



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

“Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad”.

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

Autoras:

Melina Estefanía Vivar Romero.

CI: 030229762-7

Correo electrónico: 573estefaniar@gmail.com

Teresa de Jesús Gordillo Ortíz.

CI: 010374207-8

Correo electrónico: teshago@hotmail.com

Director:

Ing. Walter Iván Larriva Coronel MSc.

CI: 010177086-5

Cuenca - Ecuador

24-marzo-2021



RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), es un cereal de alta importancia en la sierra ecuatoriana, se utiliza para la alimentación humana, animal y elaboración de malta para la industria cervecera. Para que un genotipo de cebada sea considerado una variedad maltera debe cumplir diversos estándares de calidad, para lo cual la Universidad de Cuenca en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) realizaron la presente investigación con la finalidad de evaluar genotipos que cumplan estos parámetros y seleccionar líneas avanzadas de cebada con calidad maltera, en base al rendimiento y bromatología. Este estudio se llevó a cabo en la provincia del Azuay, cantón Gualaceo, sector Bullcay, Estación Experimental del Austro – INIAP en donde se evaluaron 36 líneas de cebada y dentro de estas 4 variedades testigo (INIAP SHYRI89, INIAP SHYRI2000, SCARLETT y METCALF) considerando las siguientes variables: Porcentaje de emergencia, vigor y hábito de crecimiento de la planta, días al espigamiento, niveles de tolerancia y porcentaje de *Puccinia Striiformis* y *Puccinia hordei* en la hoja, altura de planta, tipo de paja, tipo de grano (tamaño, forma, color), rendimiento y calidad maltera. Se empleó un DBCA con tres repeticiones. Los resultados permitieron identificar líneas de cebada con potencial para malta, obteniendo rendimientos superiores a la media nacional que es de 4 ton/ha y cumpliendo con los parámetros de proteína que oscilan entre el 9 y 12%, identificándose las siguientes líneas elite: 13WA146.1 con un rendimiento de 5.24 ton/ha y con proteína del 11 % y 11WA105.12 con un rendimiento de 4.73 ton/ha y con proteína del 11.30 %.

Palabras clave. *Hordeum vulgare* L., líneas, variables, rendimiento, proteína.



ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a highly important cereal in the Ecuadorian highlands; it is used for human and animal feed and malt production for the brewing industry. In order to a barley genotype to be considered a malting variety, it must meet various quality standards, for which the University of Cuenca in collaboration with the National Institute for Agricultural Research (INIAP) carried out this research in order to evaluate genotypes that meet these parameters and select advanced barley lines with malting quality, based on performance and bromatology. This study was carried out in Azuay province, Gualaceo canton, Bullcay sector, Austro Experimental Station - INIAP where they evaluated 36 barley lines and within these 4 control varieties (INIAP SHYRI89, INIAP SHYRI2000, SCARLETT y METCALF) considering the following variables: emergence percentage, vigor and growth habit of the plant, days to heading, tolerance levels and attack percentage of *Puccinia Striiformis* and *Puccinia hordei* on the leaf, plant height, type of straw, type of grain (size, shape, color), yield and malting quality. A DBCA with three repetitions was used. The results allowed identifying barley lines with potential for malt, obtaining yields higher than the national average, which is 4 ton/ha and accomplishing with the protein parameters that range between 9 and 12%, identifying the following elite lines: 13WA146. 1 with a yield of 5.24 ton/ha with protein of 11% and 11WA105.12 with a yield of 4.73 ton/ha and with protein of 11.30%.

KEYWORDS. *Hordeum vulgare* L., lines, variables, yield, protein.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	9
AGRADECIMIENTO	15
DEDICATORIAS.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo general del proyecto (OG)	18
2.2. Objetivos específicos (OE)	18
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	18
4. REVISIÓN DE LITERATURA	19
4.1. Origen.....	19
4.2. Taxonomía botánica	20
4.3. Características botánicas del cultivo	20
4.4. Ciclo vegetativo o Fisiología.....	21
4.5. Enfermedades comunes en la cebada	22
4.5.1. Roya negra (<i>Puccinia hordei</i>).....	23
4.5.2. Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>).....	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1. Localización	25
Tabla 1. Niveles de nutrición del suelo (2018).	26
5.2. MATERIALES	27
5.3. METODOLOGÍA	28
Objetivo 1. (OE)	29
a) Porcentaje de emergencia (PE)	29
b) Vigor de la planta (VP).....	29



c)	Habito de crecimiento (HC).....	29
d)	Días al espigamiento (DE).....	29
e)	Incidencia de enfermedades (IE)	30
f)	Altura de planta (AP).....	30
g)	Tipo de paja (TP).....	31
h)	Tipo de grano (TG).....	31
Objetivo 2. (OE)		32
i)	Rendimiento (R).....	32
j)	Análisis bromatológico (AB).....	32
6.	DISEÑO EXPERIMENTAL	32
7.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
7.1.	PORCENTAJE DE EMERGENCIA.....	34
7.2.	HÁBITO DE CRECIMIENTO	35
7.3.	VIGOR DE LA PLANTA	36
7.4.	ESPIGAMIENTO	37
7.5.	ALTURA DE PLANTAS	39
7.6.	INCIDENCIA DE ENFERMEDADES: Roya negra y Roya amarilla.	41
7.7.	TIPO DE PAJA	43
7.8.	TIPO DE GRANO.....	44
7.9.	RENDIMIENTO	46
7.10.	PROTEÍNA.....	49
8.	CONCLUSIONES.....	50
9.	RECOMENDACIONES	51
10.	Bibliografía	52
11.	Anexos	57



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de nutrición del suelo (2018).	26
Tabla 2. Materiales físicos empleados en la investigación.	27
Tabla 3. Líneas avanzadas de cebada maltera empleadas en la investigación.	28
Tabla 4. Mediciones experimentales TG.	31
Tabla 5. Diseño de la parcela experimental.	33
Tabla 6. Mediciones experimentales vigor de la planta (VP).	58
Tabla 7. Mediciones experimentales del hábito de crecimiento (HC).	58
Tabla 8. Escala modificada de Cobb para determinar el porcentaje (%) de afección de Roya negra (Puccinia hordei) y Roya amarilla (Puccinia striiformis) en la hoja, para las 108 parcelas experimentales.	59
Tabla 9. Mediciones experimentales tipo de paja (TP).	59
Tabla 10. Medianas de línea por variables destacadas.	60
Tabla 11. Prueba de significancia entre líneas para la variable formación de espiga.	62
Tabla 12. Prueba de significancia entre líneas para la variable rendimiento (entre repeticiones).	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estación Experimental del Austro – INIAP, predio donde se llevó a cabo el desarrollo de la tesis.....	25
Figura 2: Precipitación de la Estación Experimental del Austro período 2018.	26
Figura 3: Análisis comparativo del porcentaje de semillas de cebada que germinaron dentro de la parcela experimental a los 20 dds (días después de la siembra).	35
Figura 4: Habito de crecimiento de las 36 líneas de cebada.	36
Figura 5: Análisis del vigor de las 36 líneas de cebada.	37
Figura 6: Porcentaje de espigamiento a los 35, 50 y 65 dds de las 36 líneas de cebada.	38
Figura 7: Comparación entre las 36 líneas de cebada para la variable espiga.	39
Figura 8: Comparación entre las líneas para la variable altura.	40
Figura 9: Análisis de la incidencia de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>) en las hojas de las 36 líneas de cebada.	41
Figura 10: Análisis de la incidencia de roya negra (<i>Puccinia hordei</i>) en las hojas de las 36 líneas de cebada.....	43
Figura 11: Estimación del tipo de paja, con relación a la consistencia de los tallos de las 36 líneas de cebada.....	44
Figura 12: Estimación del tipo de grano (forma, tamaño y color) de las 36 líneas de cebada. ...	46
Figura 13: Rendimiento de las 36 líneas de cebada.....	48
Figura 14: Comparación entre las 36 líneas de cebada para la variable rendimiento.	48
Figura 15: Porcentaje de proteína de las 36 líneas de cebada evaluadas.	49



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Etiquetado y pesaje del material genético previo a la siembra.....	57
Anexo 2: Preparación de las parcelas experimentales.....	57
Anexo 3: Desarrollo del cultivo de cebada.	57
Anexo 4: Cosecha.....	57
Anexo 5: Trillada del grano de cebada.	57
Anexo 6: Grano limpio.	57



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

CC: cebada cervecera

E.E.A: Estación experimental del austro

OG: objetivo general

OE: objetivo específico

PE: porcentaje de germinación

HC: hábito crecimiento

VP: vigor de planta

AP: altura planta

TP: tipo de paja

DE: días al espigamiento

TG: tipo de grano

R: rendimiento

AB: análisis bromatológico

IE: índice de enfermedades

m s.n.m: metros sobre el nivel del mar

mm: milímetros

°C: grados Celsius



Cláusula de Propiedad Intelectual

Melina Estefanía Vivar Romero autor/a del trabajo de titulación “Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca 24 de marzo de 2021

Melina Estefanía Vivar Romero

C.I: 0302297627



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Melina Estefanía Vivar Romero en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca 24 de marzo de 2021

Melina Estefanía Vivar Romero

C.I: 0302297627



Cláusula de Propiedad Intelectual

Teresa de Jesús Gordillo Ortiz autor/a del trabajo de titulación "Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca 24 de marzo de 21

Teresa de Jesús Gordillo Ortiz

C.I: 0103742078



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Teresa de Jesús Gordillo Ortiz en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca 24 de marzo de 21

Teresa de Jesús Gordillo Ortiz

C.I: 0103742078



Bullcay, 22 diciembre del 2020

Señora/Srta.

Teresa de Jesús Gordillo Ortíz

Melina Estefanía Vivar Romero

Presente

En calidad de Director de la Estación Experimental del Austro del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, por medio de la presente autorizo la publicación de los datos y resultados de investigación, con debido reconocimiento a esta Institución, de la tesis de grado para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, titulada “Selección de líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad” realizada en el programa de Cereales del INIAP.

Atentamente,



Firmado
electrónicamente por:
JORGE WILSON
JOAQUIN CORONEL
BECERRA

.....
Ing. Jorge Coronel MSc.

**DIRECTOR DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
INIAP**



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional, de manera especial a nuestro director de tesis el Ing. Walter Larriva, quien nos ha brindado su apoyo en este proyecto de investigación. Al Ing. Luis Minchala por el apoyo profesional, al INIAP y su director el Ing. Jorge Coronel y demás funcionarios los cuales nos abrieron las puertas de la institución y nos apoyaron incondicionalmente a llevar a cabo este trabajo de tesis.



DEDICATORIAS

El presente trabajo de investigación lo llevamos a cabo con la bendición de Dios, por la fortaleza que nos dio en esta ardua tarea.

A mi madre por ser el motor principal para culminar este sueño tan anhelado, siendo ella quien siempre oró por mi bienestar y para que todo aquello que realice sea exitoso.

A mi padre por acompañarme en mi carrera universitaria, compartiendo muchos viajes memorables.

A mis hermanos que de una u otra forma estuvieron ahí para apoyarme y darme ánimos en las circunstancias adversas.

A mis sobrinas que son lo más tierno que una tía puede merecer.

A mi ángel de la guarda que desde el cielo estoy segura veló por mí. A mis abuelos y demás familiares gracias por el apoyo brindado, este trabajo es para enorgullecerlos.

Melina Estefanía Vivar Romero.

Mi tesis la dedico con todo mi amor a mis queridos hijos Erika y Mateo. Ellos son mi motor y mi impulso para seguir superándome en la vida. El mayor regalo que puedo heredarles es que sigan mi ejemplo, que sepan que todo es posible si tomamos con responsabilidad y dedicación las metas que nos trazamos.

A mis padres quienes me apoyaron desde siempre para culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanas que estuvieron conmigo alentándome a luchar por mis sueños.

A mis sobrinos y demás familiares les dedico este trabajo de tesis, cuyos resultados fueron fruto de su amor y cariño brindado hacia mi persona.

Teresa de Jesús Gordillo Ortíz.



1. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) ocupa el cuarto lugar en importancia a nivel mundial, después del trigo, maíz y arroz. Por su gran adaptación a climas extremos se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta, desde regiones subtropicales hasta zonas frías. Alrededor de 89 países producen este cereal (Solano , Zamora, & Gonzalez, 2016). Los mayores productores de este cultivo son la Unión Europea, Rusia, Australia, Canadá, Turquía, Ucrania, Estados Unidos, y Argentina. (Donato & Loza Balbuena, 2017).

La cebada en la sierra ecuatoriana es un cultivo transitorio, el cual tradicionalmente rota cada temporada de siembra (Idrovo, 2016). El 40% de la producción ecuatoriana se usa para producir cerveza, mientras que los excedentes se comercializan en mercados locales y sirven para generar subproductos para la alimentación animal y humana (Lema & Basantes, 2017).

La tendencia es reducir el contenido en proteína y un aumento en la concentración de almidón (Basantes, 2015). Las características vítreas y harinosas del endospermo de cebada están directamente relacionadas con la calidad final de malta y se ha observado que el contenido de proteína es un factor importante en el comportamiento de diferentes genotipos durante y al final del malteo. Varios factores como temperatura y la excesiva aplicación de nitrógeno durante el manejo de este cultivo afectan los niveles de proteína principalmente (Huerta & López, 2014). Estudios demuestran que la concentración de nitrógeno en granos de cebada se eleva cuando se aplica fertilizante nitrogenado en exceso (Lázzari, Landriscini, & Echagüe, 2005).

