

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 18 VARIEDADES MEJORADAS DE CEBADA
(Hordeum vulgare L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA,
CHALTURA - IMBABURA.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR

PULLES VALLEJOS BYRON DANIEL

DIRECTORA

ING. DORIS SALOME CHALAMPUENTE FLORES, PhD.

Ibarra, 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 18 VARIEDADES MEJORADAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA - IMBABURA.

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

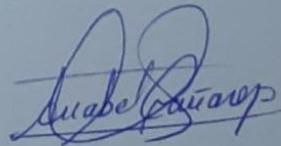
Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

DIRECTORA


FIRMA

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004703607	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pulles Vallejos Byron Daniel	
DIRECCIÓN:	Pichincha – Cayambe – San José de Ayora	
EMAIL:	bdpullesv@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	02 2138 359	TELÉFONO MÓVIL: 0985495607

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental la Pradera, Chaltura – Imbabura.
AUTOR (ES):	Pulles Vallejos Byron Daniel
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	05/01/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTORA:	Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2024.

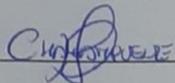
EL AUTOR:

Pulles Vallejos Byron Daniel.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pulles Vallejos Byron Daniel, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2024



Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2024.

Byron Daniel Pulles Vallejos: “Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

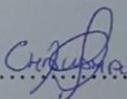
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2024, 80 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar agronómicamente 18 variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura

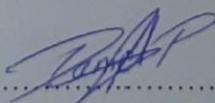
Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Comparar las características agromorfológicas de 18 variedades mejoradas de cebada en la Granja Experimental La Pradera.
2. Evaluar la severidad de plagas y enfermedades en las diferentes variedades de cebada.
3. Analizar el rendimientos y parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio. Comparar las características agromorfológicas de cuatro líneas promisorias de cebada de grano desnudo con respecto a una variedad mejorada


.....

Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

Directora de Trabajo de Grado


.....

Byron Daniel Pulles Vallejos

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres María Vallejos y Segundo Pulles; A mis hermanos Rubén y Mayra quienes me apoyaron incondicionalmente durante todo mi proceso de formación. Que quienes con sus palabras y consejos me motivaron día a día para continuar y esforzarme, para lograr alcanzar mis metas y objetivos personales y académicos.

Infinitas gracias al cuerpo docente y administrativo de Universidad Técnica del Norte y en especial al personal de la Granja Experimental La Pradera, que fueron un pilar fundamental durante todo este tiempo, con quienes logré formar lazos más allá de los académicos, encontrando a personas en quienes se puede confiar en los momentos más difíciles.

Especiales agradecimientos a mi directora de tesis la Ing. Doris Chalampunte PhD, quien con sus conocimientos, paciencia y consejos me guió durante mi formación académica, logrando que alcance varios logros durante mi estadía en la universidad. De igual forma a la Ing. Magali Cañarejo PhD quien con su guía me incentivó a mejorar académica y personalmente y al cuerpo docente en general que siempre los recordaré con agrado.

Agradezco de todo corazón a mis amigos que estuvieron desde el principio Valeria, Robert y Francisco que siempre estuvieron presentes en altos y bajos e hicieron inolvidable y llevadera la vida estudiantil. A varios amigos que conocí durante esta travesía Roberto y Erika, David, Alexis Mery, Anderson, Luis, Bryan, Wladimir, Maritza, Dayana, Sebastián, Kamila y demás personas que conocí en todos estos años les agradezco un mundo por formar parte de mi formación profesional.

¡Muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.5. Hipótesis.....	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Generalidades de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	6
2.2. Clasificación taxonómica	6
2.3. Descripción botánica	7
2.3.1. Raíz	7
2.3.2. Tallo	7
2.3.3. Hojas	7
2.3.4. Grano	7
2.4. Etapas fenológicas.....	8

2.4.1. Germinación.....	8
2.4.2. Macollamiento	8
2.4.3. Encañado.....	8
2.4.4. Espigamiento y floración	8
2.4.5. Formación del grano	9
2.5. Requerimientos edafoclimáticos.	9
2.5.5. Suelo	9
2.5.6. Temperatura.....	9
2.5.7. Requerimientos hídricos	9
2.6. Manejo del cultivo.....	10
2.6.1. Reconocimiento del área.....	10
2.6.2. Preparación del suelo	10
2.6.3. Arado y surcado.....	10
2.6.4. Desinfección de semilla	10
2.6.5. Siembra	11
2.6.6. Fertilización	11
2.6.7. Control de malezas.....	12
2.6.8. Cosecha.....	12
2.6.9. Almacenamiento	12
2.7. Plagas	13
2.8. Enfermedades.....	13
2.9 Descripción de las variedades	14
2.9.1. INIAP-Dorada 71	14
2.9.2. INIAP-Duchicela 78.....	14
2.9.3. INIAP-Terán 78.....	14
2.9.4. INIAP-Shyri 89	15

2.9.5. INIAP-Calicuchima 92.....	15
2.9.6. INIAP-Atahualpa 92	15
2.9.7. INIAP-Shyri 2000	15
2.9.8. INIAP-Quilotoa 2003.....	16
2.9.9. INIAP-Cañari 2003	16
2.9.10 INIAP-CAÑICAPA 2003	16
2.9.11. INIAP-Pacha 2003	16
2.9.12. INIAP-Guaranga 2010	16
2.9.13. INIAP-Palmira 2014	17
2.9.14. INIAP-Ñusta 2016.....	17
2.9.15. INIAP-Alfa 2021.....	17
2.9.16. Clipper.....	17
2.9.17. Metcalfe.....	17
2.9.18. Scarlett.....	18
CAPITULO III	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Caracterización del Área de Estudio	19
3.1.1. Características generales de la granja experimental la pradera	19
3.1.2. Características climáticas.....	20
3.2. Materiales, insumos, equipos y herramientas.	20
3.3. Métodos.....	21
3.3.1. Diseño experimental.	21
3.3.2. Factor de estudio.....	21
3.3.3. Análisis estadístico	22
3.3.4. Variables de estudio.....	22
3.4. Manejo específico del cultivo	32

CAPITULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Variables agronómicas y morfológicas.....	38
4.1.1. Vigor de planta	38
4.1.2. Hábito de crecimiento	39
4.1.3. Altura de planta	41
4.1.4. Días al espigamiento	42
4.1.5. Tamaño de la espiga.....	43
4.1.6. Tipo de paja.....	44
4.2. Variables post cosecha	46
4.2.1. Rendimiento	46
4.2.2. Peso hectolítrico	46
4.2.3. Peso de 1000 granos.....	48
4.2.4. Número de granos por espiga.....	48
4.1.5. Tipo de grano	49
4.3. Enfermedades	51
4.3.1. Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>).....	51
4.3.2. Mancha foliar	52
4.3.3. Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)	53
CAPITULO V	55
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fertilización recomendada para el cultivo de cebada.</i>	12
Tabla 2. <i>Características geográficas del área de estudio.</i>	20
Tabla 3. <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas empleados en la investigación de 18 variedades mejoradas de cebada.</i>	20
Tabla 4. <i>Variedades de cebada mejorada a evaluar de origen ecuatoriano.</i>	21
Tabla 5. <i>Características de la unidad experimental.</i>	22
Tabla 6. <i>Análisis de varianza del experimento.</i>	22
Tabla 7. <i>Escala de evaluación del vigor en plantas.</i>	23
Tabla 8. <i>Escala de evaluación de hábito de crecimiento o porte en cereales.</i>	24
Tabla 9. <i>Escala de evaluación tipo de paja para variedades mejoradas de cebada.</i>	26
Tabla 10. <i>Escala de evaluación de tipo y color de grano para cebada.</i>	30
Tabla 11. <i>Escala para determinar el daño por BDYV.</i>	31
Tabla 12. <i>Análisis de la tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable vigor de planta.</i>	38
Tabla 13. <i>Porcentaje de vigor de planta de variedades mejoradas de cebada según la escala numérica reportada por Ponce et al., (2019)</i>	39
Tabla 14. <i>Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable hábito de crecimiento.</i>	40
Tabla 15. <i>Frecuencias absolutas de hábito de crecimiento de cebada mejorada según la escala propuesta por Ponce et al., (2019)</i>	40
Tabla 16. <i>Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable hábito de crecimiento.</i>	44
Tabla 17. <i>Resultado por unidades experimentales (UE) de cebada mejorada de acuerdo con el tipo de paja.</i>	45
Tabla 18. <i>Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable tipo de grano.</i>	50

Tabla 19. <i>Porcentaje de tipo de grano alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada.</i>	50
Tabla 20. <i>Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable virus del enanismo BYDV.</i>	53
Tabla 21. <i>Conteo de unidades experimentales con presencia de BYDV según la escala de valoración propuesta por Ponce et al.,2019.</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Área designada en la granja Experimental La Pradera para el desarrollo de la investigación.</i>	19
Figura 2. <i>Diseño experimental implementado en el área de investigación.</i>	21
Figura 3. <i>Variedades de cebada mejorada en Z-14, estado óptimo de evaluación vigor de planta.</i>	23
Figura 4. <i>Cebada en etapa de macollamiento Z-23.</i>	24
Figura 5. <i>Diferentes variedades de cebada mejorada en espigamiento</i>	25
Figura 6. <i>Toma de altura con la cebada completamente madura.</i>	25
Figura 7. <i>Variedades mejoradas de cebada que mostraron acame.</i>	26
Figura 8. <i>Espigas de cebada dística maduras completamente (Z-92) para evaluar tamaño de espiga</i>	27
Figura 9. <i>Cebada dística en Z-92 apta para el conteo de granos.</i>	27
Figura 10. <i>Humidímetro calibrado para evaluar la humedad presente en las variedades mejoradas de cebada.</i>	28
Figura 11. <i>Equipo utilizado para evaluar peso hectolítrico de las diferentes variedades mejoradas de cebada.</i>	29
Figura 12. <i>Contadora de granos en INIAP, Estación Santa Catalina.</i>	29
Figura 13. <i>Porcentajes de severidad de Puccinia hordei</i>	30
Figura 14. <i>Escala modificada de Cobb, para severidad.</i>	32
Figura 15. <i>Determinación del terreno, limpieza y desinfección.</i>	32

Figura 16. <i>Preparación del terreno con ayuda del tractor.</i>	33
Figura 17. <i>Entrega de semillas por parte de INIAP, correctamente desinfectadas.</i>	33
Figura 18. <i>Establecimiento de ensayos y maquina sembradora.</i>	34
Figura 19. <i>Semillas con fertilizantes, fertilización completa.</i>	35
Figura 20. <i>Aplicación de herbicida (metsulfuron-metil) a todos los ensayos.</i>	35
Figura 21. <i>Cosecha de los diferentes ensayos de forma manual.</i>	36
Figura 22. <i>Trilla de la cebada de forma mecánica.</i>	37
Figura 23. <i>Altura de planta de las 18 variedades mejoradas de cebada.</i>	41
Figura 24. <i>Diferencia de días al espigamiento de las 18 variedades mejoradas de cebada.</i> .	42
Figura 25. <i>Diferencia existente en el tamaño de espiga de las variedades de cebada.</i>	43
Figura 26. <i>Diferencia del rendimiento alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.</i>	46
Figura 27. <i>Peso hectolítrico alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorad en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.</i>	47
Figura 28. <i>Diferencia existente entre el peso de 1000 granos alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada de cebada del INIAP.</i>	48
Figura 29. <i>Número de granos por espiga de las 18 diferentes variedades mejoradas de cebada en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.</i>	49
Figura 30. <i>Porcentaje de severidad de roya de la hoja (Puccina hordei) en las 18 variedades mejoradas de cebada bajo las condiciones de la granja experimental La Pradera</i>	51
Figura 31. <i>Severidad de mancha foliar en las 18 variedades mejoradas de cebada, bajo las condiciones de la granja experimental La Pradera.</i>	52

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 18 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA
IMBABURA**

Autor: Pulles Vallejos Byron Daniel

Universidad Técnica del Norte

Correo: bdpulsesv@utn.edu.ec

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo de mucha importancia en la Sierra ecuatoriana, e Imbabura tiene una producción significativa a nivel nacional. Sin embargo, el déficit de producción ha obligado al país a cubrir la demanda nacional a través de importaciones. Debido a esto el programa de cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en asociación con la Universidad Técnica del Norte evaluaron 18 variedades mejoradas de cebada en sus diferentes etapas fenológicas. El ensayo se ubicó en la Granja Experimental La Pradera donde se evaluaron las características morfoagronómicas de las variedades mejoradas de cebada dentro de 14 descriptores varietales (nueve de carácter cuantitativo y cinco de carácter cualitativo), dividiéndose en variables agronómicas, post cosecha y enfermedades. En cuanto a los resultados obtenidos la variedad INIAP-Shyri 2000 destaca en variables agronómicas, donde presentó un promedio de 56 días al espigamiento, clasificada como la más precoz, además, con altura media de 102 cm, con tallos fuertes y resistencia al acame. Por otro lado, en las variables postcosecha: rendimiento y calidad de grano la variedad INIAP-Guaranga 2010 alcanzó un rendimiento aproximado de 7.05 t ha⁻¹ y un peso hectolítrico de 61.43 kg hl⁻¹. Respecto a la evaluación de enfermedades, la variedad INIAP-Ñusta 2016 presentó mayor resistencia a la roya de la hoja (*Puccinia hordei*) con 15% de severidad y mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) con 26.67% de severidad. Finalmente se concluyó que, de las 18 variedades evaluadas, las variedades INIAP-Shyri 2000, INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Ñusta 2016 destacaron agrónomicamente bajo las condiciones agroclimáticas del área de estudio.

Palabras clave: Cebada, variedad, agronómico, rendimiento, enfermedad.

**AGRONOMIC EVALUATION OF 18 VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.)
AT THE EXPERIMENTAL FARM LA PRADERA, CHALTURA IMBABURA**

Author: Pulles Vallejos Byron Daniel

Universidad Técnica del Norte

Mail: bdpulsesv@utn.edu.ec

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a very important crop in the Ecuadorian Sierra, and Imbabura has significant production at the national level. However, the production deficit has forced the country to cover national demand through imports. Due to this, the cereal program of the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research in association with the Technical University of the North evaluated 18 improved varieties of barley in their different phenological stages. The trial was located at the La Pradera Experimental Farm where the morphoagronomic characteristics of the improved barley varieties were evaluated within 14 varietal descriptors (nine quantitative and five qualitative), divided into agronomic, post-harvest and disease variables. Regarding the results obtained, the INIAP-Shyri 2000 variety stands out in agronomic variables, where it presented an average of 56 days to heading, classified as the earliest, in addition, with an average height of 102 cm, with good quality in type of straw, strong stems and resistance to lodging. On the other hand, in the postharvest variables: yield and grain quality, the INIAP-Guaranga 2010 variety reached an approximate yield of 7.05 t ha⁻¹ and a hectoliter weight of 61.43 kg hl⁻¹. Regarding the disease evaluation, the INIAP-Ñusta 2016 variety presented greater resistance to leaf rust (*Puccinia hordei*) with 15% severity and leaf spot (*Rhynchosporium secalis*) with 26.67% severity. Finally, it was concluded that, of the 18 varieties evaluated, the INIAP-Shyri 2000, INIAP-Guaranga 2010 and INIAP-Ñusta 2016 varieties stood out agronomically under the agroclimatic conditions of the study area.

