identificación y utilización de germoplasma de cebada* (págs. 1-26). Academic Press.
- Fernandez, P. (2016). *Effects of maceration time and pectolytic enzymes added during maceration on the phenolic composition of must / Efectos del tiempo de maceración y de la adición de enzimas pectolíticas en la composición fenólica del mosto durante la maceración*. Food Science and Technology International .
- Fox, G., & Watson-Fox, L. (2020). *Barley: Current Understanding of 'Omics Data on Quality*. Reference Module in Food Science.
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., & Mata, G. (2009). *Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de Pleurotus pulmonarius en paja de cebada fermentada*. Xalapa: Revista Mexicana de micología.
- Gómez, R., Ortiz, C. A., & Zamora, M. (2009). Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO. *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*, 10.
- Gonzalez, C., Fuentes, S., Torrico, D., Godbole, A., & Dunshea, F. (2019). Chemical characterization of aromas in beer and their effect on consumers liking. *Food Chemistry*, 479-485.
- Gutierrez, L., Hernandez, J., Castro, J., & Román, A. (2020). Influence of germination time on the morphological, morphometric, structural, and physicochemical characteristics of Esmeralda and Perla barley starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 262-270.
- Hayward, L., Wedel, A., & McSweeney, M. (2019). Acceptability of beer produced with dandelion, nettle, and sage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*.
- Henrik , K. (2017). *Differences in nutritional quality between wild and domesticated forms of barley and emmer wheat*. Plant Science.

- Hernández, F. (2009). *Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock*. Tegucigalpa : Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Ho Seo, S., Kim, E.-J., Park, S.-E., & Park, D.-H. (2020). *GC/MS-based metabolomics study to investigate differential metabolites between ale and lager beers*. Food Bioscience.
- Hoffman, E., Fassana, N., & Morel, W. (2012). *Caracterización de cultivares de cebada cervecera 2011. Segundo ciclo de: Bambina, y primer ciclo de: MOSA 08/195, MOSA 08/201, MOSA 08/215, MOSA 08/218, INIA LEA-1, LIVIA*. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay.
- Hong, Y., & Zhang, G.-p. (2020). *The influence of drought stress on malt quality traits of the wild and cultivated barleys*. Journal of integrative Agriculture.
- Hoyle, A., Brennan, M., Pitts, N., Jackson, G., & Hoad, S. (2020). *Relationship between specific weight of spring barley and malt quality*. Journal of Cereal Science.
- INIA. (2010). *Calidad Industrial de la cebada Cervecera* . Montevideo: INIA.
- INIAP. (2016). *Iniap Ñusta 2016: Nueva variedad de cebada de grano descubierto para el sur del Ecuador*. Cuenca: Iniap, Estación Experimental del Austro, Programa de Cereales.
- INIFAP. (2006). Sistema de producción de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12.
- Lanza, J., Churion, P., & Gómez, N. (2016). *Comparación entre el método kjeldahl tradicional y el método dumas automatizado (n cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos*. Universidad de Oriente, Venezuela.
- Lema , A., Basantes, E., & Pantoja, J. (2017). *Producción de cebada ( Hordeum vulgare L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador*. Quito: Agron Mesoam.

- Li, H., & Liu, F. (2015). The chemistry of sour taste and the strategy to reduce the sour taste of beer. *Food Chemistry*, 200-204.
- López, C. (2011). *Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de variación en rendimiento de grano, biomasa y número de suelo*. Ciudad de México: Tropical and Subtropical Agroecosystems.
- López, E., Hugo, G., Lorea, R., & Delucchi, C. (2005). *Selección de poblaciones locales de maíz como fuente de alelos favorables para el mejoramiento del peso hectolítrico y la relación de molienda en un híbrido flint x dentado*. Santa Fe: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (INTA). Departamento de Documentación e Información Bibliográfica.
- Lopez, P. (2005). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CEBADA (Hordeum sativum jess) CULTIVADAS EN LOS ESTADOS DE HIDALGO Y TLAXCALA, MÉXICO*. Santiago de Chile: Revista Chilena de Nutricion.
- López, P. (2009). Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México. *Revista Chilena de Nutrición*.
- Loviso, C., & Libkind, D. (2018). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista Argentina de Microbiología*, 436-446.
- Moreano, F., & Villacrés, E. (2010). *Estudio de los beta - glucanos en líneas avanzadas y/o variedades de cebada procesada y no procesada*. Quito: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Nutricion y Calidad.
- Obreque, R. (2015 ). *Reducción de vapor en cocedor de mosto de CCu, disminuyendo el costo de elaboración de cerveza* . Valparaiso : Pontifica Universidad Catolica de Valparaiso .
- Obreque, R. (2015). *Reducción de vapor en cocedor de mosto de CCu, disminuyendo el costo de elaboración de cerveza*. Valparaíso: Pontifica Universidad Católica de Valparaíso.