En el caso de la cebada cervecera, se ve una alta disponibilidad de nitrógeno en condiciones adversas (sequía), ocasionando incrementos de las proteínas de los granos. Para



realizar una correcta fertilización es necesario conocer la absorción y el destino del nitrógeno del fertilizante aplicado durante el desarrollo de la planta. La máxima absorción y acumulación de nitrógeno alcanza en la etapa de grano lechoso (Universidad Nacional del Sur de Argentina, 2001).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general del proyecto (OG)

Determinar líneas avanzadas de cebada con calidad maltera, en base al rendimiento y bromatología.

2.2. Objetivos específicos (OE)

Evaluar el germoplasma en estudio en base al vigor de la planta, hábito de crecimiento, tolerancia a enfermedades, días al espigamiento, tipo de paja, forma, color y tamaño de grano.

La selección de las mejores líneas a considerarse debe tener un rendimiento superior a 4 ton/ha.

Las líneas a ser seleccionadas deben tener un potencial mayor al 75% con relación al parámetro establecido de la calidad maltera (9-12% proteína).

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De todas las líneas avanzadas de cebada con calidad maltera a ser evaluadas en la presente investigación, existe alguna que cumpla con el porcentaje de proteína que exige la industria cervecera y supere el rendimiento establecido?



4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal que fue cultivado mucho antes que el trigo. Procede de la parte occidental de Asia, este cultivo se ha difundido ampliamente a lo largo de la historia en el callejón interandino en áreas comprendidas entre 2 400 y 3 500 m de altitud (Yaulema, 2015). La zona en donde se encuentra mayor variabilidad genética es en Israel, Jordania, Etiopia, Tíbet, Marruecos y en Asia central. (Ortíz & Díez, 2019).

La clave del cultivo de cebada cervecera como actividad económica, depende de la calidad del grano obtenido, por lo que existen pruebas físicas que determinan una predicción de calidad maltera, tanto en grano como en peso (Universidad Politecnica de Valencia, 2014).

Para determinar la calidad de la malta se requieren de varios parámetros en estudio, como el porcentaje (%) de proteína que posee el grano de cebada, por lo que se realizan análisis bromatológicos.

Para obtener maltas pálidas, de alta calidad y con menores cantidades de sustancias formadoras de espuma y aminoácidos, se prefieren granos con contenido de proteínas más bajo (entre 8.7-10.3%). Además, las proteínas pueden tener una influencia importante en el aporte de turbidez a las cervezas. El potencial de extracción de malta disminuye con el aumento en proteína de la cebada, por lo que los requerimientos comerciales normales de cebada para malta estipulan como máximo 12%. Con un mayor contenido de proteína existe una mayor dificultad en la transformación de cebada en malta, ya que estas características se asocian a bajos contenidos de extracto (Gaytán & Prieto, 2017).



4.2. Taxonomía botánica

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>vulgare</i>
Nombre científico:	<i>Hordeum vulgare L.</i>

Fuente: (Guañuna Juiña, 2014)

4.3. Características botánicas del cultivo

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es una planta herbácea, monocotiledónea.

La **raíz** de la planta es fasciculada y se puede identificar raíces principales, se forman por el crecimiento de la radícula y desaparecen en la planta adulta, posterior a esto se desarrollan las raíces secundarias desde la base del tallo, con diversas ramificaciones (Fernández & Adolfo, 2015). La profundidad de las raíces depende de la condición, estructura y textura del suelo. (Guañuna Juiña, 2014).

Las **hojas** estrechas y de color verde claro se caracterizan por poseer dos estípulas muy desarrolladas que se cruzan por delante de tallo, posee un sistema radicular superficial. Las hojas surgen continuamente en el tallo principal y tallos hasta que surja la hoja final (hoja bandera) (Guañuna Juiña, 2014).

El **tallo** de la cebada es una caña hueca erecta y gruesa, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 m a 1 m.



La **espiga**, es la *inflorescencia*, donde las glumas y las páleas tienen como función proteger el grano. La espiga, en las cebadas de dos (2) carreras es aplastada y las espiguillas van opuestas y alternativamente una a otra. En las cebadas de cuatro (4) carreras, la sección de la espiga es más cuadrada, aunque los granos de todas ellas tienen la misma forma (Fernández & Adolfo, 2015).

Los **granos** son un fruto seco, indehisciente denominado cariósipide, en la cebada de dos hileras sólo la espiguilla central es fértil, mientras que las espiguillas laterales son más pequeñas con estambres reducidos, un ovario rudimentario y el estigma; por lo tanto, las espiguillas laterales de la cebada de dos hileras son estériles y únicamente una sola semilla se produce en cada nudo de la espiga, dándole una apariencia plana (Guañuna Juiña, 2014).

4.4.Ciclo vegetativo o Fisiología

El ciclo vegetativo, corresponde a las etapas marcadas del desarrollo de la planta, este período va desde la germinación de las semillas, macollamiento, formación de tallos, período de reproducción, y período de maduración (Fernández & Adolfo, 2015).

Germinación de las semillas es un período que dura alrededor de 6-10 días según la temperatura y humedad del suelo, hasta el encañado (formación de los tallos). En esta etapa también ocurre el ahijamiento (proceso de ramificación que parte de la base de la planta) este proceso dependerá del contenido de nitrógeno (N) y fosforo (P); el cual afectará de manera directa en el rendimiento (Fernández & Adolfo, 2015).

El macollamiento (tallos secundarios) aparecen de las yemas axilares del primer tallo. El número de macollos por planta es influenciado por la densidad y la genética del cultivar, así como también de factores ambientales (Vasquez Castro, 2015).



La formación de tallos se encuentra influenciada principalmente por el genotipo, la climatología y la fertilidad del suelo (Vasquez Castro, 2015).

Período de reproducción es la etapa completa del encañado y del espigamiento, no todos los tallos terminan en espiga, existen plantas que se retrasan por lo que es una etapa crítica para la nutrición de la planta. El cultivo requerirá de una fertilización rica en nitrógeno (N) para la formación de nucleoproteínas (Vasquez Castro, 2015).

La duración de esta fase de encañado es variable, pudiendo ser de aproximadamente 28 a 35 días. En esta etapa también se da el espigamiento, (maduración de los órganos sexuales, granos de polen, óvulos) y fecundación. La duración del espigado es aproximadamente de 30 días (Guañuna Juiña, 2014).

El período de maduración ocurre cuando las hojas maduras envejecen progresivamente y poco a poco las de toda la planta secándose hasta su plena madurez, cuando el grano está maduro (Guañuna Juiña, 2014). En esta etapa corresponde a la acumulación de almidón en los granos producto de la actividad fotosintética, lo cual depende del clima y contenido de Nitrógeno (N) (Basantes, 2015).

4.5. Enfermedades comunes en la cebada

El cultivo de cebada cervecera desapareció por la década de los años 80's por causa de enfermedades como es el caso de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y su alta incidencia en las variedades que se cultivaban en la época. En la actualidad la industria cervecera en Ecuador importa la mayoría de los suministros especialmente diferentes variedades para la elaboración de cerveza, ya que la poca superficie que se destina a este cereal en el país, se lo



cultiva con material genético que no cumplen con lo que requiere la industria (Cuéllar & Sandoval, 2015).

Ecuador importa cebada cada año en mayores cantidades, para el año 2019 se realizó una importación de 63.358 ton por un valor de \$ 32'470.015, proveniente de veinte países de los cuales destacan Argentina, México y Chile (MAG, 2019).

Entre los principales problemas fitosanitarios que afectan a este cultivo se tiene a las royas amarilla (*Puccinia striiformis*) y roya negra/roya de la hoja (*Puccinia hordei*), las cuales han generado pérdidas en el rendimiento y hacen que las variedades pierdan su resistencia pocos años después de su liberación a causa de su extrema virulencia (Cuéllar & Sandoval, 2015).

4.5.1. Roya negra (*Puccinia hordei*)

Esta enfermedad puede causar pérdidas significativas en el rendimiento, afectando hasta un 50% al grano; es muy común que aparezca cuando se establece cebada (*Hordeum vulgare* L.) en época de lluvia. El hongo se ve favorecido durante este período debido a que es un patógeno que se desarrolla a baja temperatura y constituye un problema importante en lugares donde prevalece el clima fresco y húmedo. Las esporas geminan en un rango de temperatura de 9-13°C y para su esporulación en un rango de 12-15°C todo esto puede ser controlado con fungicidas, pero esto incrementaría los costos de producción y causaría una severa contaminación al medio ambiente (Cuéllar & Sandoval, 2015).

4.5.2. Roya amarilla (*Puccinia striiformis*)

La roya amarilla (*Puccinia striiformis*) ataca a la cebada en menor intensidad ya que es un hongo monocíclico, patógeno que completa su ciclo de vida en una única fase, lo cual significa que desde que sembramos el cereal hasta que la semilla es nuevamente cosechada



y esta a su vez es nuevamente sembrada en el campo en una siguiente fase de cultivo, el hongo recién ha completado un único ciclo (Cuéllar & Sandoval, 2015).

El inóculo primario inicia el desarrollo y causa la enfermedad, al mismo tiempo que se da la germinación de la semilla, este puede encontrarse en el suelo, en restos vegetales de cosechas anteriores. Cuando sembramos semilla “infectada” con el patógeno, las esporas empiezan a desarrollarse contaminando al resto de la planta; la misma que a su vez genera nuevo inóculo que servirá de fuente de infección para el siguiente cultivo (Ortíz & Díez, 2019).

A medida que sube la temperatura el crecimiento del hongo evoluciona y el aspecto de la enfermedad en la hoja cambia, para el desarrollo de la enfermedad, la humedad (agua libre) es beneficioso y es perjudicial para el cultivo (Ortíz & Díez, 2019).

La enfermedad se presenta en los limbos foliares, también puede presentarse en las vainas de las hojas y espigas. El tiempo que el hongo necesita para infectar y generar nuevas esporas va de 10 a 14 días. La temperatura óptima para el desarrollo del hongo está en el rango de 7 a 15°C, por lo que es importante interrumpir el ciclo del hongo, siendo una de las maneras de hacerlo la eliminación de los rebrotes. (Ortíz & Díez, 2019).



5. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó como una actividad del Programa de Cereales de la Estación Experimental del Austro (E.E.A.) del Instituto Nacional de Investigaciones – INIAP.

5.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en la provincia del Azuay, cantón Gualaceo sector Bullcay, en los predios de la Estación Experimental del Austro (E.E.A) del INIAP, esta se encuentra ubicada a una de altitud de 2.230 m.s.n.m. entre las coordenadas: latitud $2^{\circ} 51' 57''$ S y longitud $78^{\circ} 46' 49''$ E.



Figura 1: Estación Experimental del Austro – INIAP, predio donde se llevó a cabo el desarrollo de la tesis.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



Tabla 1. Niveles de nutrición del suelo (2018).

ANÁLISIS DE SUELO DEL SITIO EXPERIMENTAL										
MO	pH	ppm			Meq/100ml			ppm		
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
3.53%	7.7	74.83	40.92	0.46	16.72	2.22	3.5	8.0	8.0	10.0
M	LA	A	A	A	A	M	B	M	M	M

Fuente: (Estación Experimental del Austro – INIAP, 2018).

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Registro de la precipitación a lo largo de 8 meses consecutivos.

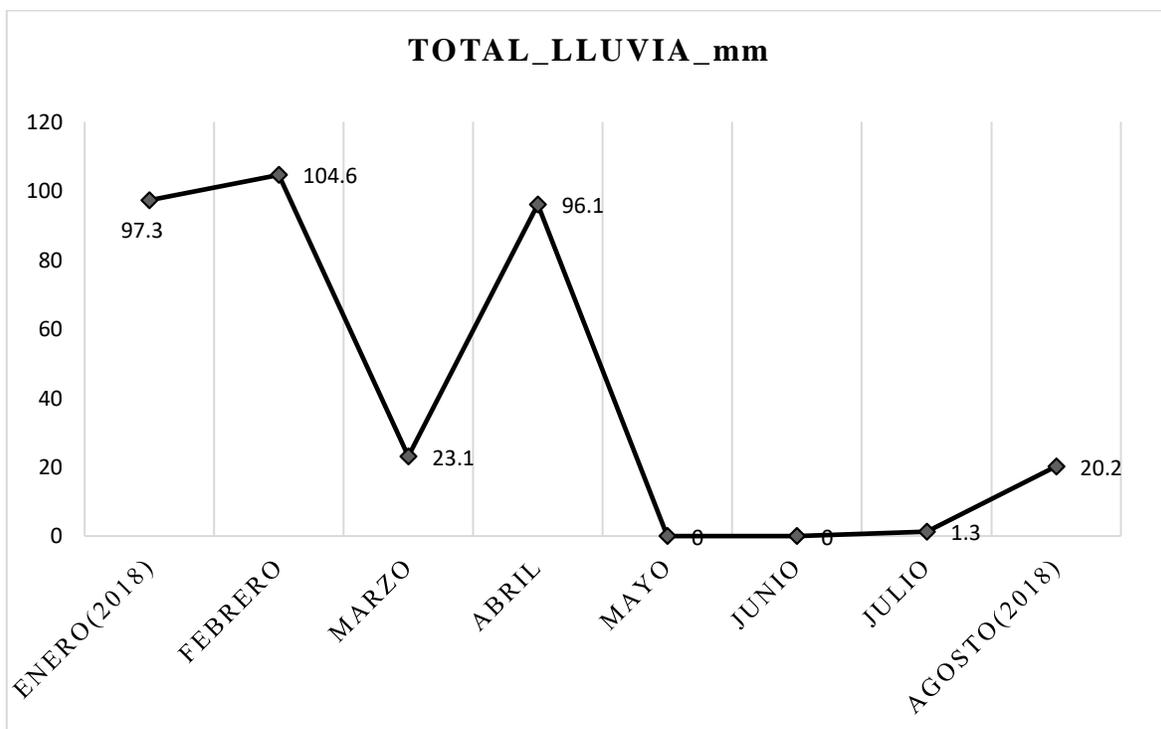


Figura 2: Precipitación de la Estación Experimental del Austro período 2018.