Keywords: Barley, variety, agronomic, yield, disease.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Según cifras del Banco Mundial (2018) la producción de cereales ha tenido un crecimiento notable en los últimos 20 años, particularmente la cebada (*Hordeum vulgare* L.) ocupa el cuarto cereal en cuanto a producción mundial con un total de 136 millones de toneladas en el 2007. Este cereal es la principal materia prima en la industria agroalimentaria, tanto como para personas, pudiendo ser utilizado como harina para, como malta para la elaboración de bebidas alcohólicas y como insumo para dieta de animales (Taner et al., 2004)

Ecuador cultiva diversos cereales como son: arroz (*Oryza sativa* L.), maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* L.) y cebada, entre los más representativos. De acuerdo con las cifras reportadas por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria - ESPAC (2022). La producción nacional alcanzada fue de 11 155t, que son cultivadas mayormente en Chimborazo 3 779t, representando el 33% a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022). Esto se debe a las características agronómicas y climatológicas para un óptimo desarrollo de la cebada (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2014).

El Programa de Cereales Santa Catalina desarrolla variedades de cereales con alto potencial de rendimiento, tolerantes a enfermedades y problemas abióticos. Estas se han adaptado a las principales zonas de producción y con aptitud para consumo directo, agroindustrial y consumo animal. El INIAP ha logrado conservar una colección de cereales con 80 accesiones de cebada y 80 de trigo recolectado de diferentes agricultores y ferias de intercambio de semillas. El Programa de Cereales y el Departamento de Biotecnología del INIAP realizan un trabajo conjunto para la caracterización de nuevas accesiones a nivel molecular (INIAP, 2014)

El programa de cereales del INIAP busca por medio del fitomejoramiento el cruce de bloques con diversas variedades la integración de diferentes genotipos que presenten las características de interés y esto se logra por medio de la hibridación de progenitores que son diferentes genéticamente. Para el 2002 la cebada presentó las características suficientes para lograr resistir las principales enfermedades del cultivo además de presentar diferentes características agronómicas deseables (Ponce, 2003).

En la región interandina de Ecuador se estima que un 70 % de agricultores que se dedican a los cultivos de trigo y cebada lo hacen en una superficie menor a 1ha. De igual forma, en fincas de 10 a 20 ha dedican solo 1 o 2 ha para la siembra de estos cultivos. Sin embargo, tienen una gran importancia desde el punto de vista de seguridad alimentaria constituyéndose en fuentes de alimento para estos sectores, que pertenecen a los estratos más vulnerables de nuestra sociedad (Guañuna et al., 2013).

1.2.Problema

Según cifras del INEC (2022) el Ecuador se producen anualmente un aproximado de 11 155t año⁻¹ con una productividad promedio de 1.32 t ha⁻¹. El 40% de esta producción es destinado a la producción de cerveza a esto se suma la baja producción por lo cual el país se ve en la necesidad de importar 67 000t año⁻¹ (Ponce et al., 2022). A esto se incluye que la cebada requiere de diversos nutrientes para su óptimo desarrollo ya que en el Ecuador la mayoría de sus suelos no presentan la cantidad adecuada de nitrógeno, para lo cual se deben realizar enmiendas nutricionales, aumentando de esta forma el precio de producción y como consecuencia una reducción de costo beneficio (Lema, et al., 2017).

En el Ecuador la cebada representa uno de los cereales principales en el consumo de la sierra, en donde el consumo promedio anual por una familia (5 miembros) es de 34.16 kg (Garófalo, 2012). La falta de resistencia a plagas y enfermedades ha llevado a que la producción sea de muy baja calidad y deficiente para satisfacer la demanda nacional, para lo cual el INIAP ha generado, desarrollado y entregado a diversos productores cebaderos variedades mejoradas de cebada (Ponce et al., 2020).

Estas variedades mejoradas a través de los años cuentan con diversas características deseables de producción, resistencia a enfermedades y plagas y calidad que se desarrollan de buena forma en distintas zonas de producción, mismas que están ubicadas en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Azuay y Loja (Ponce et al., 2020).

1.3. Justificación

En el Ecuador se producen diversos cereales y la cebada se ubica detrás del maíz, siendo así uno de los cereales de vital importancia para la población. Esto se debe a sus múltiples usos, para el consumo humano como harina y para sopas, principalmente en la Sierra ecuatoriana, es por esto por lo que el INIAP por medio del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) utiliza el esquema de mejoramiento de diferentes variedades por medio de la alteración genética genera nuevas líneas de producción que se adapten a diferentes condiciones climáticas con un buen índice de producción (Garófalo et al., 2020).

Además, el INIAP ha logrado presentar diversas variedades de cebada mejorada, es así como se presentó la variedad de cebada “INIAP ÑUSTA” que presenta un alto nivel de tolerancia ante principales enfermedades como: roya amarilla, roya de la hoja, escaldadura y al virus del enanismo amarillo de la cebada. Además, se puede notar un incremento en la producción que es de $4,38 \text{ t ha}^{-1}$, esta variedad fue probada en varias zonas y los productores se mostraron muy agradecidos con el INIAP, por crear variedades que permitan obtener semilla de calidad, mayor producción y que por medio de esto generen un ingreso económico extra (INIAP, 2016).

Por esta razón el INIAP sigue desarrollando variedades mejoradas que puedan establecerse en diferentes condiciones agroclimáticas, para cumplir con este objetivo esto se presenta el presente estudio que tiene como finalidad la evaluación agronómica de diferentes variedades, su resistencia a las diferentes enfermedades. Una vez concluido el estudio se logrará definir las mejores variedades y aportar al programa de desarrollo de cereales por parte del INIAP.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar agronómicamente 18 variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) En la Granja Experimental La Pradera, Chaltura - Imbabura.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Comparar las características agromorfológicas de 18 variedades mejoradas de cebada en la Granja Experimental La Pradera.
- Evaluar la severidad de plagas y enfermedades en las diferentes variedades de cebada.
- Analizar el rendimientos y parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

1.5.Hipótesis

Hipótesis Nula

De las 18 variedades mejoradas de cebada ninguna logra presentar un desarrollo y producción significativa.

Hipótesis Alternativa

Al menos una de las diferentes variedades mejoradas de cebada ha logrado desarrollarse y presentar una producción representativa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) fue uno de los primeros cultivos domesticados por el hombre a inicios de la agricultura, algunos autores plantean el origen de este cereal en el Sudeste de Asia y África septentrional (Cajamarca y Montenegro, 2015). Por otro lado, en Ecuador es un cereal muy bien conocido por su participación en varios platos típicos o como materia prima para productos de consumo masivo. Sin embargo, este cereal no es explotado a gran escala es por ello por lo que se importó aproximadamente 30 mil toneladas de cebada para la industria cervecera (Ponce et al., 2019).

En el Ecuador la cebada es uno de los cultivos más importantes para la serranía. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, ESPAC (2020), la superficie sembrada a nivel nacional de cebada fue de 11 634ha. De este total se lograron cosechar 11 155ha con una producción total de 14 107t. Con estos resultados se puede decir que tiene una producción media de 1.26 t ha⁻¹ (ESPAC, 2020).

2.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la cebada establecida por el Manual de cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP (Ponce et al., 2019)

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta – Plantas vasculares
Super división	Spermatophyta – Plantas con semilla
División	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase	Liliopsida - Monocotiledóneas
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae – Familia de las gramíneas
Genero	<i>Hordeum</i> – Cebada
Especie	vulgare L. – Cebada común

2.3. Descripción botánica

En el boletín No. 116 (*Hordeum vulgare* L.) generalidades y variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana Ponce et al. (2019) detalla las características botánicas de la planta de cebada, siendo estas:

Raíz

La cebada presenta un sistema radicular fasciculado, fibroso y alcanza una profundidad promedio de 1.2m. Este cereal presenta dos tipos de raíces seminales que se desarrollan desde la plántula hasta el macollamiento, mientras que las raíces adventicias que se desarrollan en la etapa del macollamiento y cumplen la función de anclar a la planta y proporcionar de agua y nutrientes.

Tallo

El tallo de la cebada presenta diferentes características morfológicas en donde cabe resaltar que son erectos y huecos. En donde podemos encontrar 5 a 7 entrenudos cilíndricos o juntas de diferentes tamaños y grosores, estos se separan por los nudos, que llevan las hojas, las cuales se colocan opuestas a sus vecinas a lo largo del tallo. La altura de los tallos depende únicamente de las variedades y oscila desde 50 cm a 120 cm.

Hojas

Las hojas son más largas y su ancho varía entre 5 y 15 mm, se componen por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula. La vaina de cada hoja envuelve la sección del tallo ubicada por sobre el nudo a partir del cual se origina; en la unión de la vaina con la lámina se observa un par de aurículas largas y abrazadoras. La lígula y especialmente las aurículas distinguen a la cebada de otros granos de cereales: son glabras, envuelven el tallo y puede estar pigmentadas con antocianinas.

Grano

El grano en la cebada presenta una forma cariósida oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, o puede ser desnudo; puede ser de color blanco, amarillo, azul, negro, etc.

2.4.Etapas fenológicas

Germinación

Comienza con la siembra de la semilla en suelo húmedo, se produce la imbibición (hinchamiento de la semilla debido a la entrada de agua) y germinación (aparición de las raíces primarias). La germinación y emergencia dependen de las reservas de azúcares en la semilla (Badiola y Russo, 2020). La temperatura mínima para la germinación de la cebada es 1 a 2 grados centígrados. Después de que la semilla absorbe humedad, emerge la raíz primaria (radícula). La radícula crece hacia abajo, proporcionando anclaje y absorción de agua y nutrientes y eventualmente desarrolla ramificaciones laterales (Ponce, 2020).

Macollamiento

Los tallos generalmente comienzan a emerger cuando la planta ya presenta tres hojas desarrolladas. Cuando las condiciones ambientales son aptas o si se reduce la densidad de plantas, es probable un aumento en la producción de tallos. Por otro lado, si se presentan condiciones culturales normales, los macollos emergen durante un lapso aproximado de 2 semanas, el número total de tallos depende de la variedad y las condiciones ambientales. Transcurridas 3 a 4 semanas aproximadamente después de la emergencia del cultivo, algunos de los macollos prematuros comienzan a morir sin formar una espiga. Por lo tanto, el número de macollos por planta es influenciado por la densidad y la genética del cultivar, así como también por los factores ambientales (Ponce et al., 2019).

Encañado

El encañado inicia con la aparición del primer nudo, determinándose antes de su presencia sobre la superficie del suelo. En ese momento es posible visualizar la futura espiga, la cual se encuentra justo sobre dicho nudo, presentando un tamaño de aproximadamente 5mm. De ahí en adelante se produce un rápido crecimiento de los tallos, los cuales, durante la etapa de encañado, van estructurándose con base en la formación de nuevos nudos y entrenudos. La espiga también comienza a crecer rápidamente (Ponce et al., 2019).

Espigamiento y floración

Al finalizar la etapa de encañado, la espiga se hace prominente dentro de la vaina de la hoja bandera, etapa conocida como “embuche o embuchamiento. El espigamiento se caracteriza por la emergencia de las aristas y por la presencia de las espiguillas primordiales (Ponce, 2019).

2.4.5. Formación del grano

Una vez que la espiga emerge y la polinización ocurre, los granos empiezan a desarrollarse. La longitud del grano de cebada se establece en primer lugar, seguido por su anchura. Esto ayuda a explicar por qué un grano de cebada desarrollado bajo condiciones de estrés es generalmente tan largo como un grano normal, pero es más estrecho o delgado. El primer período de desarrollo del grano, señalado como etapa “lechosa”, dura unos 10 días. Aunque los granos no engordan mucho durante esta fase, es muy importante porque determina el número de células que posteriormente se utilizará para el almacenamiento de almidón. Los granos que almacenan almidón y crecen rápidamente se caracterizan por una consistencia semisólida blanca llamada “pasta blanda”. Este periodo generalmente dura unos 10 días después de la etapa lechosa. Por último, cuando se acerca la madurez el grano comienza a perder agua rápidamente, su consistencia se vuelve más sólida, denominada “pasta dura o masa” (Ponce, 2019).

2.5. Requerimientos edafoclimáticos.

La cebada requiere de diferentes aspectos para su óptimo desarrollo en los cuales destacan:

2.5.5. Suelo

Se adapta muy bien a los distintos tipos de suelo por lo general. Sin embargo, prefiere los suelos que presenten una profundidad alta. Además de esto requiere que el suelo tenga un buen drenaje. Todo esto para que el sistema radicular tenga un desarrollo adecuado. Esto garantizará que el cultivo produzca semillas de buena calidad y con peso altamente significativo (INIAP, 2016).

2.5.6. Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales que más influye en un correcto desarrollo de los cultivos. Cada especie vegetal presenta temperatura mínima en la cual no presenta un óptimo desarrollo, y una temperatura óptima en la cual registra un desarrollo máximo. Para el caso de la cebada, la temperatura crítica y óptima promedio es de 44.3°C y 21.1°C respectivamente, mientras que la temperatura mínima es 0°C (Ramírez, 2013).

2.5.7. Requerimientos hídricos

La cebada es un cultivo que no requiere altos niveles de agua para su desarrollo. Sin embargo, necesita una precipitación que oscila entre 500 a 700mm. Este requerimiento es un cálculo

aproximado para todo el ciclo de producción siendo la etapa de floración y macollamiento las etapas de mayor necesidad hídrica (Guzmán et al., 2015).

2.6. Manejo del cultivo

El INIAP (2014), ha establecido una guía para el manejo y establecimiento del cultivo en el cual resalta diversas actividades culturales, las cuales son:

2.6.1. Reconocimiento del área

El predio para el cultivo de cebada debe ser de calidad, por ello el productor debe considerar los siguientes aspectos:

- No haber cultivado el lote con ningún cereal en el ciclo o campaña anterior.
- No haber utilizado el lote para trillar cebada u otro cereal en el ciclo anterior.
- Que el lote no presente una pendiente muy pronunciada. Pendiente no mayor al 5% preferiblemente.
- Que el ciclo anterior se haya sembrado de manera preferente papa, haba, chocho, o alguna otra leguminosa.

2.6.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo debe realizarse con al menos, dos meses de anticipación a la siembra. La razón para preparar el terreno con anticipación se debe a que la maleza debe descomponerse para incorporarse al suelo.

2.6.2. Arado y surcado

Consiste en un pase de arado y dos pases de rastra cuando se emplea tractor. En caso de utilizar yunta, luego del arado, es necesario dos cruza. El cultivo de cebada prefiere suelos fértiles con buen contenido de materia orgánica. Los terrenos bien preparados facilitan la germinación. La preparación oportuna y bien realizada del suelo también permite romper con el ciclo de desarrollo de las malezas, evitando que éstas se multipliquen.

2.6.3. Desinfección de semilla

La semilla será desinfectada con Fludioxonilo (Celest) en dosis de 2 cm³ kg⁻¹ de semilla. Luego de la desinfección de la semilla se dejará secar el grano para no incrementar la humedad del grano. La desinfección ayuda a reducir la diseminación de enfermedades transmitidas por

semilla como son: carbones, septoria y algunas especies de *Fusarium* sp., entre los más importantes (Peñaherrera, 2011).

2.6.4. Siembra

La siembra debe coincidir con el inicio de las lluvias en la zona, para permitir una buena germinación de las semillas; considerando además que la cosecha coincida con la época seca. Una adecuada humedad del suelo garantiza una buena germinación de la semilla. El método manual al voleo es la forma más común de siembra en la sierra ecuatoriana, mientras que la siembra mecanizada es poco frecuente.