- Osca, J. M., & Gómez, D. (2016). *Guía gráfica de cultivos herbáceos*. Valencia , España : Universidad Politécnica de Valencia.
- Pankin, A., & Von Korff, M. (2017). *Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (Hordeum vulgare L.)*. Cologne: Institute of Plant Genetics, Heinrich-Heine-University.
- Ponce, L., Abad, S., Garófalo, J., & Falconí, E. (2009). *Guía para la producción artesanal de semilla de cereales*. Quito: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales.
- Rivadeneira, M., Ponce, L., Abad, S., & Coronel, J. (2003). *INIAP Cañicapa 2003: La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína*. Quito: NIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, Sección Cebada.
- Rusell, I. (2014). *Whisky, Technology, production and Marketing* . Heriot-Watt University, United Kingdom : International Centre for Brewing and Distilling .
- Salgado, M., & Herrera, J. (2015). Caracterización de patrones de hordeínas en variedades mexicanas de cebada maltera. En *TIP* (págs. 43-51). Science Direct.
- Schabo, D., Martins, L., Iamanaka, B., & Maciel, J. (2020). Modeling aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus* during wheat malting for craft beer as a function of grains steeping degree, temperature and time of germination. *International Journal of Food Microbiology*.
- Tessarini, S., Batista, J., & Rebello, F. (2021). Development and optimization of beer containing malted and non-malted substitutes using quality by design (QbD) approach. *Journal of Food Engineering*.
- Tirado, D., Montero, P., & Acevedo, D. (2014). *Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias*. Bolívar: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería de Alimentos.

- Van Dom, G., Timora, J., Watson, S., Moore, C., & Spence, C. (2019). The visual appearance of beer: A review concerning visually-determined expectations and their consequences for perception. *Food Research International*.
- Varela, J., & Varela, C. (2019). Microbiological strategies to produce beer and wine with reduced ethanol concentration. *Current Opinion in Biotechnology*, 88-96.
- Velasco, Y., Sana, W., & Morillo, A. (2020). *Caracterización agromorfológica de cebada ( Hordeum vulgare L.) en el municipio de Chivatá Boyacá, Colombi*. Boyacá: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Villacrés, E. (2010). *La cebada: un cereal nutritivo (50 recetas para preparar)*. Quito: NIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad.
- Wang, J., Jin, Z., Zhong, S., Schwarz, P., Chen, B., & Rao, J. (2020). *Clove oil-in-water nanoemulsion: Mitigates growth of Fusarium graminearum and trichothecene mycotoxin production during the malting of Fusarium infected barley*. Food Chemistry.

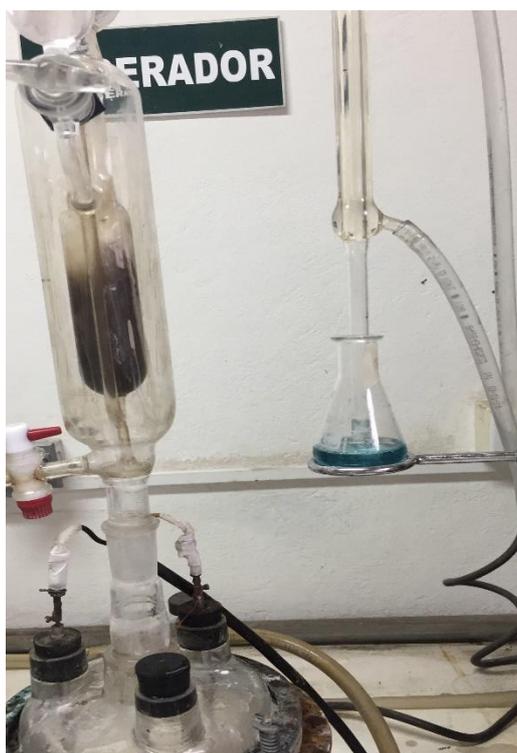
# **ANEXOS**



*Anexo 1:* Grano de cebada aplicado molienda gruesa, para la obtención de parámetros físicos.



*Anexo 2:* Producto filtrado después de la maceración del mosto.



Anexo 3: Destilación de mosto después de la digestión.



Anexo 4: Muestras para la obtención de alfa amilasa