Fuente: (Estación Experimental del Austro – INIAP, 2018).

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



Altitud: 2.312 m s.n.m.

Precipitación máxima: febrero 104,6 mm.

Precipitación mínima: mayo – junio 0 mm.

Temperatura promedio: 8-15°C.

Régimen de humedad: 1-5 meses.

5.2.MATERIALES

En la ejecución de la presente investigación se empleó materiales físicos, químicos y biológicos.

Tabla 2. Materiales físicos empleados en la investigación.

cinta métrica	libreta de campo
área de estudio (lotes trazados)	sembradora de ensayos
Estacas	Cosechadora
Piola	Rastrillos
Lápiz	Azadillas
marcadores permanentes	cámara fotográfica
Letreros	Trilladora
Etiquetas	balanzas de precisión (gr)
Sacos	fundas de papel

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Material químico: Fertilizante 18-46-0.

Material biológico: Las líneas avanzadas de cebada con calidad maltera a ser evaluadas, fueron semillas certificadas con un prendimiento de hasta el 95%.

**Tabla 3.** Líneas avanzadas de cebada maltera empleadas en la investigación.

SHYRI89 (testigo)	13WA146.12	10WA.107.9	11WA-111.9
SHYRI2000 (testigo)	13WA146.4	X066Q77183	11WA-107.32
Scarlett (testigo)	13WA126.3	XO5013-T1	11WA 105. 12
Metcalf (testigo)	13WA16.8	10WA.118D	11WA 105. 18
13WA126.5	13WA146.2	10WA117.24	11WA 105. 19
13WA126.1	13WA146.7	12WA.120.17	12WA.120.14
13WA146.1	13WA146.13	10WA.117.17	10WA-131.16
13WA126.6	13WA146.11	10WA-113.10	11WA107.43
13WA146.10	13WA146.3	11WA-107.56	CROKET2016

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

5.3.METODOLOGÍA

La metodología descrita a continuación es empleada por el INIAP período tras período para evaluar líneas de cebada previas a ser seleccionadas, independientemente de su localidad y sus objetivos.

El área total utilizado para el desarrollo de trabajo de tesis fue de 486 m² el cual fue dividido en 108 parcelas experimentales con un área de 4.50 m² cada una, constituida por seis (6) surcos. Como primera instancia la siembra se realizó con la ayuda de una maquina sembradora de cebada, la cantidad de semilla utilizada fue de 49 gr (0.049 kg) acompañada por 70 gr (0.070 kg) de fertilización (18-46-0) esto a nivel de parcela experimental. Como es sabido los predios del INIAP cuentan con un sistema de riego (aspersión) el cual está habilitado para las épocas de sequía.

A continuación, se detalla la metodología para cada una de las variables en estudio.



Objetivo 1. (OE)

a) Porcentaje de emergencia (PE)

El porcentaje (%) de emergencia es el desarrollo de la planta, cuando se forman las primeras cuatro hojas verdaderas y el crecimiento vegetativo se acelera. Es en este punto en donde se procede a tomar datos que posteriormente serán evaluados.

b) Vigor de la planta (VP)

El vigor se caracteriza por la capacidad de crecimiento de la planta y el buen desarrollo de esta, cuando tenemos un buen vigor habrá un equilibrio en la productividad, para ello contamos con los siguientes parámetros de estudio: Plantas con hojas erectas, grandes, succulentas y bien formadas (MUY BUENO), plantas con hojas grandes pero débiles (BUENO) y plantas con hojas pequeñas, débiles y mal formadas (MALO).

c) Habito de crecimiento (HC)

Cada especie vegetal tiene su forma, tamaño y apariencia al momento de desarrollarse por lo que es de vital importancia mantener las parcelas experimentales limpias de manera que no exista competencia con la maleza y el desarrollo del cultivo sea exitoso. Esta variable fue evaluada a los 35, 50 y 65 dds (días después de la siembra) se observó de manera aleatoria esta variable y los parámetros en estudio fueron: Tallo erecto, intermedio y postrado.

d) Días al espigamiento (DE)

La formación de espiga de dos carreras posee las características más apropiadas para la elaboración de cerveza a diferencia de las otras que son mucho más aptas para el consumo animal. Esta variable fue evaluada a los 35, 50 y 65 dds (días después de la siembra) se procedió a la toma de datos cuando se observó de manera aleatoria la formación de espiga del 50% por cada parcela experimental.



e) Incidencia de enfermedades (IE)

La incidencia de enfermedades hace referencia a la presencia de esta en un período de tiempo determinado donde se evaluó la respuesta de la planta a las enfermedades más comunes para este cultivo como son: Roya de la hoja o denominada también roya negra (*Puccinia hordei*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis*). El método empleado fue la escala modificada de Cobb (Sauceda, Lugo, & Villaseñor, 2015) que determina el porcentaje (%) del tejido (100%) que puede ser infectado por la enfermedad e incluye el grado de severidad, esto fue empleado para evaluar las dos enfermedades ya mencionadas. El 5-10% equivalente a ningún tipo de reacción (O), 20% equivalente a resistente (R), 40% equivalente a moderadamente resistente (MR), 60% equivalente a moderadamente susceptible (MS) y 100% equivalente a susceptible (S) esta escala fue empleada para las dos enfermedades antes mencionadas y evaluada a los 86 dds (días después de la siembra), de manera aleatoria se observó el ataque de estas enfermedades en las hojas dentro de cada parcela experimental y se procedió a la toma de datos.

f) Altura de planta (AP)

Al momento de la cosecha se midió la altura en metros (m) desde el suelo hasta el extremo de la espiga, incluyendo las aristas (barbas). Tomando 5 plantas como submuestras de cada una de las 108 parcelas experimentales con el objetivo de estandarizar esta variable, esto se realizó a los 121 dds (días después de la siembra). En esta variable se seleccionarán líneas de "baja estatura", ya que está comprobado que líneas inferiores a 1m soportan mejor el acame (Mirando & Benitez, 2016).



g) Tipo de paja (TP)

En esta variable se buscaron las líneas de cebada con resistencia (firmeza) del tallo al acame. Esta variable fue evaluada a los 86 dds (días después de la siembra) el protocolo para evaluar la variable fue tomando un manojito de tallos dentro de cada parcela experimental y mediante el tacto clasificarlos según los rangos recomendados por el INIAP los cuales fueron: Tallos fuertes, intermedios y débiles.

h) Tipo de grano (TG)

El tipo de grano que se adquiriera producto de la cosecha influirá de manera directa al momento de calcular el rendimiento para la elaboración de malta y para próximas siembras.

La cosecha se realizó a los 123 dds (días después de la siembra). Una vez trillado el grano, se calculó el porcentaje de humedad de la semilla mediante el detector de humedad de granos facilitado por el departamento de cereales del INIAP, luego de 15 días y cuando el grano alcanzo el porcentaje esperado (15%) se pesó y se observaron los granos de las diferentes líneas y se determinó la calidad del grano según la escala establecida (Equipo técnico rubro cereales, E. E. A, 2019).

Tabla 4. Mediciones experimentales TG.

Valores de campo	Significado valores	Categoría
1	Grano grande, lleno y limpio	MUY BUENO
2	Grano normal, bien formado y limpio	BUENO
3	Grano pequeño, chupado y/o manchado	MALO

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



Objetivo 2. (OE)

i) Rendimiento (R)

El rendimiento es la relación de la producción total de la cebada cosechada por área de terreno utilizado, este fue calculado después de la cosecha y trilla. Al término del ciclo de cultivo, se realizó el pesaje del grano seco mediante una balanza (gr) para cada una de las 108 parcelas experimentales. Posterior a esta actividad se transformaron estos valores realizando una regla de tres para transformar los resultados obtenidos: gr/parcela a kg/parcela estos a su vez a ton/parcela y finalmente a ton/ha.

j) Análisis bromatológico (AB)

Consistió en medir el porcentaje de proteína que contienen las diferentes líneas de cebada, mediante reacciones químicas las cuales analizan la composición del grano, esto se llevó a cabo en los laboratorios bromatológicos de INIAP (Santa Catalina).

6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la presente investigación se usaron bloques completamente al azar (DBCA) con tres (3) repeticiones, empleando 36 líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L).

N° tratamientos	N° repeticiones	N° unid. experimental
36 líneas	R1 R2 R3	108 parcelas experimentales

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Para procesar los resultados obtenidos de las variables, se emplearon programas estadísticos como Excel para armar una base de datos y R (versión 3.4.4) para procesar algunas variables en estudio.

Esquema del análisis de varianza para evaluar las variables en estudio de la Sierra sur del Ecuador.

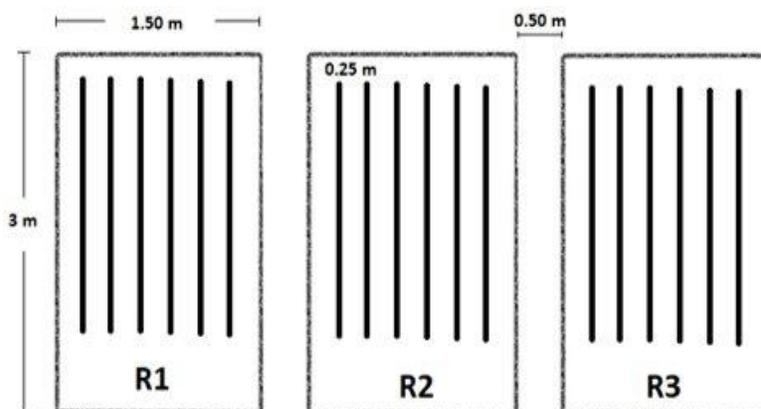
Fuentes de variación	Grados de libertad
Repeticiones (r-1)	2
Tratamientos (t-1)	35
Error (r-1) (t-1)	70
Total (t x r-1)	107

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Tabla 5. Diseño de la parcela experimental.

La unidad experimental estuvo representada con las siguientes características:	
Forma de la parcela	Rectangular
	Largo= 3 m
Formación neta de bloques	Ancho= 1.50 m
	Área neta total= 4.50 m ²
Formación de la parcela	6 surcos
Separación entre surco	0.25 m
Separación entre parcela	0.50 m
Área total del ensayo	Área total= 486 m ²
Densidad de siembra	110 kg/ha
Chorro de la máquina	49 gr de semilla
Cantidad de fertilización	70 gr/parcela del fertilizante 18-46-0

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.





7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS LINEAS FRENTE A LAS VARIABLES PLANTEADAS.

Los resultados obtenidos son en base a las variables estudiadas y analizadas como: porcentaje (%) de emergencia, hábito de crecimiento, vigor, altura de plantas, días al espigamiento, incidencia de enfermedades, tipo de paja (equivalente al tipo de tallo que se formó), tipo de grano (forma, tamaño, color) rendimiento y análisis bromatológico en el cual se calculó el porcentaje de proteína que contiene cada una de las 36 líneas experimentales.

7.1. PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Esta variable fue clasificada en tres categorías: líneas que emergieron en un rango inferior al 90%, líneas que emergieron en un rango de 90-95% y líneas que emergieron en un rango superior al 95%. El obtener un porcentaje (%) bajo de germinación es un indicativo de la pérdida de calidad en la semilla (Olivo & Badinelli, 2008), por tal motivo es esencial conocer el nivel de latencia de las semillas seleccionadas para el proceso de la elaboración de malta (Perez & Mejia, 2015). La germinación uniforme es un punto clave durante el proceso de malteado, aquí la importancia de que las variedades sean previamente analizadas en campo, observando el porcentaje (%) de germinación (Taner & Muzaffer, 2014). La literatura indica que el porcentaje de emergencia debe estar en un rango de 97% después de 10 dds (Hernández & Zamora, 2016).

En la figura 3 se observa un resumen de los valores para la variable germinación. Las 36 líneas de cebada se comportaron de la misma forma, perteneciendo a un mismo grupo “a”. Se realizó para esta variable un análisis no paramétrico tipo Kruskal-Wallis obteniendo

resultados de p value 0.104, lo cual indica que estadísticamente no es significativo. Las líneas para seleccionar fueron aquellas que dentro de la parcela experimental el 97% de las semillas germinaron, esta variable se registró a los 20 dds (días después de la siembra) teniendo como resultado las siguientes líneas: 13WA126.5 – 13WA16.8 - METCALF - 11WA-111.9 y 11WA105.12.