La profundidad de siembra también es un aspecto importante para considerarse. La siembra no debe ser muy profunda ni muy superficial. Lo ideal es que las semillas se encuentren a no más de 0.5 cm de profundidad. La recomendación del INIAP, en cuanto a la cantidad de semilla, varía de acuerdo con el método de siembra y a la variedad utilizada. Así, si la siembra es al voleo (manual) con la variedad INIAP-Cañicapa 2003 o INIAP-Pacha 2003, la cantidad de semilla es de 135 kg ha⁻¹ (3 qq ha⁻¹). Si la siembra es con máquina con las mismas variedades, la cantidad disminuye a 110 kg ha⁻¹ (2.5 qq ha⁻¹).

La semilla debe ser de buena calidad, de preferencia de categorías “Registrada” o “Certificada” con un porcentaje mínimo de germinación del 85%. Es recomendable seleccionar y desinfectar la semilla para evitar enfermedades que se transmiten por este medio

2.6.5. Fertilización

La fertilización promedio recomendada es de 60 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O y 20 kg ha⁻¹ de S, que se cubre con 150 kg ha⁻¹ de 11 kg ha⁻¹ de N, 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ 20 y 50 kg ha⁻¹ de SULPOMAG aplicados a la siembra. En la etapa de macollamiento se complementa con 50 kg/ha de UREA.

Por otra parte, un boletín del INIAP publicado en el 2009 marca una fertilización de acuerdo con un análisis de suelo y este se irá ajustando conforme a sus necesidades. Al momento de la siembra aplicar al voleo todo el P, K, S y la mitad de N. La otra mitad de N aplicar al voleo en la etapa de macollamiento de la cebada.

En caso de suelos ácidos (pH<5.3) con contenidos de aluminio intercambiable que superen 0.5 miliequivalentes (meq) 100ml⁻¹ de suelo, se recomienda el encalado con cal agrícola o dolomita en una dosis equivalente a 2 ton CaCO₃ ha⁻¹ por cada meq de aluminio intercambiable.

Si el contenido de materia orgánica en el suelo es menor a 3% o menor al 5% en Andisoles, aplicar 3 ton/ha de abono orgánico bien descompuesto a la siembra. La recomendación del fertilizante mineral se debe ajustar de acuerdo con la cantidad de nutrientes que son incorporados con el abono orgánico.

Tabla 1.

Fertilización recomendada para el cultivo de cebada.

Análisis de Suelos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Bajo	80 - 100	60 - 90	40 - 60	20 - 30
Medio	60 - 80	40 - 60	30 - 40	10 - 20
Alto	20 - 60	0 - 40	20 - 30	0 - 10

2.6.6. Control de malezas

Una adecuada preparación del terreno ayuda a controlar la ocurrencia de malezas. Controles pre-emergentes con productos químicos también pueden ser considerados si la incidencia de malezas es alta. Para el control post emergente de malezas de hoja ancha usar metsulfurón-metil en la dosis recomendada por el fabricante. Aplicarlo al inicio del macollamiento.

2.6.7. Cosecha

La cosecha debe realizarse cuando el cultivo alcanza su madurez completa. La cosecha manual se realiza empleando una hoz y formando una parva. Para trillar la cosecha se utiliza una trilladora estacionaria. En caso de que la cosecha sea totalmente mecanizada, se emplea una trilladora combinada que permite cortar y trillar al mismo tiempo.

Posterior a la cosecha se deben realizar las siguientes labores:

- Secado de grano hasta llegar al 13% de humedad.
- Limpieza y clasificación.
- Ensacado.

2.6.8. Almacenamiento

Guardar el grano en un lugar seco humedad menor al 75% y una temperatura menor a 12°C con buena ventilación y libre de roedores. No se debe almacenar los sacos en contacto directo con el suelo o junto a las paredes.

2.7. Plagas

- **Pulgón**

El principal problema de esta plaga es el daño que producen de forma indirecta como transmisores de virosis como el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).

Aunque el trigo también puede verse afectado por esta enfermedad, la cebada muestra una mayor sensibilidad (Gil y Lezáun, 2015).

- **Nematodos**

El mayor daño causado por nematodos se da en las épocas con mayor humedad. Cabe resaltar que este se presenta en pequeñas zonas de desarrollo en la parcela. El daño se presenta en una disminución en la capacidad de desarrollo y posteriormente con un amarillamiento (Gil y Lezáun, 2015).

2.8. Enfermedades

En un informe entregado por Guzmán y otros (2015) acerca del manejo integrado de cereales, describe las siguientes enfermedades de importancia en la cebada:

- **Roya amarilla** (*Puccinia striiformis f. sp. Tritici*)

Es una enfermedad muy importante ya que se han registrado daños hasta en un 70% del cultivo. Son pústulas amarillentas dispuestas en estrías en las hojas. Las plantas afectadas producen granos pequeños.

- **Roya de la Hoja** (*Puccinia recondita*)

Son pústulas redondas color amarillo-naranja en las hojas y vainas de la planta, que corresponden a los cuerpos fructíferos donde se reproducen las esporas denominadas urediosporas. Infecciones severas provocan amarillamiento prematuro de las hojas con secciones de color verde alrededor de las pústulas.

- **Roya del Tallo** (*Puccinia triticina*)

Es común que afecte al tallo en sí, pero esta puede esparcirse y afectar a la espiga además de las hojas. Las lesiones presentan forma ovalada que se dispersan sobre los tejidos afectados en particular son de color anaranjado o rojizo.

- **Fusarium de la espiga** (*Fusarium sp.*)

Son granos discretos, pardos, pardo-anaranjados, marrones, distribuidos en forma discontinua en la espiga. Si las espiguillas han sido infectadas tempranamente, se

desarrollan masas de esporas rosado-salmón y eventualmente estructuras oscuras (peritecios) al momento de la cosecha.

- **Carbón** (*Ustilago nuda*)

Permanece invisible hasta la emergencia de la espiga. La primera señal de infección es una espiga con aspecto carbonizado y la espiga contiene una masa de esporas carbonizadas de color marrón oliva.

- **Virus del enanismo amarillo (BYDB)**

Esta enfermedad se presenta en cereales impidiendo el desarrollo de entrenudos de la planta produciendo enanismo. Otro síntoma es el amarillamiento parcial o total de la planta que se da desde el ápice hacia la base de la planta. Esta enfermedad es transmitida por un vector que por lo general es el pulgón. La presencia o no de enanismo, depende de la época de inoculación del virus en relación con el desarrollo de la planta y de la variedad.

2.9 Descripción de las variedades

2.9.1. INIAP-Dorada 71

El trabajo publicado por Tola (1972) describe las diferentes características agronómicas de esta variedad. En donde destaca que su ciclo vegetativo dura 150 días, una duración de 80 días para alcanzar su floración y de 70 días más para alcanzar su madurez fisiológica completa. Además, esta variedad presenta una altura de planta de aproximadamente de 110cm, con un rendimiento de 3636 kg ha⁻¹. En cuanto a enfermedades se refiere menciona que es una variedad resistente al acame y a la presencia de las principales enfermedades que afectan a este cereal. Cabe resaltar que estos datos se obtuvieron en la Estación Santa Catalina del INIAP.

2.9.2. INIAP-Duchicela 78

Una de las principales características de esta variedad es que es hexástica (6 líneas de granos), con un ciclo vegetativo de 160 días, una duración aproximada de 90 días a la floración desde la siembra y de 70 días para su maduración total. Presenta una altura de planta de 110 a 120 cm con una buena resistencia al acame y a las principales enfermedades de los cereales como el virus del enanismo amarillo o BYDV por sus siglas en inglés (Tola, 1978).

2.9.3. INIAP-Terán 78

Tola (1979) describe a esta variedad en un boletín en donde se determinó que su ciclo vegetativo es de 145 días aproximadamente (80 días desde la siembra hasta su floración, y desde su floración alcanza la madurez a los 65 días). Dentro de sus características agromorfológicas, su

altura se encuentra entre los 90-105cm con una buena resistencia al acame. Asimismo, presenta resistencia a enfermedades como la roya y mancha de la hoja, sin embargo, es levemente susceptible al BYDV pero este no afecta mayormente a su producción final.

2.9.4. INIAP-Shyri 89

Chicaiza et al. (1990) menciona en el boletín propio a esta variedad que entre sus características destaca que es dística con un ciclo vegetativo de 150-154 días aproximadamente. Para alcanzar el espigamiento transcurren 80 a 84 días, y para su maduración fisiológica 70 días más. Presenta una altura de 100-105 cm, adaptándose mejor en alturas que oscilan 2.500-3.500 m. s. n. m. Además, cabe resaltar que presenta una alta tolerancia a roya de la hoja, roya amarilla, Sin embargo, presenta una leve susceptibilidad al carbón.

2.9.5. INIAP-Calicuchima 92

Chicaiza N. et al., (1992), en su boletín N° 126 menciona como característica principal que es una variedad hexástica y que esta presenta una altura que va de 70-115 cm, días al espigamiento de 75-80 días, con un rendimiento aproximado de 1676 a 5148 kg ha⁻¹. Además, que esta se adapta bien a alturas que se encuentren de 2.500 a 3.350 m. s. n. m. Siendo así tolerante a la roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y roya de la hoja (*Puccinia hordei*).

2.9.6. INIAP-Atahualpa 92

Esta variedad se diferencia al ser una variedad con grano desnudo y por ser dística. Se adapta bien a alturas de 2500 a 3380 m. s. n. m., desarrollando una altura de planta de 70-100cm. Para alcanzar su espigamiento transcurren 75-80 días y para su maduración completa 140 días a partir de la siembra. Esta variedad presenta una alta resistencia a la roya de la hoja y roya amarilla, sin embargo, existe una baja susceptibilidad al carbón.

2.9.7. INIAP-Shyri 2000

Ponce et al. (2019) en su manual de cereales N° 116 describe a esta variedad como una variedad dística con un ciclo de cultivo de 160 días aproximadamente y con un rendimiento aproximado de 7000 kg ha⁻¹. Entre sus características agronómicas presenta una altura de 100-110cm con una buena resistencia al acame. De igual forma es resistente a las principales enfermedades de los cereales como: la roya amarilla, roya de la hoja y BYDV.

2.9.8. INIAP-Quilotoa 2003

Rivadeneira et al. (2002) destaca que esta variedad es hexástica con un rendimiento aproximado de 3500 kg ha⁻¹, adaptándose bien a terrenos con alturas que se encuentren entre 2800-3400 m. s. n. m. Demuestra además una excelente resistencia al acame, alta tolerancia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), fusarium, BYDV, roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura y carbón.

2.9.9. INIAP-Cañari 2003

Esta variedad es de tipo hexástica que se adapta de mejor manera a alturas de 2800-3400 m. s. n. m. en donde alcanza un rendimiento aproximado de 2900 kg ha⁻¹. Su ciclo de cultivo dura 170 días y entre sus características agronómicas tiene una altura de 90-100cm con una buena resistencia al acame. En cuanto a enfermedades es completamente resistente a la roya amarilla, escaldadura y carbón, sin embargo, es susceptible a la roya amarilla (Ponce et al., 2019).

2.9.10 INIAP-CAÑICAPA 2003

Rivadeneira et al. (2003), describe a esta variedad señalando que es de tipo dística además con el grano cubierto. Entre sus características agronómicas se destaca la altura de planta con 110 a 130cm en donde su ciclo de cultivo es de 170 a 180 días. En cuanto al rendimiento total esta variedad varía desde los 3000 a 5000 kg ha⁻¹. Además, es importante recalcar que es altamente resistente a las diferentes enfermedades de los cereales.

2.9.11. INIAP-Pacha 2003

Esta variedad es de tipo dística que se desarrolla bien en alturas de 2400 a 3200 m. s.n. m. y logra alcanzar rendimientos de 5 t ha⁻¹. Entre sus características agronómicas alcanza una altura de 100 a 110 cm y su ciclo de cultivo es de 150 a 160 días. Mientras que, para roya amarilla, roya de la hoja, fusarium, escaldadura y carbón es muy resistente y no afectan al rendimiento final de la variedad (Rivadeneira et al., 2003).

2.9.12. INIAP-Guaranga 2010

Falconi et al. (2010) realiza una descripción de esta variedad destacando que es una variedad de tipo dística con una duración del ciclo del cultivo de 155-170 días y alcanza su espigamiento en 88-104 días. Se desarrolla en alturas de 2400-3500 m. s. n. m. y logra alcanzar una altura 109-120cm con rendimientos de 2700-3600 kg ha⁻¹. En cuanto a enfermedades esta variedad se desarrolla de una buena forma y presenta resistencia a las enfermedades ya antes mencionadas.

2.9.13. INIAP-Palmira 2014

Entre las características principales de esta variedad hay que resaltar que es una variedad dística con granos cubiertos con un ciclo de cultivo de 160 días. La altura promedio de 90-110 cm, donde presenta un largo de espiga de 8 cm, con 20-25 granos (Falconí et al., 2014). Con resistencia a sequía y en cuanto a enfermedades es ligeramente resistente a roya amarilla y roya de la hoja y resiste BYDV.

2.9.14. INIAP-Ñusta 2016

Dentro de las características agronómicas principales está que es de tipo hexástica y logra alcanzar rendimientos de 4000 kg ha⁻¹ aproximadamente, desarrollándose bien en alturas de 2400-3000 m. s. n. m. y un ciclo de producción de 120 días. Puede alcanzar altura promedio de 90-100cm. Con relación a enfermedades que se presentan en los cereales como las royas tanto de hoja como amarilla y BYDV es altamente tolerante a estas (Ponce et al., 2019).

2.9.15. INIAP-Alfa 2021

Sus principales características agronómicas son duración del ciclo de cultivo de 160-180 días de tipo hexástica. Logra alcanzar rendimientos de 3000-4000 kg ha⁻¹ y altura de planta de 90-100cm desarrollándose bien en alturas de 2000 a 3200 m. s. n. m. Siendo una variedad reciente presenta una alta resistencia al acame y a las enfermedades como el BYDV, roya amarilla, roya de la hoja, fusarium y carbón (Ponce et al., 2019).

2.9.16. Clipper

El ciclo de cultivo de esta variedad es de 170 días desde la siembra a madurez fisiológica. Se desarrolla bien en alturas de 2500 m. s. n. m. y alcanza una altura de 104 cm y 8 cm. Esta es resistente a roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y al acame, medianamente resistente a roya de la hoja (*Puccinia hordei*) (Realpe, 2022).

2.9.17. Metcalfe

Realpe (2022) esta variedad suele alcanzar los 105 cm de altura aproximadamente, el espigamiento se presenta a los 75 días posteriores a la siembra, presenta un tallo fuerte por lo cual es resistente al acame. Esta variedad presenta una leve susceptibilidad a roya amarilla, tolerante a roya de la hoja mientras que es resistente al virus del enanismo (BYDV)

2.9.18. Scarlett

Esta variedad es de tipo dística su principal característica es que presenta rasgos de ser maltera. Esta variedad se desarrolla bien en alturas de 2000 a 2500 m. s. n. m. de carácter precoz, con una altura de planta de 60-70cm, ciclo vegetativo de 150 días. Es medianamente resistente resistente a roya amarilla, roya de la hoja, y resistente a escaldadura (Realpe. 2022).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del Área de Estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, ubicada en la parroquia Chaltura del cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura (Figura 1).

Figura 1.

Área designada en la granja Experimental La Pradera para el desarrollo de la investigación.



