

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DE GRANO DESNUDO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA”

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

AUTOR/A:

FARINANGO GUERRA ROBERTO ALEXADER

DIRECTORA:

ING. DORIS SALOME CHALAMPUENTE FLORES, PhD.

Ibarra

2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DE GRANO DESNUDO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA.

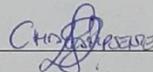
Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

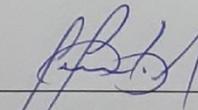
Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

DIRECTORA


FIRMA

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc

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:	1003810726		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Farinango Guerra Roberto Alexander		
DIRECCIÓN:	Pimampiro		
EMAIL:	rafarinangog@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0985719228

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) de grano desnudo en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura.
AUTOR (ES):	Farinango Guerra Roberto Alexander
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.

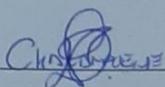
EL AUTOR:

Roberto Alexander Farinango Guerra.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Farinango Guerra Roberto Alexander, 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.

Roberto Alexander Farinango Guerra: “Comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de grano desnudo en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura.” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

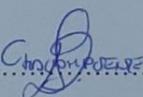
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2024, 79 páginas.

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

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de grano desnudo en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Comparar las características agromorfológicas de cuatro líneas promisorias de cebada de grano desnudo con respecto a una variedad mejorada
2. Evaluar la severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.
3. Analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales de estudio



.....

Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD

Directora de Trabajo de Grado



.....

Roberto Alexander Farinango Guerra

Autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme e iluminarme en el camino del estudio de la maravillosa carrera de Agropecuaria, así también, hago llegar un inmenso agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por permitirme la formación como un ingeniero Agropecuario y agradezco a todos los docentes que me guiaron en el camino, con sus conocimientos y experiencias, de la misma manera agradecer al personal administrativo de La Granja Experimental La Pradera.

Expreso mi profundo agradecimiento a mi tutora, la Dra, Doris Chalampunte por su guía continua y su experiencia en la investigación de mi tema de tesis, de igual manera agradezco al ingeniero Marcelo Albuja, quien con sus importantes observaciones ayudó a mejorar mi investigación.

Un agradecimiento especial al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), al Dr. Luis Ponce, al ing. Javier Garofalo y al ing. Javier Noroña por la ayuda prestada en toda la fase experimental de la investigación con sus experiencias y sus conocimientos.

Agradezco a mis padres, familiares, compañeros y amigos por la compañía, enseñanzas, aprendizajes y experiencias que me han ayudado a crecer como persona y como un ingeniero humilde, que tiene muy claro desde donde viene y hasta donde quiere llegar.

Por último y no menos importante, agradezco a mi novia la Lcda. Erika Quespaz y a sus padres por su apoyo incondicional en todo mi proceso universitario.

¡Muchas Gracias!

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres María Guerra y Nelson Farinango, quienes son mi inspiración, ya que día a día se esfuerzan porque sus hijos salgamos adelante, quienes me han guiado en este camino que se llama vida y me han impulsado a superarme tomando en cuenta siempre mis raíces; a mis hermanos Johanna y Alejandro Farinango, quienes me han dado el ánimo incondicional y siempre han estado pendiente de mí; a mis abuelos Jaime Guerra, Martha González (+), Juan Manuel Farinango (+), María Dolores Cuasqui (+), quienes me aconsejaron y me acompañan en cada paso que doy; a mis primos y tíos, quienes me han apoyado siempre en cada meta que me he planteado y por último dedico este trabajo a mi novia Erika Quespaz, quien me apoyado en los buenos y malos momentos, quien me ha dado ánimo, consejos, experiencias y muchas cosas más para poder alcanzar el objetivo de ser un Ingeniero Agropecuario.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
APROBACIÓN.....	II
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	III
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	IV
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 HIPÓTESIS	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Origen.....	6
2.2 Generalidades de la cebada	6
2.3 Requerimientos del cultivo.....	6
2.4 Descripción taxonómica	7
2.5 Descripción botánica	7
2.5.1. Raíz.....	7
2.5.2. Tallo	7
2.5.3. Hojas.....	8