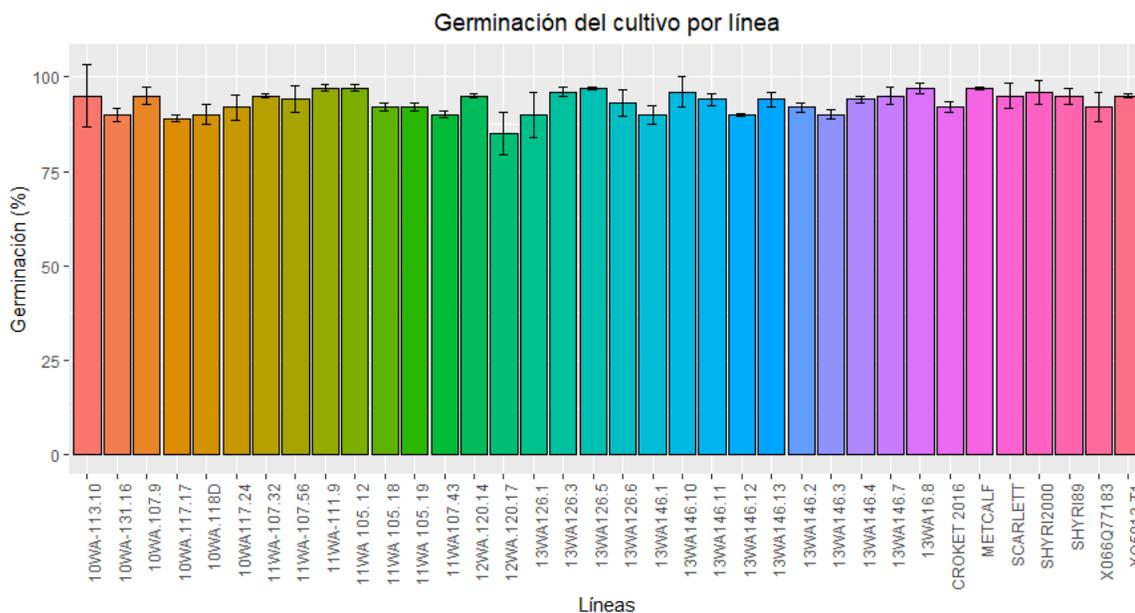


Figura 3: Análisis comparativo del porcentaje de semillas de cebada que germinaron dentro de la parcela experimental a los 20 dds (días después de la siembra).

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.2. HÁBITO DE CRECIMIENTO

Esta variable fue evaluada en tres (3) momentos diferentes (cada 15 días), para la cual se emplearon tres (3) parámetros de categorización: erecto, intermedio y postrado.

Según Hernández & Zamora (2016) indica que las condiciones ambientales para el hábito de crecimiento y desarrollo del cultivo son fundamentales, en especial en época de fuertes lluvias ya que esto favorece al acame de las plantas. Los resultados obtenidos se manifiestan en la figura 4, mostrando el mismo comportamiento para 35 líneas representadas con la



categoría **ERECTO**; mientras que únicamente SHYRI2000 se encuentra en la clasificación de **INTERMEDIO**.

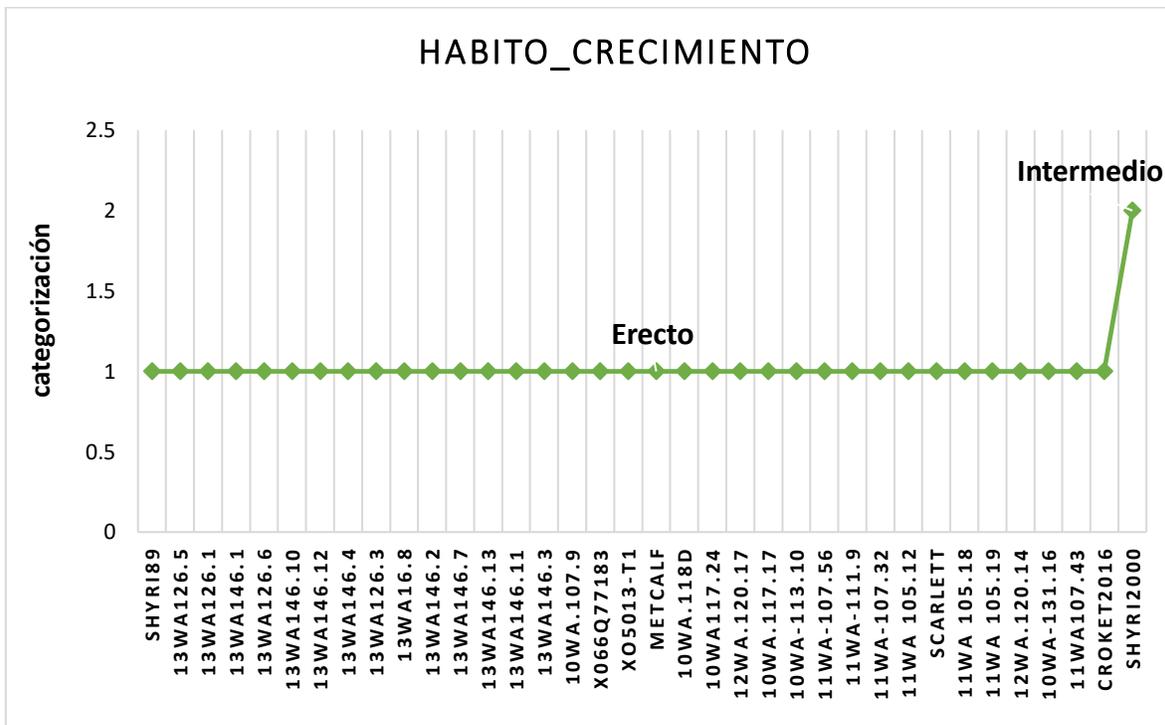


Figura 4: Hábito de crecimiento de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.3. VIGOR DE LA PLANTA

Esta variable se analizó juntamente con la variable hábito de crecimiento, en las mismas fechas a los 35, 50 y 65 dds (días después de la siembra). Los resultados obtenidos se reflejan en la figura 5, mostrando el mismo comportamiento para las 36 líneas estando en la categoría de **VIGOROSO**. Según Castillo & Alfaro (2016) indican que la respuesta de las líneas a esta variable puede depender fundamentalmente de la calidad y viabilidad de la semilla utilizada, esta teoría concuerda con lo observado en el ensayo, ya que la semilla empleada fue certificada y juntamente con las buenas prácticas agrícolas empleadas durante el desarrollo del ensayo se obtuvieron resultados satisfactorios.

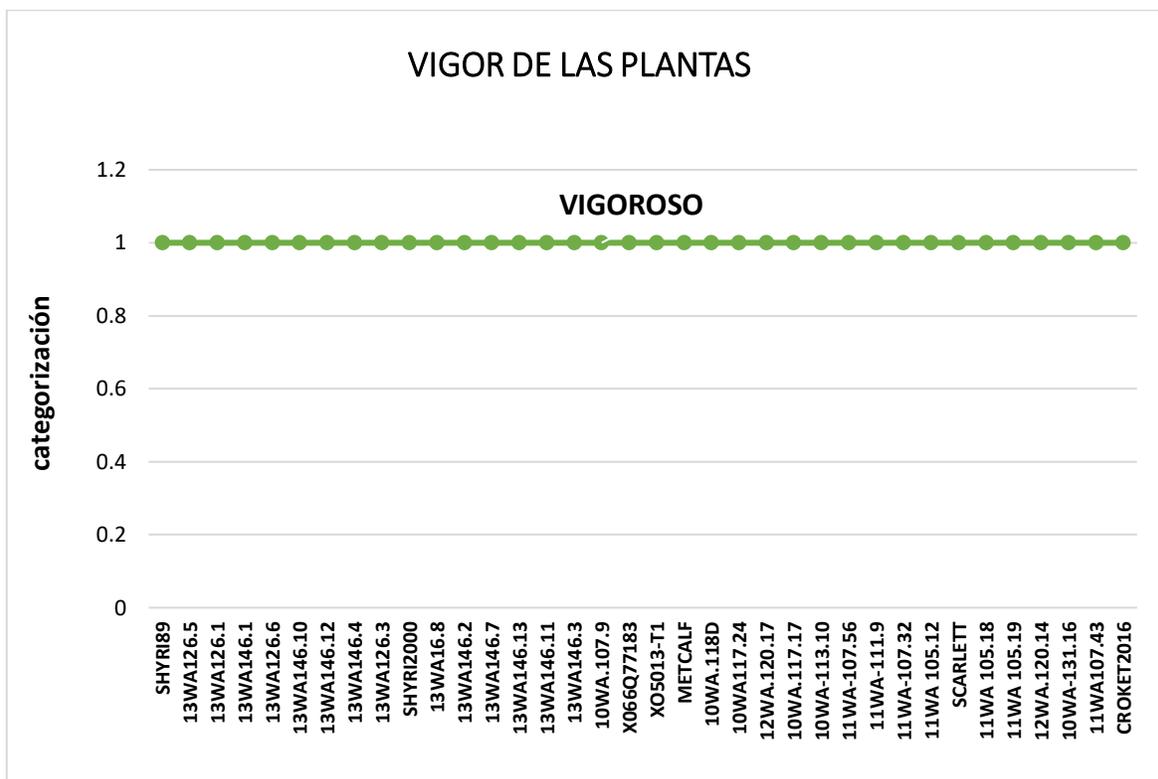


Figura 5: Análisis del vigor de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.4. ESPIGAMIENTO

Esta variable fue evaluada durante tres (3) fechas: 35, 50 y 65 dds. El objetivo fue identificar líneas **MUY PRECOCES** con un porcentaje (%) de formación de espiga superior al 90% dentro de la primera fecha, para lo cual 4 líneas cumplieron con estos parámetros: METCALF – 13WA126.6 – 12WA146.10 y SHYRI2000 observándose en la figura 6.

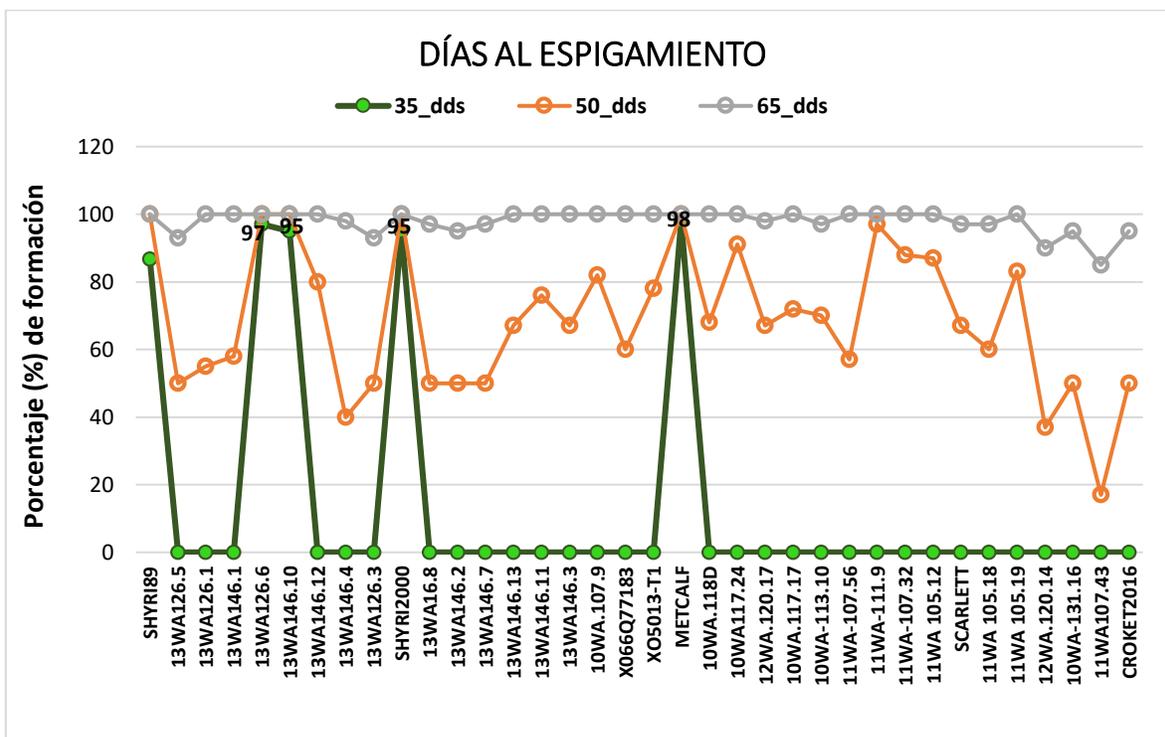


Figura 6: Porcentaje de espigamiento a los 35, 50 y 65 dds de las 36 líneas de cebada.
Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

En la figura 7 se observa un análisis comparativo entre líneas, donde existe diferencia entre los grupos “a” frente a los demás grupos clasificados. Se realizó para esta variable un análisis no paramétrico tipo Kruskal-Wallis obteniendo resultados de $p \text{ value } 9.5e-06 < 0,05$.