3.1.1. Características generales de la granja experimental la pradera

Las características de la ubicación geográfica del área de estudio donde se realizó la evaluación de las variedades mejoradas de cebada se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.*Características geográficas del área de estudio.*

Ubicación	Granja Experimental La Pradera
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	Chaltura
Altitud	2350 m.s.n.m.
Latitud	00 ⁰ 21' 32.31'' Norte
Longitud	78 ⁰ 12' 15.02'' Oeste.

3.1.2. Características climáticas

Las condiciones agroclimáticas del lugar en el que se realizó la investigación se detallan a continuación:

Temperatura máxima: 16 °C

Temperatura mínima: 14 °C

Clima: Sub - húmedo

Precipitación: 500 – 700 mm anuales

3.2. Materiales, insumos, equipos y herramientas.

En la Tabla 3 se da a conocer los diferentes materiales, equipos insumos y herramientas que se utilizaron durante todo el periodo de la investigación.

Tabla 3.*Materiales, equipos, insumos y herramientas empleados en la investigación de 18 variedades mejoradas de cebada.*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libreta de campo	Computadora	Insecticida	Azadón
Rótulos	Celular	Fertilizantes minerales	Pala
Cinta métrica	Impresora	Herbicida	Rastrillo
Estacas	Balanza		Bomba de fumigar
Semilla de cebada			Martillo
Piola			Bomba de agua
Manguera			

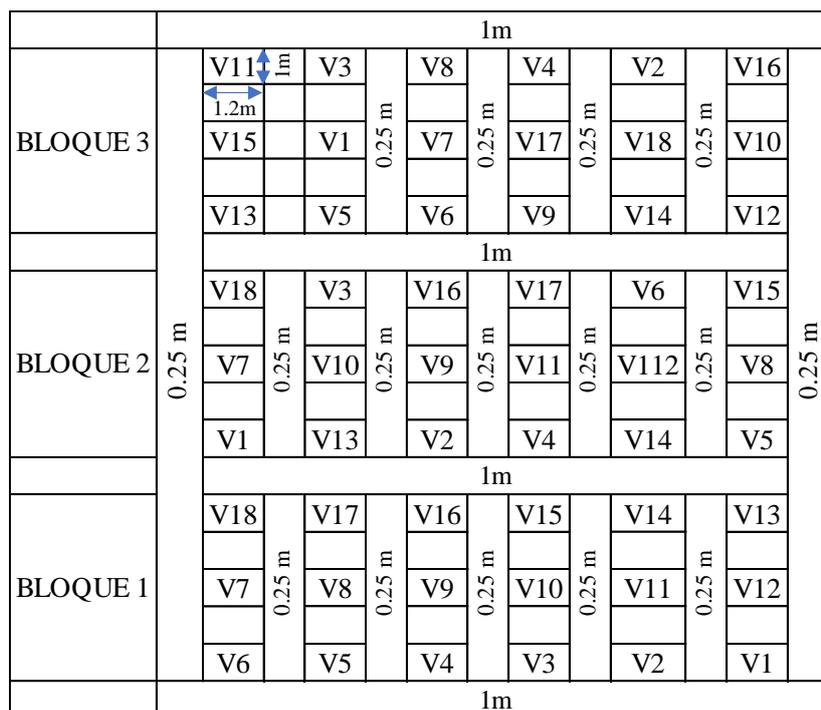
3.3. Métodos

3.3.1. Diseño experimental

Para el planteamiento de la investigación se estableció un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con tres (3) bloques. En la Figura 2 se muestra el diseño experimental del estudio.

Figura 2.

Diseño experimental implementado en el área de investigación.



3.3.2. Factor de estudio

En el presente estudio se analizaron 18 variedades mejoradas con tres repeticiones de cada variedad. La Tabla 4 presenta las variedades de cebada a evaluar.

Tabla 4.

Variedades de cebada mejorada a evaluar de origen ecuatoriano.

N° Variedad	Nombre	N° Variedad	Nombre
1	INIAP-DORADA71	10	INIAP-CAÑICAPA 2003
2	INIAP-DUCHICELA 78	11	INIAP-PACHA 2003
3	INIAP-TERAN 78	12	INIAP-GUARANGA 2010
4	INIAP-SHYRI 89	13	INIAP-PALMIRA 2014
5	INIAP-CALICUCHIMA 92	14	INIAP-ÑUSTA 2016
6	INIAP-ATAHUALPA 92	15	INIAP-ALFA 2021
7	INIAP-SHYRI 2000	16	CLIPPER
8	INIAP-QUILOTOA 2003	17	METCALFE
9	INIAP-CAÑARI 2003	18	SCARLETT

3.3.2.1. Características del experimento

- Bloques: 3
- Variedades: 18
- Número de unidades experimentales: 54
- Área total del ensayo: 170 m²

3.3.2.2. Características de la unidad experimental

Las características de la unidad experimental que se encuentran establecidas para la evaluación de las variedades mejoradas de cebada por parte del INIAP se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.

Características de la unidad experimental.

Datos	Medidas
Área total de la parcela:	170 m ²
Área de la parcela bruta	1.2 m ²
Largo de la parcela:	1 m
Ancho de la parcela:	1.2 m
Distancia entre unidad experimental:	1 m-0.25 m
Distancia entre bloques	1 m
Densidad de siembra	18g/m ²

3.3.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del software INFOSTAT, presentando un análisis de varianza (ADEVA) del diseño en bloques completos al azar (Tabla 6).

Tabla 6.

Análisis de varianza del experimento.

Fuentes de Variación	Fórmula	GL
Total	$(t \times R) - 1$	53
Bloques	$(t - 1)$	2
Variedades	$(R - 1)$	17
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	34

3.3.4. Variables de estudio

Para la evaluación de las diferentes variables del presente estudio se empleó el manual N°111- Parámetros de evaluación y selección de cereales (2019). Este fue entregado por parte del

programa de cereales del INIAP. En él se describe la escala de desarrollo, la metodología a utilizar juntamente con los diferentes parámetros de evaluación.

3.3.4.1. Variables agronómicas y morfológicas

- **Vigor de la planta.**

Este parámetro se evaluó de forma visual. El vigor es la fuerza con la que crecen las plantas en una parcela, basados en el desarrollo general del cultivo. La Tabla 7 toma en cuenta tamaño de planta, tamaño de hoja, población para su evaluación. Se evaluó en Z-14 a Z-15, que es cuando la planta presenta de cuatro a cinco hojas (Figura 3).

Tabla 7.

Escala de evaluación del vigor en plantas.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Bueno	Plantas y hojas grandes bien desarrolladas.
2		Escala Intermedia.
3	Regular	Plantas y hojas medianamente desarrolladas.
4		Escala Intermedia.
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas.

Figura 3.

Variedades de cebada mejorada en Z-14, estado óptimo de evaluación vigor de planta



- **Hábito del crecimiento**

Este factor se relaciona directamente con la forma en que crece la planta, describe la disposición de las hojas y tallos durante el desarrollo en etapas iniciales. Para este parámetro se utilizó una escala de tres descriptores (Tabla 8). Los datos fueron tomados en la escala Z-20 a Z.29. Según Zadoks en esta etapa es el inicio del macollamiento (Figura 4).

Figura 4.

Cebada en etapa de macollamiento Z-23.



Tabla 8.

Escala de evaluación de hábito de crecimiento o porte en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba.
2	Intermedio (Semierecto o semipostrado)	Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45°.
3	Postrado	Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo

- **Días al espigado**

La estimación de este parámetro se realizó de forma visual. Para esto se estimó el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecieron totalmente. Se

realizó durante varios días (Figura 5), debido a que las diferentes variedades espigan en días diferentes. En la escala de Zadoks este parámetro fue medido en Z-55, mismo que se caracteriza por presentar la mitad de la florescencia emergida.

Figura 5.

Diferentes variedades de cebada mejorada en espigamiento



- **Altura de planta**

Para este parámetro se midió desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga sin tomar en cuenta las aristas (Figura 6). Con la ayuda de una cinta métrica los datos se registraron en centímetros. El momento de la evaluación es cuando el cultivo se encuentra en Z-91 que quiere decir cuando ha alcanzado la madurez comercial, a la cosecha.

Figura 6.

Toma de altura con la cebada completamente madura.



- **Tipo de paja**

Para este parámetro empleamos una escala de 1 al 3, descrita en la Tabla 9. En la escala Zadoks se mide al igual que la altura de planta en Z-91 (Figura 7) cuando la planta ha madurado completamente, con cariósipide duro.

Tabla 9.

Escala de evaluación tipo de paja para variedades mejoradas de cebada.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Tallo Fuerte	Tallos gruesos, erectos y flexibles, que soportan el viento y el acame.
2	Tallo Intermedio	Tallos no muy gruesos erectos y medianamente flexibles que soportan parcialmente el acame.
3	Tallo Débil	Tallos delgados e inflexibles, que no soportan el viento y el acame.

Figura 7.

Variedades mejoradas de cebada que mostraron acame.



- **Tamaño de espiga**

El tamaño se midió desde la base de la espiga hasta el extremo de esta. Para este dato no se incluye las aristas. Se usó una regla y se expresó en centímetros (Figura 8). La evaluación se lo realizó cuando el cultivo ha alcanzado la madurez, es decir a la cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo. Se tomó al azar 10 espigas

de toda la unidad experimental. La etapa de desarrollo del cultivo para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z-92.

Figura 8.

Espigas de cebada dística maduras completamente (Z-92) para evaluar tamaño de espiga



- **Número de granos por espiga**

Este parámetro fue medido al mismo tiempo que la variable anterior. Se tomó 10 espigas al azar y se contó de forma manual el número de granos llenos que tiene cada espiga (Figura 9). Así mismo, se midió cuando el cultivo alcanzó su madurez total. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo.

Figura 9.

Cebada dística en Z-92 apta para el conteo de granos.



3.3.4.2. Variables postcosecha

- **Rendimiento de grano**

Para conocer el rendimiento total de cada variedad se cosechó todas las plantas y se trilló. Posterior a la cosecha se pesó en su totalidad la producción de cada unidad experimental. Para realizar esta medición el grano se secó hasta presentar un 13% de humedad (Figura 10) y sin impurezas que afecten su peso. El valor obtenido se representa en g/parcela, y se lo transformó a kg ha^{-1} , para calcular el rendimiento potencial estimado.

Figura 10.

Humidímetro calibrado para evaluar la humedad presente en las variedades mejoradas de cebada



- **Peso hectolítrico**

Es el peso del grano en un volumen específico. Esto quiere decir que mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto. Este peso se calculó en kilogramos por hectolitro (kg hl^{-1}), para ello se usó una balanza para peso específico o hectolítrico. Se realizaron 3 medidas diferentes para evitar errores (Figura 11).

Figura 11.

Equipo utilizado para evaluar peso hectolítrico de las diferentes variedades mejoradas de cebada.



- **Peso de mil granos**

Consiste en el peso que alcanzan 1000 granos seleccionados al azar; mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo. Adicionalmente, se le utiliza para calcular la densidad de siembra. El peso se obtuvo en gramos, para ello empleamos una balanza electrónica (Figura 12).

Figura 12.

Contadora de granos en INIAP, Estación Santa Catalina.



- **Tipo y color de grano**

Esta variable se evaluó al tener el 13% de humedad. La Tabla 10 establece los parámetros para determinar el tipo y color del grano. Este se evaluó de forma visual una por una de las variedades de cada bloque.

Tabla 10.

Escala de evaluación de tipo y color de grano para cebada.

Escala	Descripción
***	Grano grande, grueso, redondo, blanco o crema
**	Grano mediano, redondo, blanco o amarillo
**	Grano mediano, alargado, crema o amarillo
+	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado

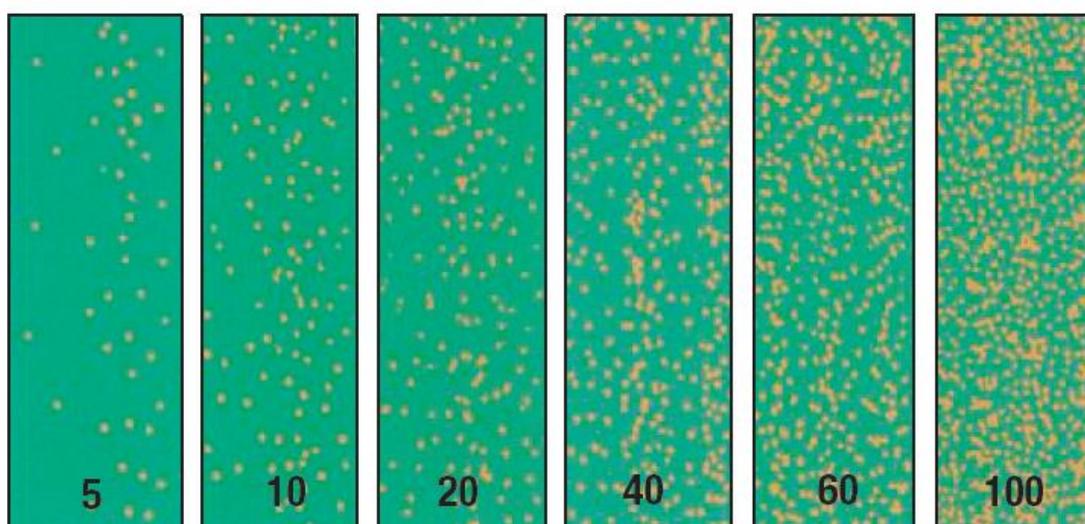
3.3.4.3.Reacción a enfermedades

- **Severidad del ataque de Roya de la hoja**

La roya de la hoja en cebada se presenta por el hongo *Puccinia hordei*. Su principal característica son las pústulas que tienen forma circular u ovalada. Su distribución no es uniforme y el color varía entre anaranjado y un café anaranjado. Para la determinación de la severidad se utilizó la escala de la Figura 13.

Figura 13.

Porcentajes de severidad de Puccinia hordei



- **Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)**

Esta enfermedad se causa por virus que son diseminados mediante un vector, el principal en este caso son los pulgones de varias especies. Produce enanismo por la falta de elongación de los entrenudos, pérdida de color de las hojas que se puede presentar desde el ápice y por los

márgenes hacia la base. La evaluación se la realizó de forma visual con los parámetros establecidos en la Tabla 11.

Tabla 11.

Escala para determinar el daño por BDYV.