2.5.4 Inflorescencias.....	8
2.5.6 Grano	8
2.6 Etapas fisiológicas.....	8
2.6.1 Germinación	8
2.6.2 Producción de hojas	8
2.6.3 Macollamiento.....	9
2.6.4 Encañado	9
2.6.5 Espiga	9
2.6.6 Polinización	9
2.6.7 Maduración lechosa.....	9
2.6.8 Maduración pastosa.....	10
2.6.9 Maduración cornea	10
2.6.10 Cosecha y almacenamiento	10
2.7 Requerimientos Nutricionales	10
2.8 Preparación Del Suelo.....	11
2.9 Época De Siembra.....	11
2.10 Densidad De Siembra.....	11
2.11 Control De Malas Hierbas	11
2.12 Riego	12
2.13 Líneas Promisorias	12
2.14 Calidad Física De La Cebada	12
2.15 Plagas Y Enfermedades.....	13
2.16 Marco legal.....	18
CAPITULO III	19
MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. Descripción 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	20
3.3 Métodos	21
3.3.1 Diseño del Experimento	21
3.3.2 Factores en estudio	21
3.3.3 Materiales	22

3.3.4 Características del experimento	22
3.3.5 Análisis estadístico.....	23
3.3.6 Variables a evaluarse.....	23
3.4 Manejo Del Experimento	29
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Variables cualitativas	34
4.2. Vigor De La Planta.....	34
4.3. Hábito De Crecimiento.....	35
4.4. Tipo de paja.....	36
4.5. Tipo y color de grano	37
4.6. Variables cuantitativas	38
4.7. Días al espigamiento	39
4.8. Altura de planta	40
4.9. Tamaño de espiga.....	42
4.10. Número de granos por espiga.....	43
4.11. Rendimiento	44
4.12. Peso Hectolítrico	46
4.13. Peso de mil granos.....	47
4.14. Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).....	48
4.15. Roya de la hoja (Puccinia hordei)	49
4.16. Mancha foliar (Rhynchosporium secalis)	51
CAPÍTULO V	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1 Conclusiones	53
5.2 Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mosquito de los cereales</i>	13
Figura 2. <i>Zabro</i>	14
Figura 3. <i>Agujonero</i>	14
Figura 4. <i>Pulgón verde de los cereales</i>	15
Figura 5. <i>Roya parda en la hoja de cebada</i>	15
Figura 6. <i>Rincosporiosis en cultivo de cebada en fase de espigamiento</i>	16
Figura 7. <i>Carbón desnudo de la cebada</i>	17
Figura 8. <i>Virus del enanismo amarillo de la cebada</i>	17
Figura 9. <i>Mapa base de la zona destinada a la investigación comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada desnuda en condiciones agroclimáticas de la granja La Pradera, Chaltura.</i>	19
Figura 10. <i>Diseño experimental del estudio de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura...</i>	21
Figura 11. <i>Escala modificada de COBB para la evaluación de enfermedades en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.</i>	26
Figura 12. <i>Preparación del terreno para la implementación del ensayo de evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.</i>	29
Figura 13. <i>Siembra de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda con máquina de precisión en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	30
Figura 14. <i>Fertilización de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	31
Figura 15. <i>Aplicación foliar de herbicida selectivo para control de maleza en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera.</i>	31
Figura 16. <i>Cosecha de cebada desnuda de forma manual en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	32
Figura 17. <i>Trilla de cebada desnuda con máquina experimental en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	33
Figura 18. <i>Vigor de la planta en cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	35
Figura 19. <i>Hábito de crecimiento en cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	36
Figura 20. <i>Tipo de paja en cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	37
Figura 21. <i>Tipo y color de grano en cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	38
Figura 22. <i>Días al espigamiento en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	40
Figura 23. <i>Altura de planta en cebada desnuda (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	41