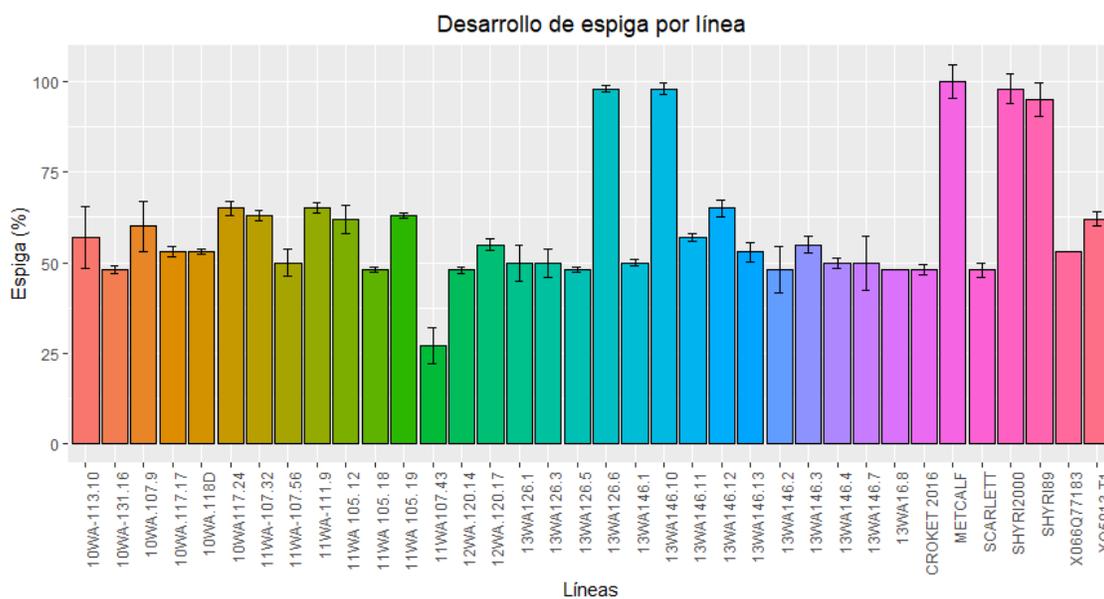


Figura 7: Comparación entre las 36 líneas de cebada para la variable espiga.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Cabe recalcar que el espigamiento es el componente que mayor contribución tiene en el rendimiento tratándose de cereales de grano pequeño (Castañeda & Candido, 2009).

Mirando & Benítez (2016) indican que el estrés hídrico severo es típico de ambientes con sequía, lo cual repercute en una reducción considerable del número de granos por espiga, sin embargo, este no fue el caso para en la presente investigación, ya que el desarrollo del proyecto se realizó en época de lluvia, dando como resultado un llenado de grano uniforme.

7.5. ALTURA DE PLANTAS

Para la variable altura de planta se contó con tres (3) rangos de clasificación: alta (1.31-1.36m), media (1.10-1.28m) y baja (1.03-1.06m) esta variable fue evaluada a los 121 dds (días después de la siembra) y próximos a la cosecha.

La presencia de diferentes tipos de estrés ambiental durante la formación del cultivo también influye en el crecimiento de la planta (Castañeda & Candido, 2009).

Mirando & Benítez (2016), indican que al seleccionar plantas de menor tamaño estas obtienen un mejor rendimiento, siendo plantas con una altura que va de 0,67 a 1m.

En la figura 8 observamos varios grupos de clasificación para la variable altura. Las líneas seleccionadas para esta variable fueron: 11WA105.12 – 13WA146.1 encontrándose en el mismo grupo “ef” y SCARLETT encontrándose en el grupo “e” con alturas de 1,06m - 1,05m y 1,03m respectivamente; cuyas alturas son consideradas bajas por lo tanto pueden ser más resistentes al acame en zonas de cultivo con fuertes viento, como lo manifiesta Mirando & Benítez (2016).

Se realizó para esta variable un análisis no paramétrico tipo Kruskal-Wallis obteniendo valores significativos de $p \text{ value } 0,00017 < 0,05$.

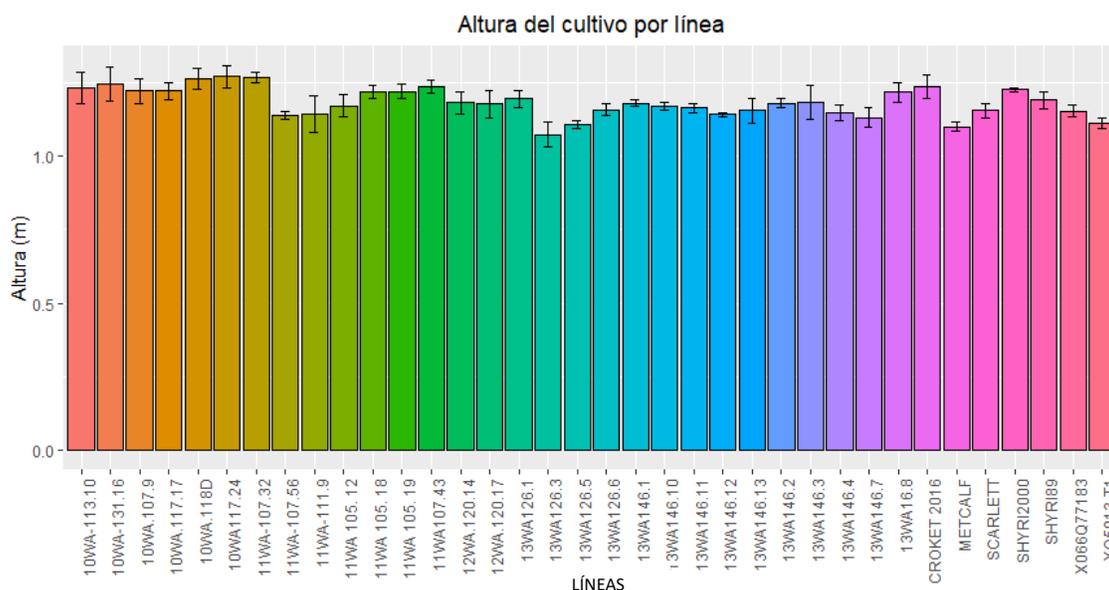


Figura 8: Comparación entre las líneas para la variable altura.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



7.6. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES: Roya negra y Roya amarilla.

Lo que se conoce de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) es que ataca a la mayoría de las variedades de cebada, por lo que es mucho más agresiva que roya negra teniendo pérdidas en rendimiento hasta del 60% (Luna, 2014). Al igual que roya negra, se esparce mediante agua libre los datos registrados en este ensayo expresan resultados favorables, con un ataque insignificante no causando problemas para el rendimiento ni tipo de grano.

Como primera instancia se evaluó el porcentaje de ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en la hoja, en donde se tomaron las líneas que manifestaron un ataque del 20% (equivalente a Resistente) siendo seleccionadas estas ya que presentaron la enfermedad pero en rangos bajos y sin causar daños al rendimiento, las líneas 13WA126.3 – 13WA126.1 – 13WA146.7 – 13WA146.1 – X066Q77183 – 11WA105.12 son aquellas que cumplen con el parámetro establecido; observándose en la figura 9.

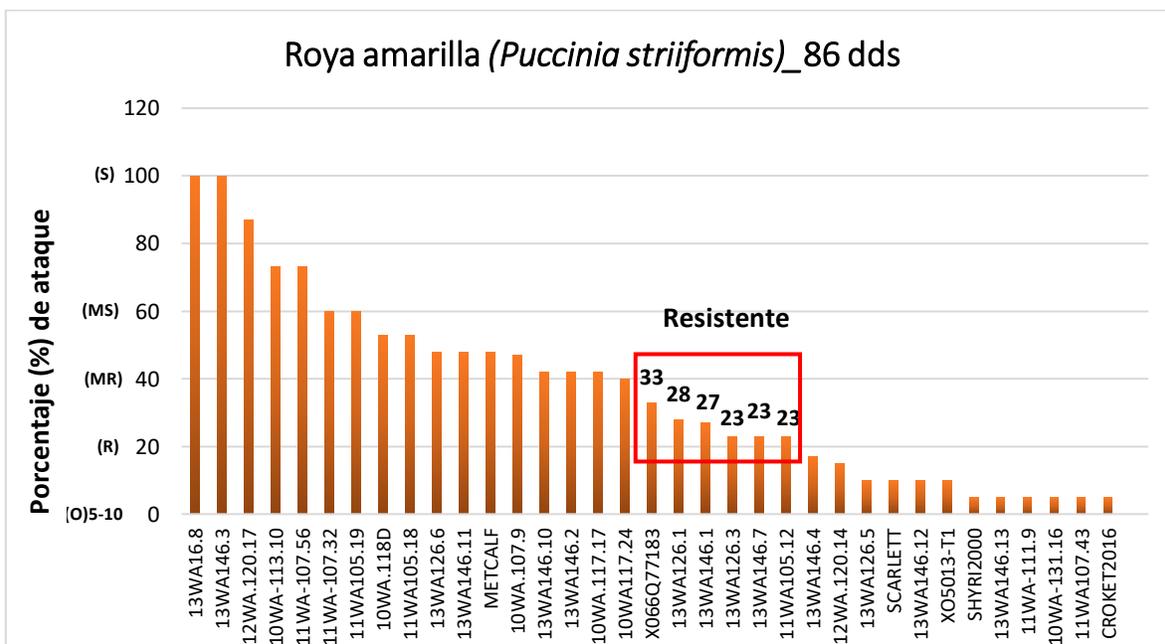


Figura 9: Análisis de la incidencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en las hojas de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



El rendimiento y el tipo de grano están directamente relacionados con la presencia de enfermedades fúngicas. La infección de Roya negra (*Puccinia hordei*) puede causar problemas en el número y la calidad del grano, las pérdidas de rendimiento pueden llegar a ser hasta del 50% (Luna, 2014). La siembra se realizó en época de lluvia evitando adicionar un riego por aspersión, de tal modo que las plantas no tengan agua libre en su follaje y no se propague las esporas del hongo.

Para el ataque de roya negra (*Puccinia hordei*) en la hoja, se empleó el mismo principio el cual fue tomar las líneas con un ataque del 20% (equivalente a Resistente) lo que se busco fue líneas que manifiesten la enfermedad pero que no interfieran con el rendimiento, que no causen mayor daño a las plantas, la presencia de la enfermedad pudo darse debido a que el ensayo estuvo dentro de un lote junto a otros ensayos experimentales, los mismo que pudieron presentar la enfermedad y las esporas pudieron propagarse por acción de viento. Los resultados obtenidos indican que las líneas 13WA126.1 – 13WA146.7 – 13WA126.6 – 13WA146.1 – 11WA-111.9 – 11WA105.12 – 11WA105.19 son aquellas que cumplen con el parámetro establecido; esto quiere decir que el ataque de la enfermedad fue mínimo observándose en la figura 10.

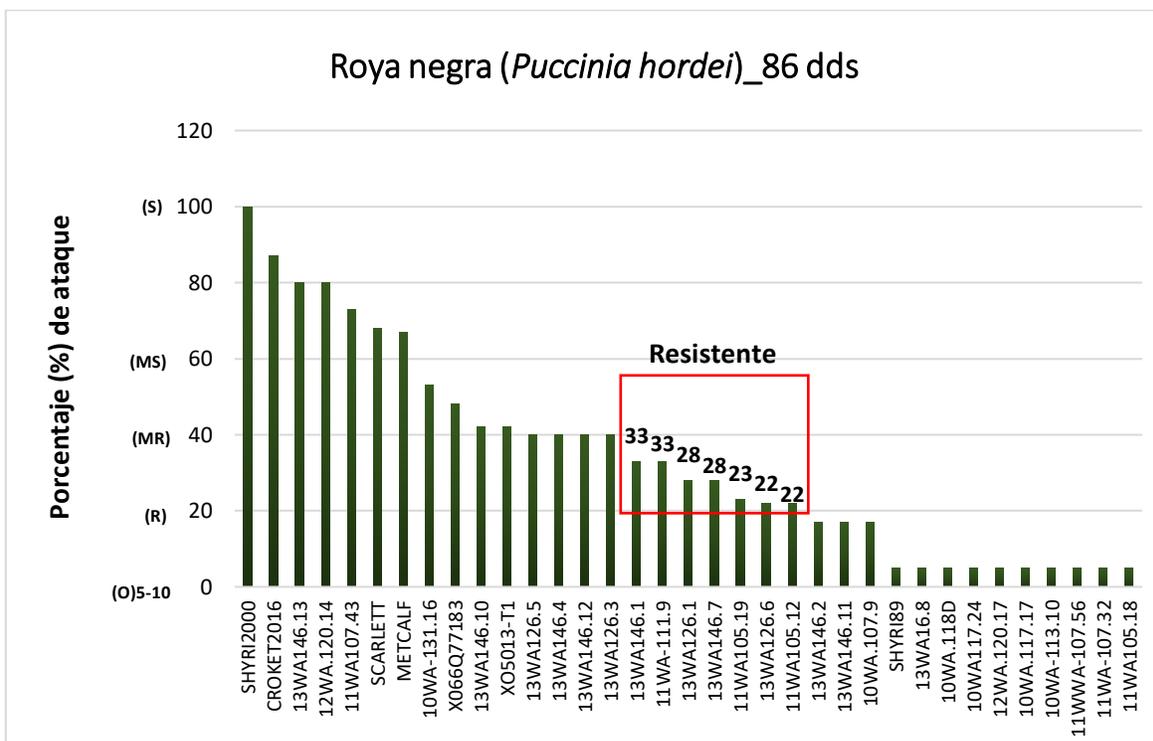


Figura 10: Análisis de la incidencia de roya negra (*Puccinia hordei*) en las hojas de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.7. TIPO DE PAJA

Esta variable fue evaluada en base a la firmeza que poseen los tallos, de ahí su categorización: erecto, intermedio y tallos postrados. La paja obtenida de cereales comunes como cebada, tradicionalmente es usado como alimento para animales, esto debido a que el tipo de paja que se forma está asociado directamente con la proteína y minerales (FAO, s.f.). Esta variable es importante ya que los agricultores de la sierra sur utilizan este material como fuente de alimento para sus animales y para la industria cervecera el tipo de paja es un indicativo de que su material vegetal es deseable y sus granos de cebada serán seleccionados para la elaboración de malta.