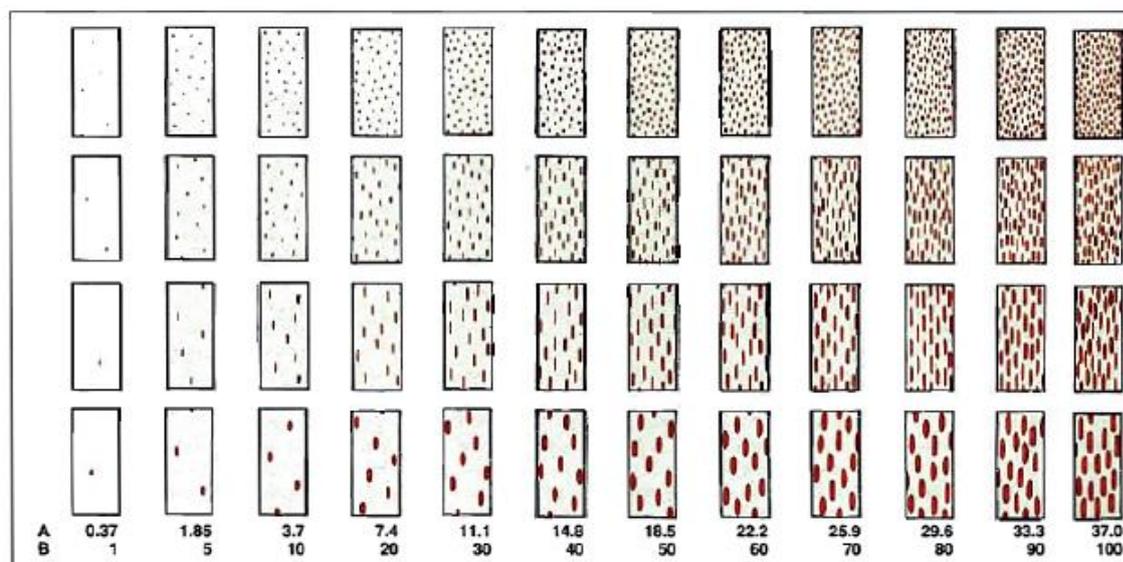
Grado	Significado
1	Trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas, planta de apariencia vigorosa.
2	Amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas.
3	Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento.
4	Amarillamiento moderado o algo extenso, no hay enanismo.
5	Amarillamiento más extenso; vigor de planta moderado, o pobre, cierto enanismo.
6	Amarillamiento severo, espigas pequeñas; enanismo moderado, apariencia pobre de la planta.
7	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado, apariencia pobre de planta.
8	Amarillamiento casi completo, de todas las hojas; enanismo, macollamiento reducido en apariencia (presencia de rosetas); tamaño reducido de las espigas con alguna esterilidad.
9	Enanismo severo; amarillamiento completo, espigas escasas; considerable esterilidad, madurez acelerada o secamiento de planta antes de la madurez normal.

- **Manchas Foliares**

La mancha foliar en la cebada se produce por *Rhynchosporium secalis*. Esta ataca a la planta de forma general. Se presenta en forma de manchas de forma romboidal de color verde oliváceo claro a verde grisáceo. Esta se midió con la escala modificada de Cobb (Figura 14).

Figura 14.

Escala modificada de Cobb, para severidad.



3.4. Manejo específico del cultivo

- Selección del lote

El lote donde se establecieron los diferentes ensayos cumplía con los siguientes aspectos: no haber sido cultivado con ningún cereal el ciclo anterior. Con una pendiente menor al 5%. En la Figura 15 se muestra el proceso de selección y limpieza del suelo.

Figura 15.

Determinación del terreno, limpieza y desinfección.



Nota: A. Aplicación de herbicida; B. Limpieza del terreno para su preparación.

- **Preparación del suelo**

La preparación de suelo se realizó con anticipación de un mes previo a la siembra. De esta formase garantizó que exista una óptima descomposición de las malezas, residuos de cultivos previos a incorporarse al lote. Para la preparación del suelo se utilizó el tractor que pasó el arado y dos pases de rastra (Figura 16). Cabe resaltar que un terreno que está adecuadamente preparado ayuda a una eficaz germinación y por ende se facilita el establecimiento del cultivo.

Figura 16.

Preparación del terreno con ayuda del tractor.



- **Desinfección de semilla**

La semilla se nos entregó completamente desinfectada con Fludioxonilo (Celest) en dosis de 2 cm³/kg de semilla (Figura 17). La desinfección ayuda a reducir la diseminación de enfermedades transmitidas por semilla como son: carbones, septoria y algunas especies de Fusarium sp., entre los más importantes.

Figura 17.

Entrega de semillas por parte de INIAP, correctamente desinfectadas.



- **Siembra**

Para la siembra se estableció las diferentes unidades experimentales con tiza (Figura 18-A). Se utilizó una sembradora experimental con calibración para una densidad de 150 kg/ha para el cultivo de cebada (Figura 18-B). Para la siembra de cada ensayo se utilizó fertilizante para garantizar un mejor porcentaje de germinación.

Figura 18.

Establecimiento de ensayos y maquina sembradora.



Nota: **A:** Atizado de las unidades experimentales de cada ensayo. **B:** Sembradora experimental previamente calibrada.

- **Fertilización**

La cantidad que se aplicó fue de: 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo (P_2O_5), 50 kg de Potasio (K_2O) y 20 kg de Azufre (S), 1 kg de Magnesio (MgO), 1 kg de Boro (B) y 4 kg de Calcio (Ca), esta fertilización fue dividida en dos. Al momento de la siembra se aplicó el 250 kg de fertilizante compuesto 15-30-15+EM (elementos menores), lo que significa que el 20% del nitrógeno, junto con el 100% de Fósforo, Potasio y Azufre (Figura 20-A). Al macollamiento, se aplicó el 80% restante del nitrógeno en la etapa de Zadoks (Z-30) la (Figura 19-B). en esta última fertilización se utilizó un abono de origen químico 15-15-15 mejorado.

Figura 19.

Semillas con fertilizantes, fertilización completa.

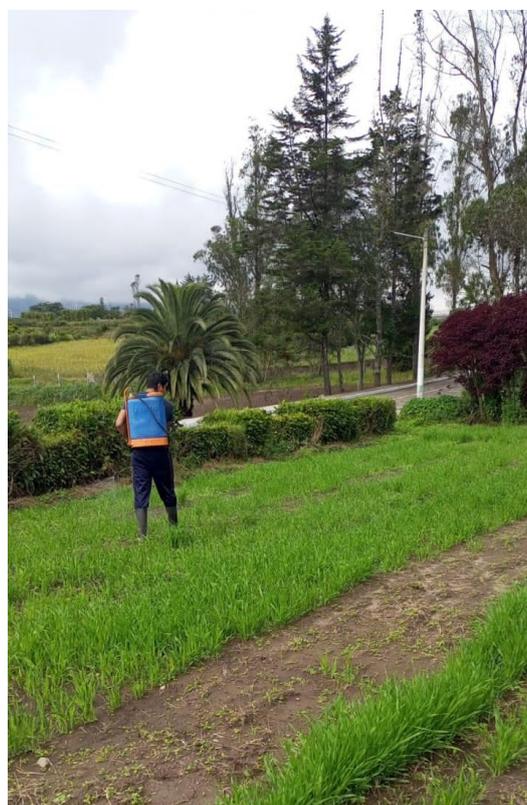


- **Control de malezas**

El control de malezas se realizó con la aplicación de un herbicida químico específico para malezas de hoja ancha, metsulfurón-metil. Se aplicó en la escala de Zadoks Z-20, que es la etapa del macollamiento. Se utilizó una bomba de mochila de 20 L (Figura 20) con una dosis de 10 g de herbicida por bomba. Se utilizó en total 4 bombas en todos los ensayos.

Figura 20.

Aplicación de herbicida (metsulfuron-metil) a todos los ensayos.



- **Controles fitosanitarios**

En el ensayo de la investigación se evaluó la severidad de las principales enfermedades que afectan a la cebada. Es por lo que no se realizó ningún tipo de aplicación de agroquímicos para el control de enfermedades.

- **Cosecha**

La cosecha del ensayo se realizó de forma manual, para esto se usó una hoz. La cebada cosechada se almacenó en bolsas que fueron previamente marcadas con el bloque y el número del tratamiento que contenían (Figura 21).

Figura 21.

Cosecha de los diferentes ensayos de forma manual.



- **Trilla**

La trilla se realizó con la ayuda de una trilladora mecánica, misma con la cual trillamos todos los experimentos (Figura 22). El grano trillado fue almacenado en fundas de tela con su debida etiqueta, que contenga la información del ensayo.

Figura 22.

Trilla de la cebada de forma mecánica.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables agronómicas y morfológicas de las 18 variedades de cebada mejorada evaluadas se analizan a continuación.

4.1. Variables agronómicas y morfológicas.

4.1.1. Vigor de planta

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=51$; $p=0.1592$) entre las variedades mejoradas evaluadas y el vigor de la planta (Tabla 12).

Tabla 12.

Análisis de la tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable vigor de planta.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	60.98	51	0.1599
Chi Cuadrado MC-G2	69.64	51	0.0424
Coef. Cont. Cramer	0.53		
Coef. Cont. Pearson	0.73		

Para la evaluación de vigor de planta se utilizó la escala numérica mencionada en la tabla 13, donde 1 equivale a una planta vigorosa con hojas bien desarrolladas y 5 plantas pequeñas con hojas mal desarrolladas y delgadas. Esta variable se evaluó por unidades experimentales (UE), para obtener datos precisos del porcentaje de vigor de planta por cada variedad. De acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación la variedad INIAP-Terán 78 presentó el 100% con vigor 1. Las variedades INIAP-Duchicela 78 e INIAP-Palmira 2014 evidenciaron el 100% de plantas en un vigor 2. Para los niveles 3 y 4 que tienen un vigor regular y no tan malo se encuentran distribuidas en el resto de las variedades analizadas y representan el 27% de todas las UE evaluadas.

Tabla 13.

Porcentaje de vigor de planta de variedades mejoradas de cebada según la escala numérica reportada por Ponce et al., (2019)

Variedad	Porcentaje de vigor según escala de valoración				Total (%)
	Bueno (1)	Intermedio (2)	Regular (3)	Intermedio (4)	
Clipper	--	33	33	33	100
INIAP-Alfa 2021	33	33	33	--	100
INIAP-Atahualpa 92	--	--	67	33	100
INIAP-Calicuchima 92	67	33	--	--	100
INIAP-Cañari 2003	67	--	33	--	100
INIAP-Cañicapa 2003	67	33	--	--	100
INIAP-Dorada 71	67	33	--	--	100
INIAP-Duchicela 78	--	100	--	--	100
INIAP-Guaranga 2010	33	67	--	--	100
INIAP-Ñusta 2016	--	33	67	--	100
INIAP-Pacha 2003	67	33	--	--	100
INIAP-Palmira 2014	--	100	--	--	100
INIAP-Quilotoa 2003	67	--	33	--	100
INIAP-Shyri 2000	67	33	--	--	100
INIAP-Shyri 89	33	67	--	--	100
INIAP-Terán 78	100	--	--	--	100
Metcalfe	--	33	33	33	100
Scarlett	--	--	67	33	100
Total	37	35	20	7	100

Realpe (2022) en su evaluación de variedades mejoradas de cebada iguales a las de esta evaluación entregadas por INIAP menciona que la gran mayoría de variedades mejoradas obtuvieron un vigor de 2. Mientras que, en este estudio, los materiales evaluados fueron categorizados en la escala de 1 al 4, la variación de esta escala puede explicarse por la genética del material de estudio, disponibilidad de nutrientes y humedad del suelo (Ponce et al., 2019).

4.1.2. Hábito de crecimiento

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que si existe asociación ($gl=34$; $\chi^2=0.0169$) entre las todas las líneas evaluadas y el hábito de la planta (Tabla 14).

Tabla 14.

Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable hábito de crecimiento.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	53.76	34	0.0169
Chi Cuadrado MC-G2	48.96	34	0.0465
Coef. Cont. Cramer	0.58		
Coef. Cont. Pearson	0.71		

De acuerdo con la escala de valoración para el hábito de crecimiento de las plantas (Tabla 15), la variedad INIAP-Dorada 71 alcanzó el 100% de plantas en escala de bueno (1) con plantas fuertes y vigorosas con tallos erectos. Mientras que, la mayoría de las unidades experimentales (UE) se encontraron en el nivel 2 con plantas semi erectas con hojas diagonales. Donde las variedades: Clipper, INIAP-Atahualpa 92, INIAP-Duchicela 78, INIAP-Ñusta 2016, Metcalfe y Scarlett presentan el 100% de plantas en escala intermedia (2). Sin embargo, hay que resaltar que en el nivel 3 de hábito de crecimiento sobrepasa al nivel 1 con 7 UE, siendo este nivel el segundo con mayor porcentaje (24%).

Tabla 15.

Frecuencias absolutas de hábito de crecimiento de cebada mejorada según la escala propuesta por Ponce et al., (2019)

Variedad	Escala (%)			Total (%)
	Bueno (1)	Intermedio (2)	Regular (3)	
Clipper	--	100	--	100
INIAP-Alfa 2021	--	67	33	100
INIAP-Atahualpa 92	--	100	--	100
INIAP-Calicuchima 92	33	67	--	100
INIAP-Cañari 2003	--	33	67	100
INIAP-Cañicapa 2003	33	67	--	100
INIAP-Dorada 71	100	--	--	100
INIAP-Duchicela 78	--	100	--	100
INIAP-Guaranga 2010	--	33	67	100
INIAP-Ñusta 2016	--	100	--	100
INIAP-Pacha 2003	--	33	67	100
INIAP-Palmira 2014	--	67	33	100
INIAP-Quilotoa 2003	--	67	33	100
INIAP-Shyri 2000	--	33	67	100
INIAP-Shyri 89	33	33	33	100
INIAP-Terán 78	--	67	33	100
Metcalfe	--	100	--	100
Scarlett	--	100	--	100
Total	11	65	24	100

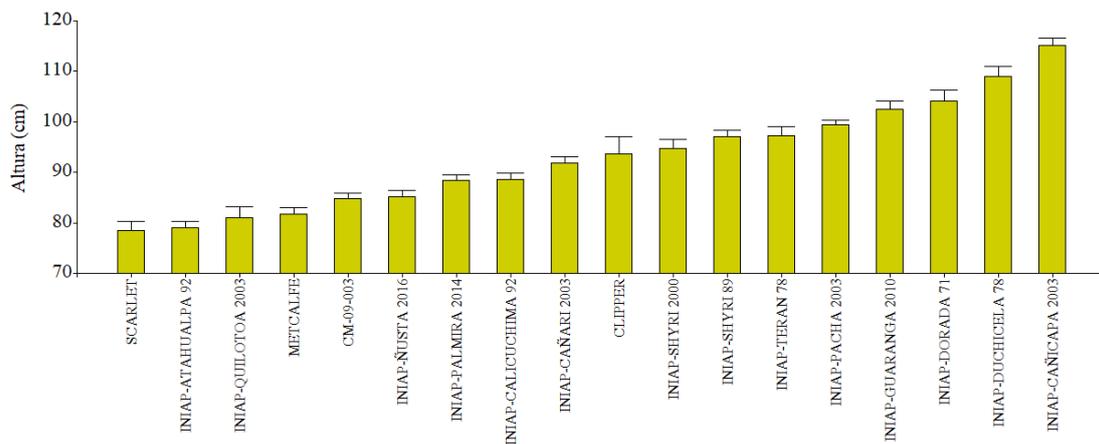
Tras los resultados obtenidos se observó que la mayoría de UE pertenecía al hábito de crecimiento 2. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Guambugete (2022) que en su estudio de caracterización de rendimiento de 18 variedades de cebada tan solo la variedad Scarlett fue de hábito 3. Este factor depende de las condiciones ambientales que se presenten durante el ciclo de cultivo (Caluguillin, 2022). Además de esto Ponce et al. (2019) recalca que la temperatura, fotoperiodos u horas luz y nutrientes del suelo son importantes para obtener un mejor nivel en el hábito de crecimiento.

4.1.3. Altura de planta

El resultado de los análisis estadísticos para la variable altura de planta indican que si existe diferencia significativa entre las diferentes variedades mejoradas de cebada que fueron evaluadas (GL:17; Valor F:49.59; Valor $p < 0.0001$). Al realizar el análisis estadístico LSD de Fisher con significancia de 5% de la variable altura de planta presentó diferencias significativas entre las diferentes variedades estudiadas. En la Figura 23 se muestra la diferencia de altura existente entre las diferentes variedades de cebada, siendo la variedad Scarlett la más pequeña con 78.57 cm con respecto a la variedad INIAP-Cañicapa 2003 que alcanzó 115.13 cm de alto, siendo la más alta de las 18 variedades evaluadas.