Figura 24. <i>Tamaño de la espiga en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	42
Figura 25. <i>Número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	44
Figura 26. <i>Rendimiento en t ha⁻¹ de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	45
Figura 27. <i>Peso hectolítrico en el estudio del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	46
Figura 28. <i>Peso de 1000 granos de cuatro líneas promisorias y una variedad de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	48
Figura 29. <i>Virus del enanismo amarillo en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	49
Figura 30. <i>Severidad del ataque de roya de la hoja (Puccinia hordei) en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	50
Figura 31. <i>Severidad del ataque de mancha foliar (Rhynchosporium secalis) en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características geográficas del área de estudio de evaluación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.</i>	20
Tabla 2. <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en Chaltura, Imbabura.</i>	20
Tabla 3. <i>Materiales puestos a investigación en la evaluación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	22
Tabla 4. <i>Características de cada unidad experimental en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura Imbabura.</i>	22
Tabla 5. <i>Análisis de varianza del experimento de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i> ..	23
Tabla 6. <i>Escala para la evaluación de vigor de la planta en cereales utilizada en el estudio del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.</i>	23
Tabla 7. <i>Escala para la evaluación del hábito de crecimiento en cereales utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i> ..	24
Tabla 8. <i>Escala valorativa de tipo de paja utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	24
Tabla 9. <i>Escala modificada de COBB para severidad de ataque de enfermedades en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.</i>	26
Tabla 10. <i>Escala para determinar el grado de daño por la presencia de BYDV en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	27
Tabla 11. <i>Escala de evaluación para tipo de grano utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.</i>	28
Tabla 12. <i>Caracteres cualitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	34
Tabla 13. <i>Caracteres cuantitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.</i>	39
Tabla 14. <i>Análisis estadístico de varianza para la variable días al espigamiento en cebada desnuda.</i>	39
Tabla 15. <i>Análisis estadístico de varianza para la variable altura de planta en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	41
Tabla 16. <i>Análisis estadístico para la variable tamaño de espiga en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	42
Tabla 17. <i>Análisis estadístico para la variable número de granos por espiga en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	43

Tabla 18. <i>Análisis de varianza para la variable rendimiento en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	44
Tabla 19. <i>Análisis de varianza para la variable peso hectolítrico en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	46
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para la variable peso de 1000 g en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.</i>	47
Tabla 21. <i>Análisis estadístico para la variable Roya de la hoja (Puccinia hordei) en cebada desnuda.</i>	50
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para la variable Mancha foliar (Rhynchosporium secalis) en cebada desnuda</i>	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Germinación de cebada desnuda en surcos en la granja experimental La Pradera</i>	58
Anexo 2. <i>Evaluación visual de variables cualitativas en cereales con ayuda del personal del INIAP en la granja experimental La Pradera</i>	58
Anexo 3. <i>Riego por aspersión en el cultivo de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera</i>	59
Anexo 4. <i>Espigamiento de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera</i>	59
Anexo 5. <i>Maduración fisiológica de la cebada desnuda en la granja experimental La Pradera</i>	60
Anexo 6. <i>Presentación de la evolución del cultivo a los directores y asesores de tesis en la granja experimental La Pradera</i>	60
Anexo 7. <i>Capacitación de los tesisistas por parte del personal del INIAP en la estación experimental Santa Catalina sobre cereales</i>	61

Comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de grano desnudo en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura.”

Roberto Alexander Farinango Guerra*:

*Universidad Técnica del Norte

Correo: rafarinangog@utn.edu.ec

RESUMEN

La producción de cebada en el Ecuador se destina principalmente para la alimentación humana y animal, así también, es utilizada para la elaboración de malta, ya que se constituye como materia prima para la elaboración de cerveza. El objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura. Donde, se evaluaron cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en las que se valoraron cinco variables cualitativas y nueve variables cuantitativas. En cuanto a comportamiento agronómico, la línea CD-19-010 demostró ser más precoz con 59 días al espigamiento, siendo 2 días menor a la variedad mejorada. Por otro lado, la línea CD-19-011 destacó en altura con 114.20cm superando a la variedad mejorada que obtuvo 105.93cm, finalmente en este ámbito, las líneas CD-19-006 y CD-19-007 obtuvieron un tipo de paja en escala 1 a diferencia de la variedad que tuvo escala 2. En la evaluación de rendimiento, la línea CD-19-011 presentó 9,15t ha⁻¹, y de la misma manera esta línea lideró en peso hectolítrico con 76.5 kg hl⁻¹. La afectación por enfermedades como la roya de la hoja (*Puccinia hordei*) y macha foliar (*Rhynchosporium secalis*) se vio presente en la variedad mejorada con porcentajes mayores al 50%, y la línea CD-19-011 fue la más resistente. Las líneas promisorias demostraron mejores cualidades en características morfológicas y calidad de grano que la variedad mejorada, destacando la línea CD-19-011 frente a las demás líneas.