Los resultados obtenidos para esta variable están directamente relacionados con los valores proteicos de cada línea en estudio, a menor porcentaje (%) de proteína menor será la firmeza del tallo. La calidad de la paja está relacionada con los valores de nutrición de la parte aérea de la planta, si se tiene una fertilización nitrogenada (urea) esta elevará los valores de proteína, siendo un alimento ideal para animales de granja (FEDNA, 2014). En la figura 11 se observan los resultados obtenidos:

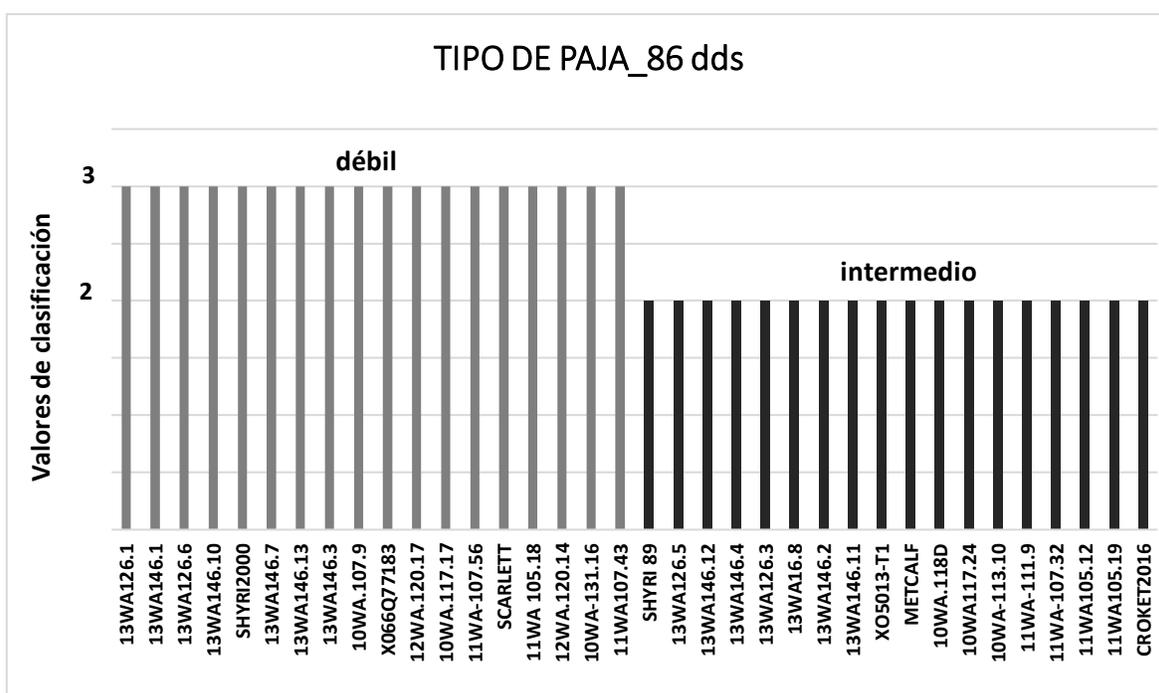


Figura 11: Estimación del tipo de paja, con relación a la consistencia de los tallos de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.8. TIPO DE GRANO

La obtención de un grano de alto nivel es indispensable en la producción, esta semilla de alta calidad es un factor preponderante para el éxito de cualquier cultivo (Olivo & Badinelli, 2008). La variedad de cebada más usada por la industria cervecera es la de dos carreras, esto

debido a que sus granos presentan mayor uniformidad en su tamaño (Perez A. , 2016) este



autor corrobora los resultados obtenidos mediante este gráfico de comparación de variables en donde se indica claramente que, el tipo de paja influye en la calidad del grano que se formará.

El tipo de grano influye de manera directa para tener un buen rendimiento al momento de la cosecha, también influirá para usar esa semilla en la siguiente siembra y sobre todo el tipo de grano cumple un papel importante en la industria maltera.

Autores como Gali & Brown (2000), indican que la cebada cultivada a partir de variedades malteras a menudo no cumple con los estándares de proteína y tamaño de grano deseado, por lo que se vende en el mercado a menor precio.

Esta variable fue evaluada visualmente después de que el grano alcanzó un porcentaje de humedad del 15%, el grano quedó libre de impurezas al pasar por un ventilador. En la figura 12 se observan que para la categoría de **GRANO MUY BUENO** se registraron 20 líneas experimentales las cuales son: 13WA126.5 – 13WA126.1 – 13WA126.6 -13WA146.10 – 13WA146.12 – 13WA146.4 – SHYRI2000 – 13WA16.8 – 13WA146.7 – 13WA146.13 – 13WA146.11 – 13WA146.3 – XO5013-T1 – 12WA.120.17 – 11WWA-111.9 – 11WA105.12 – 12WA120.14 – 10WA-131.16 – 11WA107.43 y CROKET2016.

Por tal motivo la importancia de seleccionar líneas de cebada cervecera con un porcentaje de proteína oscilando entre los 9 y 12% y tipo de **GRANO MUY BUENO**.

El grano grande de cebada maltera está asociado con un bajo contenido de proteína (Gali & Brown, 2000), lo cual es uno de los objetivos para esta investigación.

Olivo & Badinelli (2008), indica que al tener la semilla lesiones durante la cosecha, secado y almacenamiento esta pierde calidad. Al momento de la cosecha y la trillada del grano se tomaron las medidas necesarias de precaución para evitar estas lesiones.

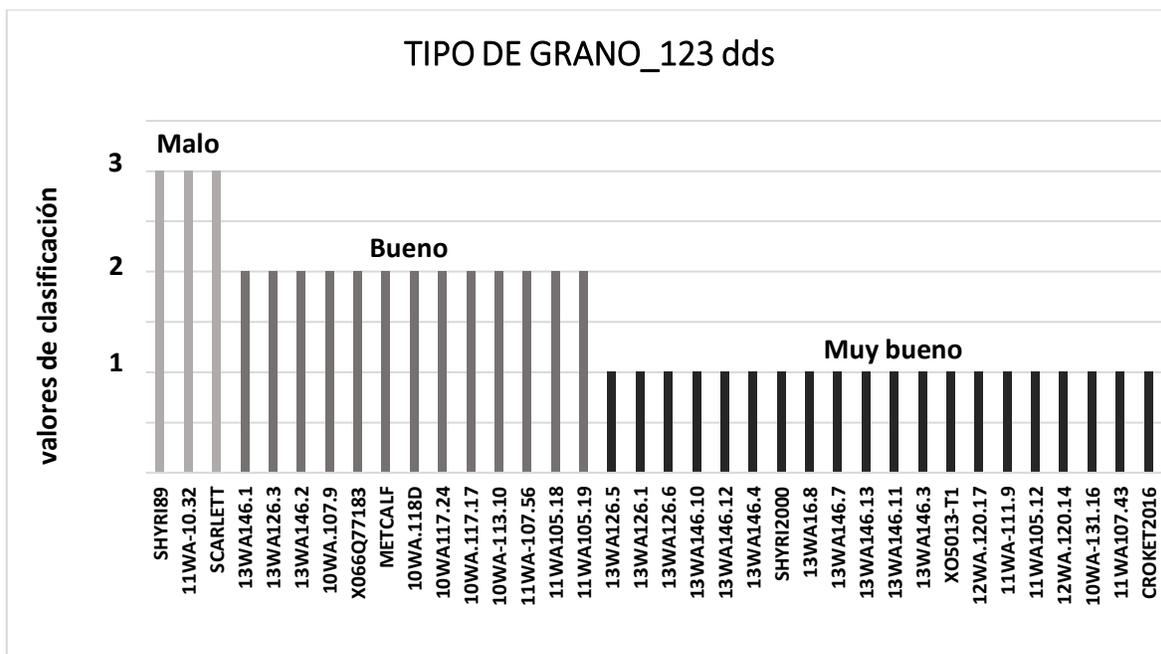


Figura 12: Estimación del tipo de grano (forma, tamaño y color) de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.9. RENDIMIENTO

El efecto del vigor de la semilla depende de la etapa en que se cosecha el cultivo (Olivo & Badinelli, 2008). Se considera que la semilla de alta calidad es el principal insumo para obtener altos rendimientos de los cultivos (Castañeda & Candido, 2009).

Otra posibilidad de aumentar el rendimiento de grano en cereales de grano pequeño bajo condiciones limitantes de humedad, es a través de un intercambio gaseoso más efectivo entre el área foliar de la planta y la atmosfera (moléculas de H₂O por moléculas de CO₂) por lo que autores tales como Mirando & Benitez (2016),



indican que al evitar un estrés hídrico existirá un incremento de biomasa con lo cual se favorece el rendimiento, por motivo el ensayo se llevo a cabo en meses de lluvia, evitando que pueda sufrir un estrés hidrico.

Gali & Brown (2000), indican en su investigación que la compra de granos con alto contenido de proteínas aumentan los costos para los productores malteros, a través de la pérdida de extracto e ineficiencias de filtración de cerveza, por lo que se ven en la necesidad de buscar variedades de cebada con un porcentaje (%) bajo de proteína. Estos mismos autores indican que pequeñas diferencias en la consistencia y germinación del grano, representarían una inversión económica adicional por parte del productor maltero; por lo cual el objetivo de este ensayo fue seleccionar líneas con características para la elaboración de malta, líneas que cumplan con los parámetros que exige la industria cervecera para abaratar costos de producción.

La cantidad de N aplicado a los cereales (cebada) determinan el rendimiento del grano y el contenido de proteína debido a su alta movilidad en el suelo y la facilidad de absorción por parte de las raíces y posteriormente del grano (Gali & Brown, 2000). Por tal motivo es importante realizar un análisis de suelo previo a la siembra y tener conocimiento de los niveles de nutrición, de esto modo se evita saturar el suelo con nutrientes que no se requiere.

Las líneas con mejores rendimientos se observan en la figura 13 siendo aquellas superiores a 4 ton/ha: 13WA146.1 – 11WA105.12 y SHYRI2000 con valores de 5.24 ton/ha, 4.73 ton/ha y 4.05 ton/ha respectivamente.

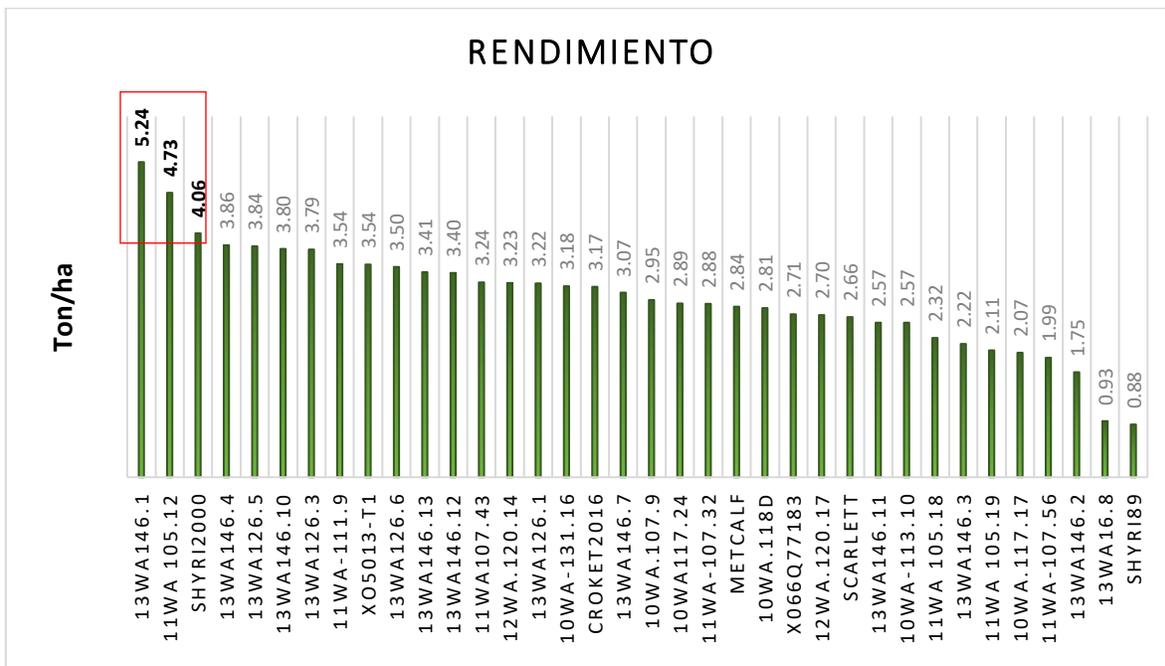


Figura 13: Rendimiento de las 36 líneas de cebada.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

En la figura 14 se observa un análisis no paramétrico tipo Kruskal-Wallis con un p value $1.8e-5$ indicándonos que hubo diferencia significativa dentro de esta variable.