Figura 23.

Altura de planta de las 18 variedades mejoradas de cebada.



Guambugete (2022) en su estudio de caracterización de 18 variedades mejoradas de cebada otorgadas por el INIAP, mismas que la presente investigación, la variedad más pequeña fue INIAP-Ñusta 2016 con una media de 100 cm de altura. Por otro lado, el estudio de Garrido (2017) con variedades mejoradas de cebada la variedad Scarlett obtuvo un promedio de 74.09 cm, siendo similar al resultado obtenido en esta investigación. Rivadeneira et al., (2003) en

describe las características agronómicas de esta variedad. En donde la altura de la planta oscila entre los 110 y 130 cm. Estas diferencias se ven marcadas debido a que la altura de la planta es un aspecto que depende de las diferentes condiciones agroclimáticas de la zona de estudio, disposición de nutrientes del suelo, entre otros (Ponce et al., 2019).

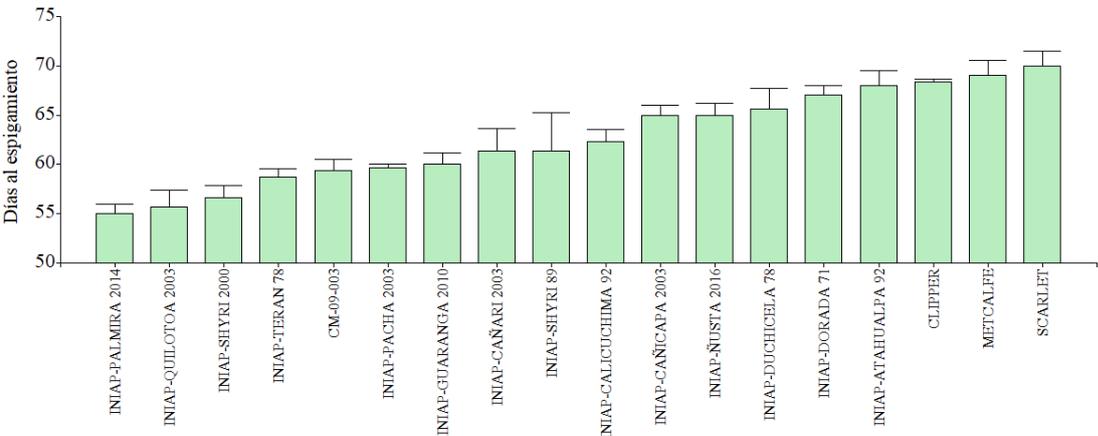
4.1.4. Días al espigamiento

Para la variable días al espigamiento se realizó un análisis estadístico el cual demostró que si existen diferencias significativas (GL:17; Valor F:12.15; Valor p<0.0001) entre las variedades mejoradas de cebada evaluadas En cuanto a la variable días al espigamiento se obtuvo un promedio general de 62.57 días. En la Figura 24 se describe los resultados de los días al espigamiento de las 18 variedades mejoradas analizadas. La variedad INIAP-Palmira 2014 presentó un promedio de 55 días, siendo de esta forma la más precoz. Por otro lado, la variedad Scarlett fue la más tardía obteniendo un promedio de 70 días al espigado.

Realpe (2022) en su estudio evaluó 18 variedades mejoradas de cebada en Cotopaxi idénticas a las de esta investigación, en donde la media de días al espigamiento fue de 55 días. Ponce et al. (2019) describe que los días al espigamiento de INIAP-Palmira 2014 son 80 días. Mientras que el estudio de Garrido (2017) menciona que los días al espigamiento de la variedad Scarlett es de 74-77 días después de la siembra. Los datos de los autores antes mencionados son cercanos a los resultados obtenidos en la presente investigación. Cabe resaltar que, estos periodos de tiempo se encuentran ligados al gen de precocidad ligados al fotoperiodo y a los factores ambientales en los que se desarrolle la planta (Ruiz, 2018).

Figura 24.

Diferencia de días al espigamiento de las 18 variedades mejoradas de cebada.

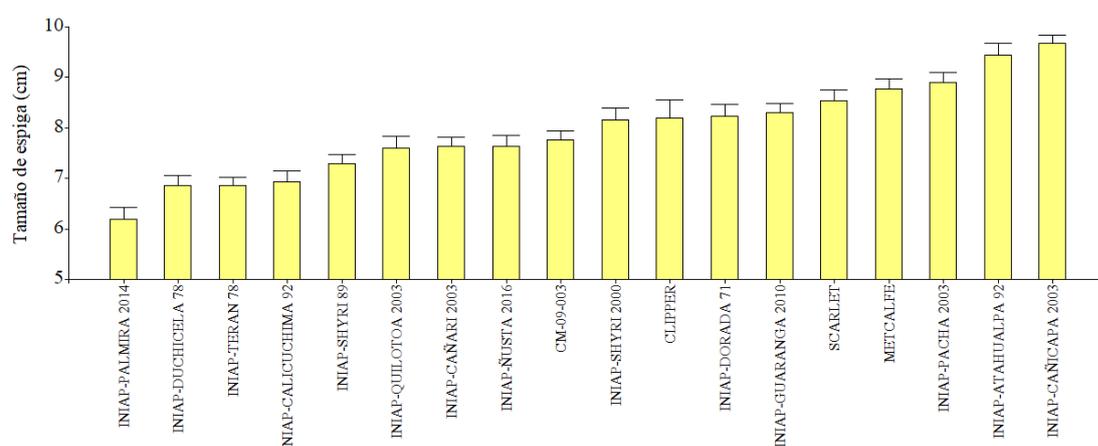


4.1.5. Tamaño de la espiga

Tras el análisis estadístico de los resultados de la variable tamaño de espiga, (GL:17; Valor F:18.57; Valor $p < 0.0001$) se encontró que existen diferencias significativas entre las diferentes variedades de cebada mejorada evaluadas. En la Figura 25 se observa la diferencia existente en tamaño de espiga de las 18 variedades mejoradas de cebada evaluadas. Esta variable se analizó en la fase final del cultivo o Z-92. Según los resultados obtenidos se determinó que INIAP-Palmira 2014 fue la variedad de menor tamaño con un promedio de 6.14 cm. Por el contrario, INIAP-Cañicapa 2003 fue la variedad que más destacó al con un promedio de 9.67cm siendo el más alto.

Figura 25.

Diferencia existente en el tamaño de espiga de las variedades de cebada.



Falconi et al., (2014) describe a la variedad INIAP-Palmira 2014 en donde señala que el promedio de tamaño de espiga es de 8cm. Por otro lado, los resultados de Guambugete (2022) determinaron que la variedad INIAP-Terán 78 presentó la espiga más pequeña con un promedio de 6.7cm. Sin embargo, el estudio de Realpe (2022) demostró que la variedad INIAP-Cañicapa 2003 obtuvo un valor de 7.74cm, que es menor al obtenido en el presente estudio. Por el contrario, la variedad INIAP-Atahualpa 92 presentó un valor más alto con 8.41cm. Esto concuerda por lo mencionado por Flores (2023) en donde resalta que estas diferencias entre variedades se deben a los genotipos, los cambios bruscos de clima que afecta a la adaptación del material de estudio.

4.1.6. Tipo de paja

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos para la variable tipo de paja indican que si existe asociación ($gl=34$; $\chi^2=0.0010$) entre las todas las líneas evaluadas y el tipo de paja.

Tabla 16.

Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable hábito de crecimiento.

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	65.10	34	0.0010
Chi Cuadrado MC-G2	66.21	34	0.0008
Coef. Cont. Cramer	0.63		
Coef. Cont. Pearson	0.74		

La variable tipo de paja se evaluó en una escala de 1 a 3 (Tabla 10) siendo 1 una planta con tallos fuertes y resistencia al acame y siendo el nivel 3 un tallo débil. Tras el análisis de esta variable destaca el nivel 1 ya que de las 54 UE evaluadas 26 de ellas presentan plantas con tallos fuertes, gruesos y erectos (Tabla 17). Además, las variedades: INIAP-Alfa 2021, INIAP-Calicuchima 92, INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Shyri 2000 presentaron sus 3 repeticiones en nivel 1. Mientras que, para el nivel 2 de las variedades: INIAP- Quilotoa 2003 y Metcalfe tienen sus tres repeticiones en este nivel. Por último, las variedades INIAP-Dorada 71 e INIAP-Terán 78 presentan sus tres repeticiones dentro del nivel 3 con plantas de tallos débiles.

Tabla 17.

Resultado por unidades experimentales (UE) de cebada mejorada de acuerdo con el tipo de paja.

Variedad	Tipo de paja			Total
	Fuerte (1)	Intermedio (2)	Débil (3)	
Clipper	2	1	--	3
INIAP-Alfa 2021	3	--	--	3
INIAP-Atahualpa 92	1	1	1	3
INIAP-Calicuchima 92	3	--	--	3
INIAP-Cañari 2003	1	2	--	3
INIAP-Cañicapa 2003	2	1	--	3
INIAP-Dorada 71	--	--	3	3
INIAP-Duchicela 78	2	--	1	3
INIAP-Guaranga 2010	3	--	--	3
INIAP-Ñusta 2016	1	1	1	3
INIAP-Pacha 2003	1	2	--	3
INIAP-Palmira 2014	2	1	--	3
INIAP-Quilotoa 2003	--	3	--	3
INIAP-Shyri 2000	3	--	--	3
INIAP-Shyri 89	1	2	--	3
INIAP-Terán 78	--	--	3	3
Metcalfe	--	3	--	3
Scarlett	1	2	--	3
Total	26	19	9	54

Los resultados obtenidos por Guambuquete (2022) concuerdan con los de la presente investigación al determinar que las variedades INIAP-Dorada 71 e INIAP-Terán 78 presentan tallos débiles. Por otro lado, Simbaña (2023) en sus resultados la mayoría de su investigación presenta tipo de paja 2 con 47% a diferencia de la presente investigación, en donde predominan los tallos fuertes y erectos con un 48%. Además de que la presente investigación obtuvo un nivel menor en el nivel 3 que es el más bajo con un 17% y Simbaña (2023) obtuvo un 26%.

Estos resultados se deben a que esta variable depende de diversos factores como la nutrición la alta precipitación, condiciones climáticas vientos y fotoperiodo (Ponce et al. 2019). Además, Caluguillín (2022) menciona que al existir competencia las plantas presentan tallos alargados y delgados a los deseados. Esto afecta también al rendimiento final al ser más susceptible al acame.

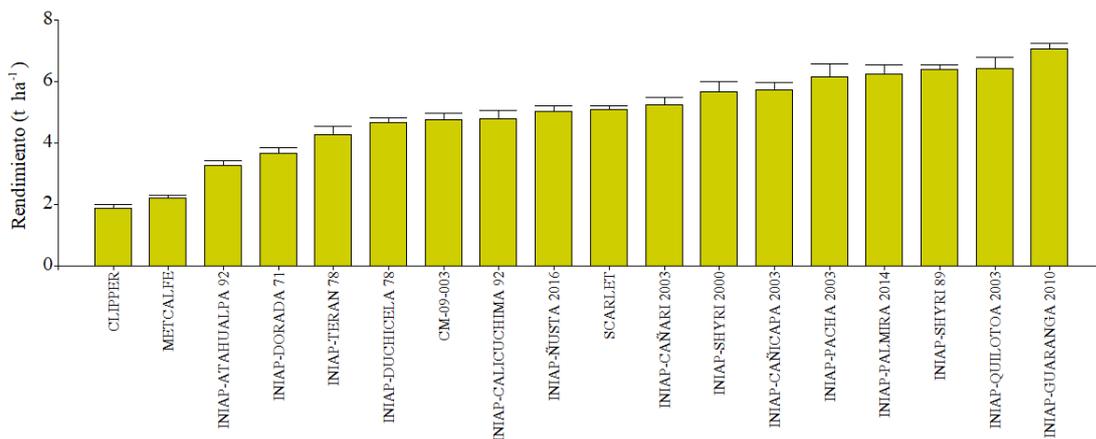
4.2. Variables post cosecha

4.2.1. Rendimiento

Para la variable de rendimiento se realizó el análisis estadístico que demostró que existen diferencias significativas entre las variedades mejoradas de cebada (GL:17; Valor F:43.94; Valor $p < 0.0001$). La Figura 26 muestra la diferencia de rendimiento entre las medias de las diferentes variedades analizadas durante el experimento. De esta forma se determinó que la variedad que presentó un mayor rendimiento en $t\ ha^{-1}$ fue INIAP-Guaranga 2010 con una media de 7.05. Sobrepasando con un 73% a la variedad INIAP-Scarlett que alcanzó un rendimiento de $1.89\ t\ ha^{-1}$, siendo así la variedad que menor rendimiento obtuvo.

Figura 26.

Diferencia del rendimiento alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.



Estos valores son diferentes a los obtenidos por Guambuete (2022) en donde la variedad INIAP-Guaranga 2010 tan solo alcanzó un rendimiento de $6.68\ t\ ha^{-1}$. Además, en el estudio mencionado anteriormente la variedad con mayor rendimiento fue INIAP-Calicuchima 92. Sin embargo, esto difiere completamente con Falconi et al. (2010) quien menciona la variedad INIAP-Guaranga 2010 alcanza un rendimiento de 3 a $4\ t\ ha^{-1}$.

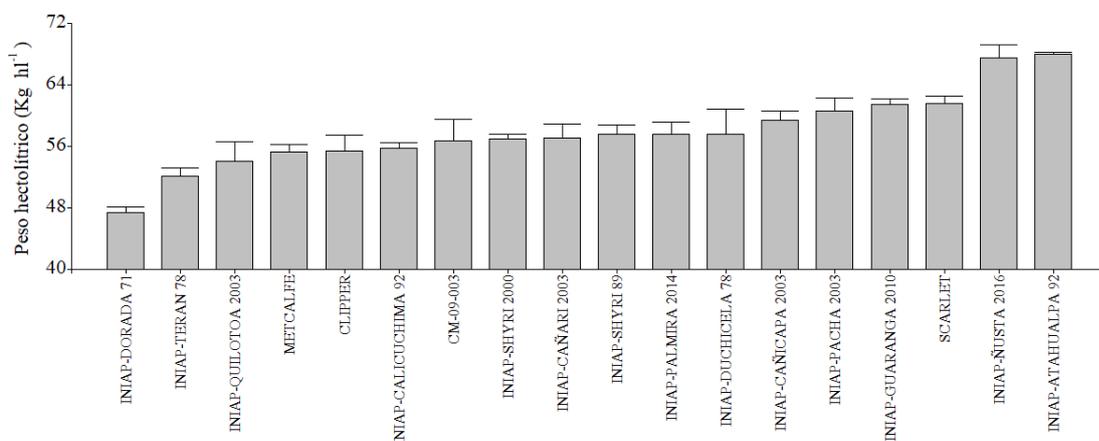
4.2.2. Peso hectolítrico

Para la variable peso hectolítrico se realizó el análisis estadístico, mismo que demostró que existen diferencias significativas entre las variedades mejoradas de cebada evaluadas (GL:17; Valor F:10.40; Valor $p < 0.0001$). Los resultados obtenidos tras el análisis de peso hectolítrico de las 18 variedades de cebada muestran un rango entre 47.33 a los $67.97\ kg\ hl^{-1}$ (Figura 27),

existiendo así una diferencia de 20.64 kg hl⁻¹. La mayoría de las variedades estudiadas se encuentran entre los 50 y 60 kg hl⁻¹, representando un 60.67% de toda la investigación. Las variedades INIAP-Atahualpa 92 e INIAP-Ñusta 2016 destacan de las demás al obtener resultados de 67.97 kg hl⁻¹ y 67.57 kg hl⁻¹ respectivamente. Además, las variedades: Scarlett, INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Pacha 2003 pertenecen al 27.7% de variedades que sobrepasaron los 60 kg hl⁻¹. Por el contrario de la variedad INIAP-Dorada 71 obtuvo la media más baja con un valor de 47.33 kg hl⁻¹.

Figura 27.

Peso hectolítrico alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.



Los resultados obtenidos por Realpe (2022) coinciden en que la variedad INIAP-Atahualpa 92 alcanzó el peso más alto. Sin embargo, la diferencia entre el resultado de la presente investigación y Realpe (2022) es de 13.05 kg hl⁻¹. Por otro lado, el resultado obtenido por Guambuquete (2022), si bien coincide con la variedad el resultado es menor al obtenido en la Granja Experimental La Pradera. Así mismo para la variedad de menor peso hectolítrico las tres investigaciones coinciden que la variedad INIAP-Dorada 71 es la que menor peso obtuvo, aunque varían en su resultado final.

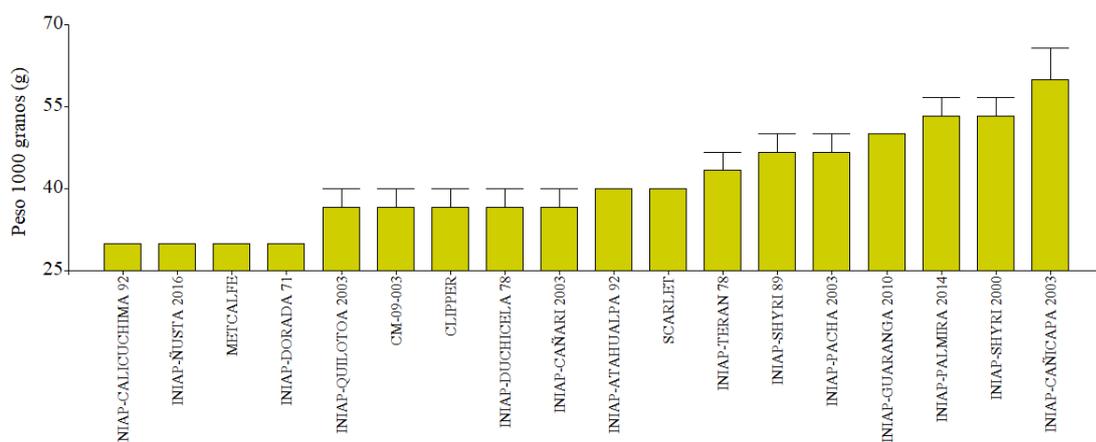
El peso hectolítrico es un parámetro que depende esencialmente por la morfología del grano (Garrido, 2017). También, Ponce et al. (2019) señala que existen factores bióticos y abióticos externos que influyen a que este parámetro sea alto o no. Finalmente, Caluguillin (2022) menciona además que el paso de nutrientes afecta al óptimo llenado de los granos, por lo cual baja la media que se considera en aproximadamente en 60 kg hl⁻¹.

4.2.3. Peso de 1000 granos

Al realizar el análisis de varianza (GL:17; Valor F:14.04; Valor $p < 0.0001$), se demostró que existe diferencia significativa entre las variedades de cebada mejorada otorgadas por el INIAP. En la Figura 28 se observa la diferencia entre el peso de las diferentes variedades siendo la variedad INIAP-Cañicapa 2003 la única que obtuvo un valor superior al de las demás con: 60 g. Las variedades: INIAP-Shyri 2000, INIAP-Palmira 2014 e INIAP-Guaranga 2010 se encuentran en un rango de 50 a 53.33 g. En un rango de 40 a 46.67 se encuentran 5 variedades que son: INIAP-Pacha 2003, INIAP-Shyri 89, INIAP-Terán 78, Scarlett e INIAP-Atahualpa 92. Las demás variedades se encuentran en un rango de 30 a 36.67 g, en donde se destacan cuatro variedades al estar igualadas en peso que son: INIAP-Dorada 71, Metcalfe, INIAP-Ñusta 2016 e INIAP-Calicuchima 92 todas con 30g.

Figura 28.

Diferencia existente entre el peso de 1000 granos alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada de cebada del INIAP.



Simbaña (2023) y Realpe (2022) obtuvieron resultados similares entre ellos y con la presente investigación al obtener como resultado que la variedad INIAP-Cañicapa 2003 presenta un peso mayor a 60g. Según Realpe (2022), la variedad que menor peso obtuvo fue INIAP-Dorada 71 con 29.6g, siendo menores a la presente investigación. Sin embargo, Simbaña (2023) obtiene mejores resultados al no poseer ninguna variedad con un peso medio inferior a 30g, siendo la variedad INIAP-Calicuchima 92 e INIAP-Ñusta 2016 las de menor peso con 45g.

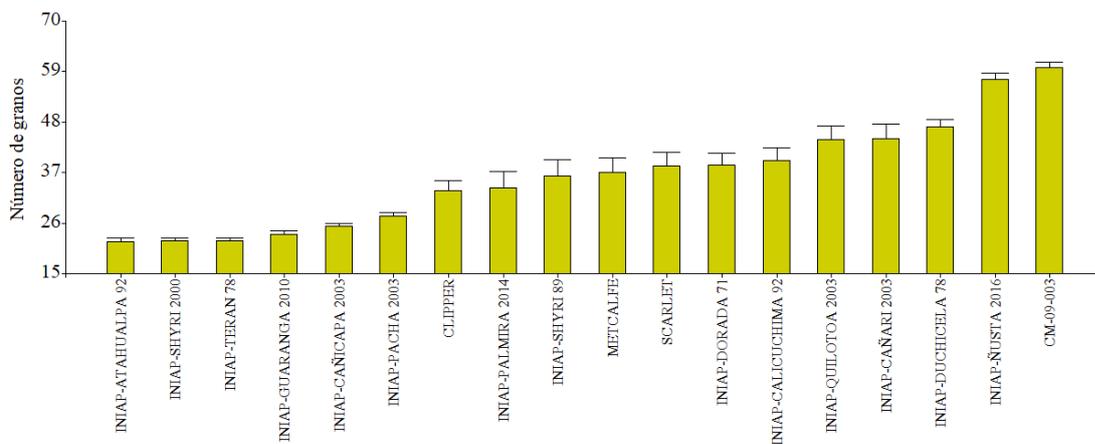
4.2.4. Número de granos por espiga

El análisis estadístico de varianza demostró que existen diferencias significativas entre las variedades mejoradas de cebada evaluadas en la variable granos por espiga (GL:17; Valor

F:194.94; Valor $p < 0.0001$). La Figura 29 muestra la diferencia existente entre las variedades de cebada mejorada analizadas con respecto al número de granos por espiga. INIAP- Alfa 2021 al ser una variedad hexástica destacó con un promedio de 59.40. Además, INIAP-Ñusta 2016, INIAP-Cañari 2003, INIAP-Quilotoa 2003, INIAP-Calicuchima 92 e INIAP-Dorada 71 lograron sobrepasar un promedio de 50 granos por espiga. Mientras que la mayoría de las variedades no sobrepasaron un promedio de 30, siendo la INIAP-Palmira 2014 la que obtuvo el promedio más bajo con 20.40 granos por espiga.

Figura 29.

Número de granos por espiga de las 18 diferentes variedades mejoradas de cebada en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.



Los resultados obtenidos por Simbaña (2023), al evaluar las mismas variedades de cebada mejorada difiere de presente investigación ya que INIAP-Dorada 71 alcanzó un promedio de 61.7 granos. Por otro lado, Guambugete (2022) señaló que la variedad INIAP-Calicuchima 92 fue la mejor con tan solo 54 granos. La variación de estos resultados se presentó debido a que el peso de granos se ve influenciada por la genética, disponibilidad de nutrientes y condiciones climáticas (Ponce et al., 2019).

4.1.5. Tipo de grano

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que si existe asociación ($g1=51$; $\chi^2=0.0460$) entre las todas las líneas evaluadas y el tipo de grano.

Tabla 18.

Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable tipo de grano.

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	69.16	51	0.0460
Chi Cuadrado MC-G2	74.61	51	0.0172
Coef. Cont. Cramer	0.57		
Coef. Cont. Pearson	0.75		

Al analizar la variable tipo de grano (Tabla 19) se pudo observar que el nivel 1 representa 33% de la presente investigación. Dentro de este nivel las variedades INIAP-Cañicapa 2003, INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Pacha 2003 presentaron 100% de sus granos en este nivel. El nivel 2 tiene un mayor porcentaje con 35%, destacándose la variedad INIAP-Terán 78 con el 100% de sus granos en este nivel. El resto de las variedades se ubica en los niveles 3 y 4 con un mínimo porcentaje de 28 y 4 % respectivamente.

Tabla 19.

Porcentaje de tipo de grano alcanzado por las 18 variedades de cebada mejorada.

Variedad	Tipo de grano %				Total %
	1	2	3	4	
Clipper	--	--	67	33	100
INIAP-Alfa 2021	--	33	67	--	100
INIAP-Atahualpa 92	--	33	67	--	100
INIAP-Calicuchima 92	--	67	33	--	100
INIAP-Cañari 2003	--	67	33	--	100
INIAP-Cañicapa 2003	100	--	--	--	100
INIAP-Dorada 71	--	67	33	--	100
INIAP-Duchicela 78	67	--	--	33	100
INIAP-Guaranga 2010	100	--	--	--	100
INIAP-Ñusta 2016	--	33	67	--	100
INIAP-Pacha 2003	100	--	--	--	100
INIAP-Palmira 2014	67	33	--	--	100
INIAP-Quilotoa 2003	--	67	33	--	100
INIAP-Shyri 2000	67	33	--	--	100
INIAP-Shyri 89	33	33	33	--	100
INIAP-Terán 78	--	100	--	--	100
Metcalfe	33	--	67	--	100
Scarlett	33	67	--	--	100
Total	33	35	28	4	100

Simbaña (2023), en su investigación de 15 variedades mejoradas de cebada del INIAP difiere con los resultados obtenidos ya que presentó que el 40% del total de su investigación presentó un tipo de grano grande, grueso, redondo y blanco. Ponce et al. (2019), menciona que esta variable se evalúa con el grano completamente seco y su valor depende estrechamente de los

caracteres genéticos de cada variedad, siendo influenciados por las características agroclimáticas de la zona.

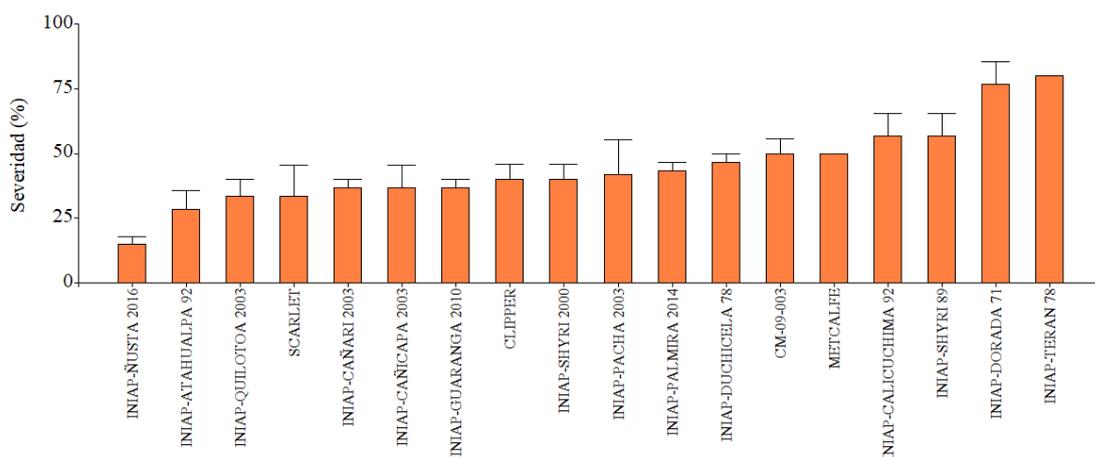
4.3. Enfermedades

4.3.1. Roya de la hoja (*Puccinia hordei*)

En el caso de la evaluación de roya de la hoja se realizó el análisis de varianza que demostró que existen diferencias significativas entre las variedades mejoradas de cebada (GL:17; Valor F:7.81; Valor $p < 0.0001$). En la Figura 30 se muestra la severidad presente de roya de la hoja (*Puccinia hordei*) en cada una de las variedades de cebada. La variedad INIAP-Terán 78 presentó una severidad del 80% ante esta enfermedad. Por el contrario, INIAP-Ñusta 2016 que presento una severidad de menos del 7%, siendo así la más resistente ante esta enfermedad.

Figura 30.

*Porcentaje de severidad de roya de la hoja (*Puccinia hordei*) en las 18 variedades mejoradas de cebada bajo las condiciones de la granja experimental La Pradera*



Realpe (2022) en su evaluación de variedades mejoradas de cebada en la Universidad Técnica de Chimborazo coincide obteniendo como resultado que la variedad INIAP-Dorada 71 fue la más susceptible. Por otro lado, Simbaña (2023) en su evaluación de 15 variedades liberadas del INIAP la variedad con menor porcentaje de severidad fue INIAP-Calicuchima 92 e INIAP-Cañari 2003 presentó un promedio de 0.7%.

Los resultados obtenidos dentro de la evaluación difieren con otras investigaciones debido a diferentes parámetros. Como es la humedad, misma que ayuda a la proliferación de esta enfermedad (Pallo, 2022). De igual forma Ponce et al. (2019) coincide al mencionar que las

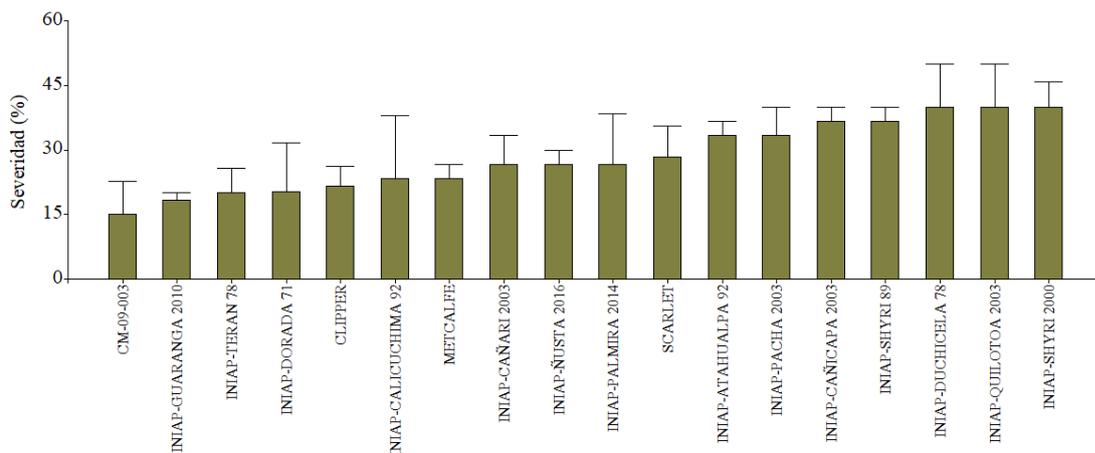
condiciones de temperatura óptima que ayuda al desarrollo de esta enfermedad son de 15-20°C con rocío o agua libre por 6 horas.