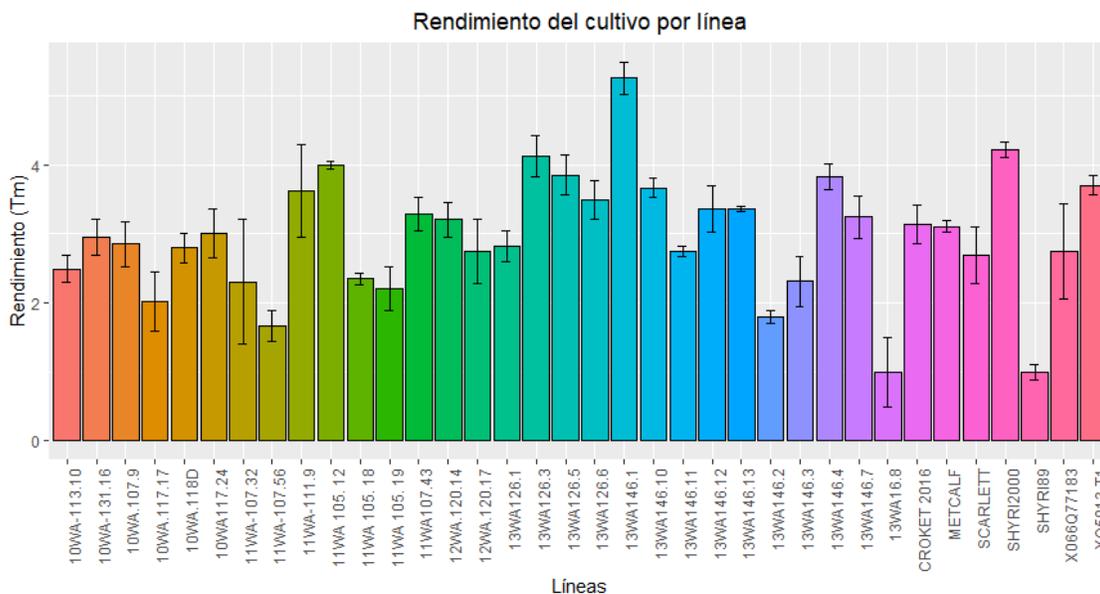


Figura 14: Comparación entre las 36 líneas de cebada para la variable rendimiento.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

7.10. PROTEÍNA

Las líneas para ser seleccionadas deben cumplir con los parámetros de proteína que exige la industria cervecera, los cuales son rangos que van de 9-12%. Los maltadores y los cerveceros desean una banda estrecha alrededor del 10% de proteína en promedio (Gali & Brown, 2000).

En la figura 15 se observa el porcentaje de proteína que corresponde a cada línea de cebada siendo SHYRI89, SHYRI2000 las únicas líneas que no cumplen con los estándares de calidad teniendo valores de 12,8% y 12,5% respectivamente. Las 34 líneas restantes tienen valores proteicos que van de 11% a 11,5% lo cual son valores que, si están dentro de los estándares de calidad que exige la industria cervecera, el análisis que se empleó para evaluar esta variable fue un análisis estadístico descriptivo.

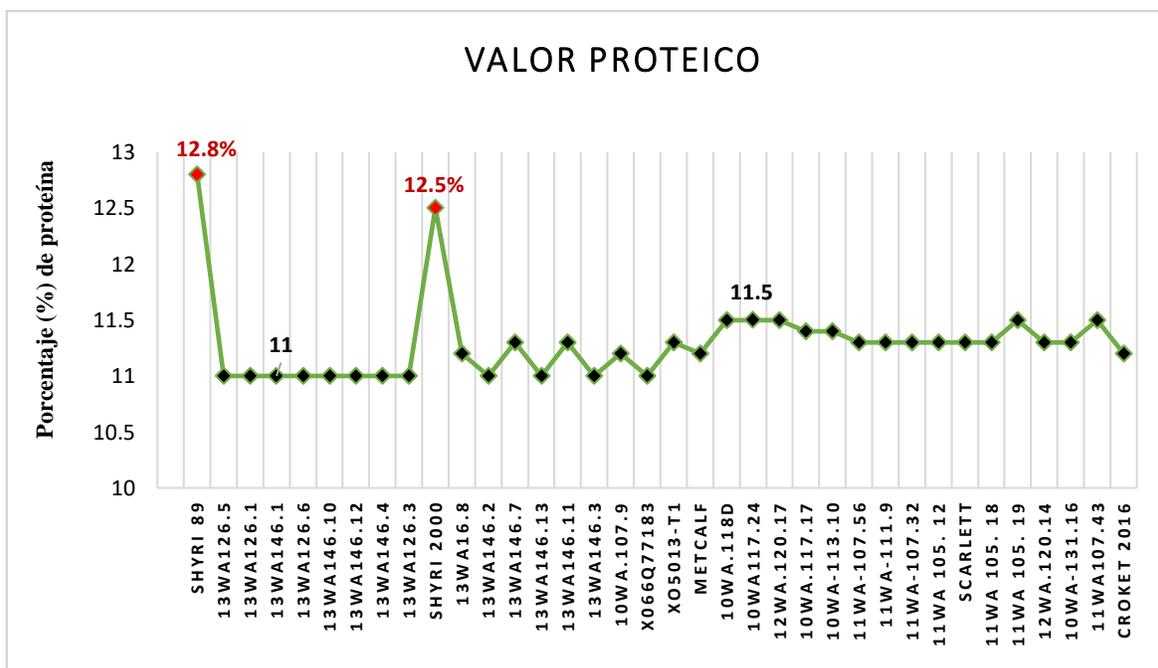


Figura 15: Porcentaje de proteína de las 36 líneas de cebada evaluadas.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



8. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió seleccionar dos (2) líneas de cebada con característica maltera de 36 líneas evaluadas, cumpliendo con el objetivo general y los objetivos específicos trasados para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Tales ejemplares expresaron diferentes resultados para las variables ya conocidas, siendo seleccionadas únicamente dos (2) líneas. La línea **11WA105.12** tuvo un porcentaje (%) de germinación superior al 97% a los 20 dds, su porcentaje (%) de espigamiento fue alrededor del 95% entro de la parcela experimental a los 65 dds, presentó un ataque de Roya negra (*Puccinia hordei*) y Roya amarilla (*Puccinia striiformis*) del 20% siendo un ataque resistente (R), presentando un tipo de paja intermedio con un grano muy bueno (grano grande, lleno y limpio), la altura de planta oscilo entre 1 m y 1.02 m, tuvo un rendimiento de 4.73 ton/ha (superado la media nacional 4ton/ha) y un valor proteico del 11.30%.

Otro ejemplar elite a ser seleccionado fue la línea **13WA146.1** con un porcentaje (%) de germinación entre el 95 y 97% a los 20 dds, un porcentaje (%) de espigamiento alrededor del 98% entro de la parcela experimental a los 65 dds, presento un ataque de Roya negra (*Puccinia hordei*) y Roya amarilla (*Puccinia striiformis*) del 20% siendo un ataque resistente (R), presentando un tipo de paja débil, grano bueno (grano normal, bien formado y limpio), la altura de planta oscilo entre 1 m y 1.02 m, tuvo un alto rendimiento de 5.24 ton/ha (superado la media nacional 4ton/ha) y un valor proteico del 11%.



9. RECOMENDACIONES

Mediante la experiencia adquirida en el desarrollo de este trabajo de tesis y de acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda:

Realizar investigaciones en parcelas grandes con las líneas que en la presente investigación resultaron tener características deseables para la industria maltera, e igualmente en diferentes pisos altitudinales con distintas condiciones edafo-climáticas que permita comprobar sus rangos de adaptación.

La metodología empleada como la toma de datos semanal y quincenalmente para este trabajo de investigación fue adecuada para el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), por lo que se sugiere continuar con esta práctica y llevar un registro cuidadoso de los datos para futuras investigaciones.

Para establecer este ensayo se realizó previamente un análisis de suelo con el objetivo de conocer los niveles de nutrición, el cual sería fundamental para lo posterior (la siembra) de tal modo se manejaría una fertilización adecuada de ser necesaria. Estos análisis de suelos fueron de gran utilidad por lo que se recomienda hacerlo siempre antes de establecer un cultivo de cebada, sobre todo si se pretende obtener información del porcentaje de proteína.



10. Bibliografía

Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos Andinos del Ecuador. *Manejo de cultivos Andinos del Ecuador*, 59, 61-63.

Cajamarca, Montenegro. (2015). "SELECCIÓN DE UNA LÍNEA PROMISORIA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE L.) BIO – FORTIFICADA, DE GRANO DESCUBIERTO Y BAJO CONTENIDO EN FITATOS, EN ÁREAS VULNERABLES DE LA SIERRA SUR ECUATORIANA". En M. Cajamarca, "SELECCIÓN DE UNA LÍNEA PROMISORIA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE L.) BIO – FORTIFICADA, DE GRANO DESCUBIERTO Y BAJO CONTENIDO EN FITATOS, EN ÁREAS VULNERABLES DE LA SIERRA SUR ECUATORIANA" (pág. 2). Cuenca. Obtenido de dspace.ucuenca.edu.ec:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjpsJbV1avYAhUB4oMKHbRZDAsQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ucuenca.edu.ec%2Fhandle%2F123456789%2F23473&usg=AOvVaw1v2TNggJXVXOf6m5VNPZi6>

Castañeda, M., & Candido, S. (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *scielo*.

Castillo, D., & Alfaro, c. (2016). MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS para el manejo del Trigo Candeal. *tresmontes lucchetti*, 14.

Cruz, Y., Cadena, E., & Arango, J. (2019). Procesamiento de la Cascarilla de Cebada Cervecera por Vía Enzimática para la Obtención de Azúcares Fermentables. *scielo*, 42. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400041>

Cuéllar, C., & Sandoval, S. (2015). Modelo de infección y desarrollo de *Puccinia striiformis* sp. hordei Eriks en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2-3-6.

Dercon, G., Bossuyt, B., De Bièvre, B., Cisneros, F., & Deckers, J. (1998). zonificación agroecológica del austro ecuatoriano. En U. d. Cuenca, *zonificación agroecológica del austro ecuatoriano* (pág. 65). Cuenca: U ediciones .

Donato, G., & Loza Balbuena, M. (2017). Desde la Industria: Importancia de la calidad de la cebada cervecera para el malteo. *CANGUE* 38, 2.

FAO. (s.f.). *RESIDUOS SECOS DE LOS CULTIVOS*. Obtenido de RESIDUOS SECOS DE LOS CULTIVOS: <http://www.fao.org/3/x7660s/x7660s0d.htm>



- FEDNA. (2014). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. Obtenido de Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada
- Gali, J., & Brown, C. (2000). Assisting decision-making in Queensland barley production through chance constrained programming. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 269-287.
- Gaytán, M., & Prieto, F. (2017). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CEBADA CULTIVADAS EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO. *revista chilena de nutrición*.
- Gomez Mercado, R., Ortiz Solorio, C. A., Zamora Díaz, M., Soria Ruíz, J., Trinidad Santos, A., & Carballo Carballo, A. (2009). ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA CON EL MÉTODO FAO. *Agricultura Técnica en México*.
- Guañuna Juiña, G. D. (2014). ESTUDIO DE VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE ACCESIONES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DE LA COLECCIÓN DEL INIAP. En G. D. Guañuna Juiña, *TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO* (págs. 8-9). Quito.
- Hernández, A., & Zamora, M. (2016). EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN CINCO FECHAS DE SIEMBRA Y DOS CICLOS AGRÍCOLAS. *redalyc.org*.
- Huerta, R., & López, M. (2014). Friabilidad de malta y predicción de calidad en el mejoramiento genético de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 577-590.
- Idrovo, J. (mayo de 2016). *Transformaciones rurales y agrarias en Ecuador*. Obtenido de http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1466656003179EcuadorESTUDIOTransformacionesRuralesyAgrariasenEcuadorJorgeldrovo_editado.pdf
- INIAP. (2011). Guía práctica para los productores de cebada de la sierra sur. *Guía práctica para los productores de cebada de la sierra sur*.
- INIAP. (2017). *Informe de analisis de suelos*. Gualaceo.
- Landriscini, R., Lazzari, A., & Galantini, A. (21 de 02 de 2011). *FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y BALANCE DE NUTRIENTES EN CEBADA CERVECERA*. Obtenido de researchgate.net:



https://www.researchgate.net/publication/259037815_Fertilizacion_nitrogenada_y_balan ce_de_nutrientes_en_cebada_cervecera

Lema, A., & Basantes, E. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. 98. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n1/43748637007.pdf>

Luna, E. (2014). RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA. En E. Luna, *RESPUESTA DE TRES FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA (Puccinia hordei G.H. Otth y Puccinia striiformis Westend.) EN CEBADA (Hordeum vulgare L.) VARIEDADES MALTERAS SCARLETT Y METCALFE EN CHALTURA – IMBABURA*. (págs. 13-14). Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/>:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4312/1/03%20AGP%20178%20TESIS.pdf>

MAG. (2019). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA*. Obtenido de MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA : <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/comercio-externo>
Ministerio de agricultura y ganadería. (2015). *sinagap.agricultura.gob.ec*. Obtenido de sinagap.agricultura.gob.ec: sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/reportes-dinamicos-espac

Mirando, L., & Benitez, I. (2016). *Terra latinoamericana*, 295.

Olivo, F., & Badinelli, P. (2008). Testes de vigor em função de diferentes épocas de colheita de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 321-322-323.

Ortíz, A., & Díez, A. M. (2019). Epidemiología y detección temprana, claves del control de enfermedades del cereal. *Grandes Cultivos*, 10-11.