4.3.2. Mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*)

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la enfermedad mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) ayudaron a determinar que existen diferencias significativas entre las diferentes variedades de cebada mejorada (GL:17; Valor F:1.16; Valor p=0.0484). En la Figura 31 se muestra la diferencia existente entre las diferentes variedades estudiadas en campo, ordenadas de menor a mayor. La variedad que menor afectación por mancha foliar fue CM-09-003 o también llamada INIAP-Alfa 2021 con una severidad de 15%. Sin embargo, las variedades que presentaron una mayor severidad a lo largo del cultivo fueron: INIAP-Duchicela 78, INIAP-Quilotoa 2003 e INIAP-Shyri 2000, todas con una media de 40%.

Figura 31.

Severidad de mancha foliar en las 18 variedades mejoradas de cebada, bajo las condiciones de la granja experimental La Pradera.



Simbaña (2023) obtuvo resultados similares en Ambato, al establecer que esta variedad no presenta esta enfermedad. Estos resultados concuerdan con Ponce et al. (2022) que en el boletín de esta variedad menciona que se desarrolla bien en alturas entre 2000 a 3200 m. s. n. m. En el estudio de Simbaña (2023) se obtiene severidades de mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) de 43.3% y 40% en las variedades INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Cañicapa 2003 respectivamente que son valores similares a los de la presente investigación.

Según Realpe (2022) la variedad INIAP-Duchicela 78, es una variedad que, si presenta tolerancia a diversas enfermedades, entre ellas las manchas foliares producidas por *Rhynchosporium secalis*. Mientras que las variedades: INIAP-Quilotoa 2003 e INIAP-Shyri 2000 presentan resistencia a esta enfermedad (Ponce et al., 2019). Para que esta enfermedad se presente debe tener condiciones agroclimáticas como son 10 a 18°C (Flores, 2023), que se asemeja a la temperatura del área del estudio.

4.3.3. Virus del enanismo amarillo de la cebada (*Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV*)

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=51$; $\chi^2=0.0317$) entre las todas las líneas evaluadas y el virus del enanismo.

Tabla 20.

Análisis de tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable virus del enanismo BYDV.

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	71.31	51	0.0317
Chi Cuadrado MC-G2	66.35	51	0.0730
Coef. Cont. Cramer	0.57		
Coef. Cont. Pearson	0.75		

Al evaluar la presencia del virus del enanismo en las plantas de la presente investigación se determinó que ninguna unidad experimental (UE) sobrepasó el nivel 4 de BYDV (Tabla 21). En el nivel 3 se presentó la mayoría de UE con 23, siendo así las variedades: INIAP-Duchicela 78, INIAP-Quilotoa 2003 y Metcalfe las que presentaron sus 3 repeticiones en este nivel. Mientras que en el nivel 2 con 17 UE tan solo la variedad INIAP-Ñusta 2016 tiene sus tres repeticiones en este. Además, 2 de las 18 variedades presentaron por lo menos una repetición en nivel 1 que son: INIAP-Guaranga 2010 e INIAP-Palmira 2014 lo que significa una mínima aparición de la enfermedad.

Tabla 21.

Conteo de unidades experimentales con presencia de BYDV según la escala de valoración propuesta por Ponce et al., 2019.

Variedad	BYDV				Total
	1	2	3	4	
Clipper	--	1	2	--	3
INIAP-Alfa 2021	--	2	1	--	3
INIAP-Atahualpa 92	--	1	2	--	3
INIAP-Calicuchima 92	--	2	1	--	3
INIAP-Cañari 2003	--	1	1	1	3
INIAP-Cañicapa 2003	--	1	--	2	3
INIAP-Dorada 71	--	1	1	1	3
INIAP-Duchicela 78	--	--	3	--	3
INIAP-Guaranga 2010	1	--	1	1	3
INIAP-Ñusta 2016	--	3	--	--	3
INIAP-Pacha 2003	--	1	1	1	3
INIAP-Palmira 2014	2	--	1	--	3
INIAP-Quilotoa 2003	--	--	3	--	3
INIAP-Shyri 2000	--	2	--	1	3
INIAP-Shyri 89	--	--	1	2	3
INIAP-Terán 78	--	1	2	--	3
Metcalfe	--	--	3	--	3
Scarlett	--	1	--	2	3
Total	3	17	23	11	54

Realpe (2022) menciona que el índice de daño por BYDV alcanzó el nivel 4 en la variedad INIAP-Cañicapa 2003. Esto difiere con la presente investigación ya que INIAP-Cañicapa 2003 no sobrepasa el nivel 3 de afección por BYDV. Además de esto, Guambuete (2022) obtuvo mejores resultados al alcanzar el 50 % de las UE en nivel 2. Mientras que en la presente investigación el nivel 3 representa la mayoría con un 43%.

Ponce et al. (2019) en su manual N° 116 expone que el BYDV se transmite por un vector principal como lo es el pulgón. Además de los vectores hay que recalcar que los diversos factores agroclimáticos de cada zona en la cual se realizaron los estudios influyeron en la presencia o ausencia de la enfermedad (Guambuete, 2022).

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La evaluación y el análisis estadístico demostraron que la variedad INIAP-Shyri 2000 fue la variedad que se desarrolló de una mejor forma dentro de las condiciones agroclimáticas de la Granja Experimental La Pradera; siendo una de las más precoces (56.67 días), con tallos fuertes y erectos, además de contar con una altura de planta cercana a su promedio habitual (102.47cm).
- El análisis de las principales enfermedades presentes en el cultivo de cebada permitió determinar que la variedad INIAP-Ñusta 2016 fue la variedad que presentó una alta resistencia hacia las enfermedades: Roya de la Hoja (*Puccinia hordei*) con una severidad de 15%, siendo 80% más resistente que INIAP-Terán 78; por otro lado, en mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) presentó una severidad de 26.67%, que si bien no fue el menor esto no fue un impedimento para que alcance un rendimiento óptimo (5.03 tn ha⁻¹).
- De las 18 variedades evaluadas y analizadas, la variedad INIAP-Guaranga 2010 destacó de las demás ya que mejor se adaptó a las condiciones agroclimáticas de la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, demostrando un alto rendimiento (7.05 tn ha⁻¹), sobrepasando a su promedio habitual (3.6 tn ha⁻¹) y con un peso hectolítrico mayor a 60 (61.43 kg hl⁻¹) que indica tener una alta calidad de grano.

RECOMENDACIONES

- Promover el uso de las 18 variedades mejoradas de cebada, principalmente de la variedad INIAP-Guaranga 2010 a los diferentes agricultores aledaños a la zona ya que presenta un alto rendimiento y calidad de grano.
- Para asegurar las mejores características agromorfológicas de cada variedad de cebada es importante una buena preparación del terreno previo a la siembra, de tal manera que se garantice su crecimiento y desarrollo de la mejor manera generando de esta manera buenos rendimientos y resistencia a enfermedades.
- Implementar parcelas demostrativas para selección de variedades en base a criterios de los agricultores como alternativa productiva y fomento de la seguridad alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Badiola, M., y Russo, G. (2020). Caracterización morfológica de cultivares de trigo y cebada entorno a espigazón-llenado de grano asociado a la fusariosis de la espiga [TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de la república facultad de agronomía. Banco Mundial. (2018). Producción de Cereales. Obtenido de Banco Mundial.org: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.PRD.CREL.MT>
- Cajamarca, B., y Montenegro, S. (2015). Selección de una línea promisoría de cebada (*hordeum vulgare L.*) bio-fortificada de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la Sierra sur ecuatoriana [Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Cuenca.
- Caluguillin, E. (2023). *Evaluación agronómica de 144 líneas promisorias de cebada maltera (*Hordeum vulgare L.*) en la Granja Experimental «La Pradera» Chaltura, Imbarura.* [Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario]. Universidad Técnica del Norte.
- CIMMYT. (2007). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. México DF.: Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y Trigo.
- Chicaiza, O., Urbano, J., Paredes, F., y Abad, S. (1990). INIAP-Shyri 89: Variedad de cebada de dos hileras. En *Programa de Cereales* (Boletín Divulgativo no. 204). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/264>
- Chicaiza, O., Rivadeneira, M., Paredes, F., Villacrés, E., y Balseca, R. (1992a). INIAP-Atahualpa 92 variedad de cebada de grano desnudo. En *Programa de Cereales* (Plegable no. 127). Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2563>
- Chicaiza, O., Rivadeneira, M., Paredes, F., Villacrés, E., y Balseca, R. (1992b). INIAP-Calicuchima 92. Variedad de cebada maltera. En *Programa de Cereales* (Plegable no. 126). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2562>

- El Telégrafo. (22 de Abril de 2022). Cultivo de cebada cambia el paisaje de diez provincias. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo/1/el-cultivo-de-cebada-cambia-el-paisaje-en-diez-provincias>
- Falconi, E., Monar, C., Rivadeneira, M., Ponce, L., Garófalo, J., y Abad, S. (2010). INIAP-Guaranga 2010: Nueva variedad de cebada para la provincia de Bolívar. En *Programa de Cereales* (Plegable no. 330). Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, 2010. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2636>
- Falconi, E., Garófalo, J., Ponce, L., Coronel, J., Abad, S., y Rivadeneira, M. (2014). INIAP Palmira 2014: Nueva variedad de cebada, tolerante a la sequía. En *Programa de Cereales* (Plegable no. 413). Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, 2014. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2644>
- Flores, A. (2023). *Evaluación del desempeño agronómico y la adaptabilidad de tres variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura*. [Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario.]. Universidad Técnica del Norte.
- Garófalo, J. (2012). Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada. [Tesis de grado previa a la obtención del título de especialista en suelos y nutrición de plantas.]. Universidad Central del Ecuador.
- Garrido, B. (2017). *Evaluación del comportamiento agronómico y cinco niveles de fertilización en dos variedades de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en Tunshi, provincia de Chimborazo*. [Proyecto de investigación para titulación de grado]
- Gil, Á., y Lezáun, J. (2015). Guía de Gestión Integrada de Plagas para el cultivo de Cereales de invierno. En *Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. https://www.agricultorescontracambioclimatico.es/wp-content/uploads/2020/06/3.-Gui%CC%81a-de-Gestio%CC%81n-Integrada-de-plagas_compressed_compressed.pdf
- Guambuguete Yazuma, C. V. (2022). *Categorización del rendimiento de 18 variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) provenientes del banco de semillas del INIAP-Santa Catalina en la localidad de Naguan, Provincia de Bolívar*. [Tesis de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Estatal de Bolívar.

- Guañuna, G., Garófalo, J., y Ponce, L. (Abril de 2013). Estudio de la variabilidad fenotípica de 82 accesiones de trigo (*Triticum aestivum* L.) y 136 de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de la colección del INIAP. Mejía, Pichincha. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/955/1/iniapscP.G896e2013.pdf>
- Guzmán, A., Gusqui, R., Morán, N., y Inoue, H. (2015). Manejo integrado del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). En Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo “Minga Sumak Kawsay”. http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Cultivo_de_chocho_manual.pdf
- Hernández, R., & Gustavo, R. (2016). Cereales. Obtenido de Facultad de Ciencias Agropecuarias: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/botaxo/wp-content/uploads/sites/14/2016/08/Cereales-2016.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2022). *Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, ESPAC 2022*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2014). Cebada. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. [http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20\(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20\(10%20000%20ha\).](http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20(10%20000%20ha).)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2016). INIAP presenta nueva variedad de cebada “INIAP Ñusta” para la Sierra sur ecuatoriana. Obtenido de INIAP.gob.ec: <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/iniap-presenta-nueva-variedad-de-cebada-iniap-nusta-para-la-sierra-sur-ecuadoriana/>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Cuenca (Ecuador). Estación Experimental del Austro. Programa Cereales. (2016). INIAP Ñusta 2016: Nueva variedad de cebada de grano descubierto para el sur del Ecuador. En *Programa de Cereales* (Pegable no. 426). Cuenca, EC: INIAP, Estación Experimental del Austro, Programa de Cereales, 2016. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3532>

- Lema, A., Basantes, E., & Pantoja, J. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 97-102. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22705>
- Pallo, M. (2022). *Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.), del INIAP bajo las condiciones agroecológicas en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021-2022* [Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma]. Universidad Técnica del Cotopaxi.
- Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado de los cultivos de trigo y cebada: Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo 3. En *INIAP (*EC-INIAP-BEESC-MGC. Quito (INIAP/PM-183))*.
- Ponce, L. (2003). Informe anual de subproyectos 2002. En D. Danial, Mejoramiento genético de cebada y trigo en Ecuador (págs. 75-84). Quito, Ecuador: PREDUZCA. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3145>
- Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Gaófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., y Cruz, E. (2019). *La Cebada (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana. (Manual No. 116.)*. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (Mayo de 2019). Parámetros de evaluación y selección de cereales. Programa de Cereales 2019(111), 58. Quito, Ecuador.
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., Noroña, P., Coronel, J., Jiménez, C., Villacrés, C., Asaquibay, C., Nieto, M., y López, V. (2022). *INIAP Alfa 2021* (Plegable No 462: INIAP Alfa 2021). Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/5972>
- Ponce, L., Garófalo, J., Noroña, J., Nieto, M., Araquibay, C., & Yumisaca, F. (2022). Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en las tierras altas de Ecuador, Año 2021. En *Actividades de Investigación en Cereales Año 2021* (Boletín Técnico N°189; pp. 6-

20). INIAP.

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5977/1/INFORME%20ANUAL%20C EBADA%202021%20digital%20baja%20resoluci%C3%B3n.pdf>

Ramírez, G. (2013). Efecto del fotoperíodo y la temporada sobre el ciclo ontogénico de dos variedades de cebada cervecera (Scarlett y C61). [Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria Facultad de Ciencias Agrarias]. Universidad Católica Argentina.

Realpe, M. (2022). *Evaluación de las variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica del Cotopaxi, Campus Saleche UTC 2021-2022*. [Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Rivadeneira, M., Chicaiza, O., Coronel, J., Ponce, L., Paredes, F., y Abad, S. (2002).

Información técnica de las variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) INIAP-Cañari 2003 e INIAP-Quilotoa 2003, para la Sierra centro-norte. En *Programa de Cereales* (*EC-INIAP-BEESC-MGC. Quito (INIAP/298)). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2814>

Rivadeneira, M., Ponce, L., Abad, S., Chicaiza, O., y Coronel, J. (2003). INIAP Pacha 2003.

Nueva variedad de cebada de dos hileras para el Austro ecuatoriano. En *Programa de Cereales* (Plegable no. 209). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2592>

Simbaña, E. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de 15 variedades mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas por el INIAP*. [Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de ingeniero agrónomo.]. Universidad Técnica de Ambato.

Taner, A., Muzaffer, A., & Fazil, D. (2004). Cebada operaciones postcosecha. En Instituto central de Investigación para Cultivos de Campo (P. O. Box. 226). Danilo Mejía. <https://www.fao.org/3/au997e/au997e.pdf>

- Tola, J. (1972). «Dorada» nueva variedad de cebada para el Ecuador. En *Programa de Cereales* (Boletín Divulgativo no. 4). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/161>
- Tola, J. (1978). Duchicela: nueva variedad de cebada. En *Programa de Cereales* (Boletín Divulgativo no. 94). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/196>
- Tola, J. (1979). Terán 78: Variedad de cebada de dos hileras. En *Programa de Cereales* (Boletín Divulgativo no. 110). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/204>