Perez, A. (14 de 01 de 2016). *Grupo Borau*. Obtenido de Grupo Borau: <http://borauhermanos.com/conozca-las-clases-de-cebada/>

Perez, J., & Mejía, J. (2015). Ausencia de latencia en semilla de genotipos mexicanos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para malta. *scielo*.



Prystupa, P., & Lemos, E. (2013). FERTILIZACIÓN FOLIAR CON COBRE: ¿AUMENTA EL CONTENIDO PROTEICO DE LOS GRANOS EN CEBADA CERVECERA? *ASOCIACIÓN ARGENTINA CIENCIA DEL SUELO*, 120-124.

Sauceda, C., Lugo, G., & Villaseñor, H. (2015). <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a11.pdf>. Obtenido de scielo: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a11.pdf>

Sauceda, C., Lugo, G., & Villaseñor, H. (2015). UN MÉTODO PRECISO PARA MEDIR SEVERIDAD DE ROYA DE LA HOJA (*Puccinia triticina* Eriksson) EN TRIGO. *revista fitotecnica*, 427-434.

scielo. (marzo de 2017). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CEBADA CULTIVADAS EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO. *Revista chilena de nutrición*. Obtenido de scielo.conicyt.cl:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100008

Segerer, C., & Villodas, R. (2006). precipitaciones. En C. Segerer, & R. Villodas, *HIDROLOGÍA I* (pág. 5). Cuyo.

Solano, S., Zamora, M., & Gonzalez, M. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3.

somos cerveceros. (2013). *somos cerveceros*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj4h8eTI_rYAhVlu1MKHfW1AqsQFggkMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.somoscerveceros.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F08%2FProtocolos-de-Calidad-de-Malta.pdf&usg=AOvVaw2e4BJNHuYQg5E2IzOL-Tg0

Taner, A., & Muzaffer, A. (2014). *FAO-BARLEY Post-harvest Operations*. Obtenido de FAO-BARLEY Post-harvest Operations: <http://www.fao.org/3/a-au997e.pdf>

Universidad Nacional del Sur de Argentina. (19 de 2 de 2001). www.suelos.org.ar. Obtenido de www.suelos.org.ar:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi7j_66lfvYAhWEy4MKHdFFB0QQFggI0MAA&url=https%3A%2F%2Fwww.suelos.org.ar%2Fpublicaciones%2Fvol_19n2%2Flazzari_101-108.pdf&usg=AOvVaw11te9JinExHoVpdLwAzbO-



Universidad Politecnica de Valencia. (2014). MEJORA Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA DENTRO DE UNA INDUSTRIA CERVECERA. En A. G. García, *MEJORA Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA DENTRO DE UNA INDUSTRIA CERVECERA* (pág. 2). Valencia.

Vasquez Castro, Y. J. (2015). Caracterización morfológica y aptitud maltera de líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) procedentes del CIMMYT México. En Y. J. Vasquez Castro, *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE PERÚ* (pág. 9). Juaja - Perú.

Yaulema, P. (2015). *dspace.esPOCH.edu.ec*. Obtenido de "UTILIZACIÓN DE *Hordeum vulgare* (CEBADA VARIEDAD CALICUCHIMA 92) COMO FUENTE DE ENERGÍA EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS NEOZELANDÉS, DESDE EL DESTETE, HASTA EL INICIO DE LA VIDA REPRODUCTIVA".



11. Anexos



Anexo 1: Etiquetado y pesaje del material genético previo a la siembra.



Anexo 4: Preparación de las parcelas experimentales.



Anexo 5: Desarrollo del cultivo de cebada.



Anexo 6: Cosecha.



Anexo 7: Trillada del grano de cebada.



Anexo 8: Grano limpio.



Anexo 7: Grano limpio.



Anexo 8: Pesaje del grano de cebada.



Anexo 9: Muestras para el análisis bromatológico.



Tabla 6. Mediciones experimentales vigor de la planta (VP).

Valores de campo	Significado valores	categoría
1	Plantas y hojas erectas, grandes y suculentas, bien formadas.	MUY BUENO
3	Plantas y hojas grandes pero débiles.	BUENO
5	Plantas y hojas pequeñas, débiles y mal formadas.	MALO

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Tabla 7. Mediciones experimentales del hábito de crecimiento (HC).

Valores de campo	Significado valores
1	erecto
2	intermedio
3	postrado

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



Tabla 8. Escala modificada de Cobb para determinar el porcentaje (%) de afección de Roya negra (*Puccinia hordei*) y Roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en la hoja, para las 108 parcelas experimentales.

ESCALA MODIFICADA DE COBB		
VALORES	SIGNIF. VALORES	% equivalente
1	ningún tipo de reacción (O)	5-10
3	resistente (R)	20
5	moderadamente resistente (MR)	40
7	Moderadamente susceptible (MS)	60
9	susceptible (S)	100

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Tabla 9. Mediciones experimentales tipo de paja (TP).

Valores de campo	Significado valores	Categoría
1	Tallos fuertes	T_FUERTE
2	Tallos intermedios	T_INTERMEDIO
3	Tallos débiles	T_DEBIL

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

En la tabla 10 se da a conocer un resumen de la diferencia significativa que hay entre líneas y variables, se resaltan los valores destacados para las variables destacadas manifestandose lo siguiente:

**Tabla 10.** Medianas de línea por variables destacadas.

Mediana de línea por variable								
Líneas	Espiga		Rendimiento		Germinación		Altura (m)	
	(%)		(T/ha)		(%)			
10WA.107.9	60	bc	2.85	bcde	95	a	1.22	abcde
10WA.117.17	53	bc	2.01	defg	89	a	1.22	abcde
10WA.118D	53	bc	2.79	bcdef	90	a	1.262	abc
10WA-113.10	57	bc	2.49	cdefg	95	a	1.231	abcd
10WA117.24	65	b	3	bcde	92	a	1.269	a
10WA-131.16	48	bcd	2.94	bcde	90	a	1.243	abc
11WA 105. 12	62	bc	3.99	abcd	97	a	1.169	bcdef
11WA 105. 18	48	bcd	2.35	cdefg	92	a	1.217	abcdef
11WA 105. 19	63	b	2.2	defg	92	a	1.218	abcdef
11WA-107.32	63	bc	2.3	cdefg	95	a	1.264	ab
11WA107.43	27	d	3.28	bcde	90	a	1.235	abcd
11WA-107.56	50	bcd	1.66	efg	94	a	1.138	def
11WA-111.9	65	b	3.62	abcde	97	a	1.141	cdef
12WA.120.14	48	bcd	3.2	bcde	95	a	1.18	abcdef
12WA.120.17	55	bc	2.74	bcdef	85	a	1.175	bcdef
13WA126.1	50	bcd	2.82	bcde	90	a	1.193	abcdef
13WA126.3	50	bcd	4.12	abc	96	a	1.072	f
13WA126.5	48	bcd	3.85	abcd	97	a	1.107	ef
13WA126.6	98	a	3.49	abcde	93	a	1.157	bcdef
13WA146.1	50	bcd	5.25	a	90	a	1.178	bcdef
13WA146.10	98	a	3.66	abcde	96	a	1.168	bcdef
13WA146.11	57	bc	2.74	cdefg	94	a	1.162	bcdef



13WA146.12	65	b	3.36	abcde	90	a	1.14	cdef
13WA146.13	53	bc	3.36	abcde	94	a	1.153	bcdef
13WA146.2	48	bcd	1.79	defg	92	a	1.179	abcdef
13WA146.3	55	bc	2.31	cdefg	90	a	1.182	abcdef
13WA146.4	50	bcd	3.83	abcd	94	a	1.146	bcdef
13WA146.7	50	bcd	3.24	bcde	95	a	1.13	def
13WA16.8	48	bcd	0.99	fg	97	a	1.216	abcdef
CROKET 2016	48	bcd	3.14	bcde	92	a	1.234	abcd
METCALF	100	a	3.10	bcde	97	a	1.099	ef
SCARLETT	48	cd	2.69	cdefg	95	a	1.153	bcdef
SHYRI2000	98	a	4.21	ab	96	a	1.224	abcde
SHYRI89	95	a	0.99	g	95	a	1.189	abcdef
X066Q77183	53	bc	2.74	cdefg	92	a	1.152	bcdef
XO5013-T1	62	bc	3.7	abcd	95	a	1.11	def

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

Variables

	Espiga	Rendimiento	Germinación	Altura
p value < 0,05	9.5e-06	1.8e-05	0.104	0.00017

Nota: en negrita valores significativos.

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.



Tabla 11. Prueba de significancia entre líneas para la variable formación de espiga.

líneas	≠	líneas
11WA-111.9	0.014	10WA-121.16
	0.035	10WA.107.9
	0.002	10WA117.24
11WA107.43	0.007	11WA-107.32
	0.000	11WA-111.9
	0.010	11WA105.12
12WA.120.14	0.024	11WA.111.9
13WA126.3	0.038	11WA-111.9
	0.044	10WA117.24
13WA126.5	0.011	11WA-111.9
13WA126.6	0.000	10WA-131.16
13WA146.10	0.000	10WA-131.16
13WA146.2	0.01	11WA-111.9
13WA16.8	0.02	11WA-111.9
CROKET2016	0.01	11WA-111.9
METCALF	0.000	10WA-131.16
	0.03	11WA-107.56
SHYRI2000	0.000	10WA-131.16
SHYRI89	0.001	10WA-131.16
11WA107.43	0.02	11WA105.19
	0.009	11WA105.18
	0.000	12WA.120.14
13WA126.6	0.04	13WA126.1
	0.000	13WA126.3
	0.000	13WA126.5
	0.01	11WA105.18
13WA146.10	0.000	12WA.120.14
	0.001	13WA126.3
	0.000	13WA126.5
13WA146.2	0.000	13WA126.6
13WA146.4	0.005	13WA126.6
13WA146.7	0.000	13WA126.6
13WA16.8	0.000	13WA126.6
CROKET2016	0.000	13WA126.6
	0.005	11WA105.18
METCALF	0.000	12WA.120.14
	0.02	13WA126.1



	0.000	13WA126.3
	0.01	11WA105.18
SHYRI2000	0.000	12WA.120.14
	0.001	13WA126.3
	0.000	13WA126.5
	0.04	11WA105.18
SHYRI89	0.002	12WA120.14
	0.003	13WA126.3
	0.000	13WA126.5
13WA146.2	0.000	13WA146.10
13WA146.4	0.01	13WA146.10
13WA146.7	0.001	13WA146.10
13WA16.8	0.000	13WA146.10
CROKET2016	0.000	13WA146.10
	0.000	13WA146.13
	0.003	13WA146.4
METCALF	0.000	13WA146.7
	0.000	13WA16.8
	0.000	CROKET2016
SCARLETT	0.03	METCALF
	0.000	13WA146.2
	0.01	13WA146.4
SHYRI2000	0.001	13WA146.7
	0.000	13WA16.8
	0.000	CROKET2016
	0.001	13WA146.2
	0.02	13WA146.4
SHYRI89	0.004	13WA146.7
	0.002	13WA16.8
	0.001	CROKET2016

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.

**Tabla 12.** Prueba de significancia entre líneas para la variable rendimiento (entre repeticiones).

líneas	≠	líneas
11WA105.12	0.001	10WA.117.17
	0.002	11WA-107.56
11WA105.18	0.01	11WA105.12
11WA105.19	0.002	11WA105.12
13WA126.3	0.02	10WA.117.17
	0.02	11WA-107.56
13WA126.5	0.02	10WA.117.17
	0.02	11WA-107.56
13WA146.1	0.009	10WA-113.10
	0.000	10WA.117.17
	0.000	11WA-107.56
13WA146.2	0.03	11WA-111.9
	0.000	11WA105.12
13WA146.3	0.007	11WA105.12
13WA146.4	0.01	10WA.117.17
	0.01	11WA-107.56
13WA16.8	0.004	11WA-111.9
SHYRI2000	0.008	10WA.117.17
	0.01	11WA-107.56
SHYRI89	0.004	11WA-111.9
13WA126.3	0.02	11WA105.19
13WA126.5	0.02	11WA105.19
13WA146.1	0.000	11WA105.18
	0.000	11WA105.19
	0.04	12WA.120.17
13WA146.11	0.01	13WA146.1
13WA146.2	0.006	13WA126.3
	0.006	13WA126.5
	0.02	13WA126.6
13WA146.3	0.000	13WA146.1
13WA146.4	0.01	11WA105.19
13WA16.8	0.000	13WA126.1
	0.003	13WA126.6
SCARLETT	0.03	13WA146.1
SHYRI2000	0.01	11WA105.19



	0.000	13WA126.3
SHYRI89	0.000	13WA1256.5
	0.003	13WA126.6
13WA146.4	0.04	13WA146.3
	0.009	13WA146.10
13WA16.8	0.01	13WA146.12
	0.01	13WA146.13
	0.000	13WA146.4
	0.002	13WA146.2
SHYRI2000	0.03	13WA146.3
	0.000	13WA16.8
	0.009	13WA146.10
SHYRI89	0.01	13WA146.12
	0.01	13WA146.13
	0.000	13WA146.4
	0.02	13WA146.2
XO5013-T1	0.003	13WA16.8
SHYRI89	0.000	SHYRI2000
XO5013-T1	0.003	SHYRI89

Elaborado: Vivar, M y Gordillo, T.