Palabras claves: Líneas promisorias, cebada desnuda, resistencia

ABSTRACT

Barley production in Ecuador is mainly destined for human and animal food, as well as for malt production since it is used as raw material for beer production. The objective was to evaluate the agronomic performance of promising lines of barley (*Hordeum vulgare* L.) under agroclimatic conditions of Chaltura, Imbabura. Four promising lines and one improved variety of naked barley developed by the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) were evaluated, in which five qualitative and nine quantitative variables were evaluated. In terms of agronomic performance, the CD-19-010 line proved to be earlier with 59 days to heading, being 2 days earlier than the improved variety. On the other hand, line CD-19-011 stood out in height with 114.20cm, surpassing the improved variety that obtained 105.93cm. Finally, in this area, lines CD-19-006 and CD-19-007 obtained a straw type in scale 1 in contrast to the variety that had scale 2. In the yield evaluation, line CD-19-011 presented 9.15t ha⁻¹, and in the same way this line led in hectoliter weight with 76.5 kg hl⁻¹. Diseases such as leaf rust (*Puccinia hordei*) and leaf spot (*Rhynchosporium secalis*) were present in the improved variety with percentages higher than 50%, and line CD-19-011 was the most resistant. The promising lines showed better qualities in morphological characteristics and grain quality than the improved variety, with line CD-19-011 standing out from the other lines.

Key words: Promising lines, naked barley, resistance.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La cebada es uno de los cereales más cultivados en la antigüedad por el hombre, denominado en la historia como un cultivo promotor en el surgimiento de la agricultura. Se originó en Asia, en la cultura China para la alimentación de personas y animales; años más tarde se inició a plantar en Egipto (Ramírez, 2018).

Durante siglos la cebada ha pasado por un proceso de domesticación en su genética llegando a mejorar sus características en cuanto a raquis fuerte, espigas de seis líneas, cariósipide desnuda, número, forma, tamaño y viabilidad de la semilla, reducción de la dormancia, entre otras más, y así obtener variedades locales que muestran múltiples patrones de variación para caracteres cualitativos y cuantitativos, además de, una amplia adaptabilidad agroecológica a los diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos (Velasco et al., 2020).

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial después del trigo, maíz y arroz, ya que, es de fácil adaptación ecológica y apreciado por la diversidad de usos y aplicaciones, es así como, los vestigios históricos demuestran la importancia de la utilización como alimento para el consumo humano por sus propiedades nutritivas y el gran impacto social y económico que genera en la población hasta la actualidad (Ponce et al., 2020).

La producción de cebada se realiza en regiones montañosas cuyos relieves pueden llegar a los 4000 m.s.n.m. de altitud en el territorio Andino de América del Sur, entre los cuales están Ecuador, Bolivia, Chile, Perú y Colombia (Slafer et al., 2002). La utilidad de este producto en países desarrollados se estima en un intervalo de 75 – 80 % para alimentación animal y entre un 20 – 25 % para la elaboración de malta, la cual tiene un alto consumo en fabricación de cerveza (Ramírez, 2018).

En Ecuador la cebada tiene un consumo que llega al 46 % de su producción nacional; que, según el INEC. (2010), fue de 18 733 t en ese año (Garófalo, 2012). Donde, el rendimiento de grano por superficie cosechada de 1,3 t ha⁻¹ y un área cultivada que apenas supera las 10 000 ha a nivel nacional.

Según las estadísticas del INEC-ESPAC, en el año 2022, la superficie dedicada al cultivo de cebada fue 8 443 hectáreas con una producción anual de 11 155 toneladas métricas (INEC, 2022), mientras que, las importaciones superan las 66 mil toneladas por año (Ponce et al., 2020).

En la Sierra ecuatoriana, las provincias con mayor área sembrada son: Chimborazo (3 923 ha), Carchi (1 479 ha), Cotopaxi (708 ha), Tungurahua (642 ha) e Imbabura (480 ha) (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2022). Las cuales se encuentran en el callejón interandino a una altura que oscila entre los 2400 y 3500 m.s.n.m., caracterizando a la cebada como uno de los cereales con más amplia distribución después de maíz (Falconí et al., 2013).

En la Sierra Sur es uno de los alimentos más importantes por su nivel proteico, en donde se cultivan alrededor de 15 000 ha que están distribuidas en las provincias de Cañar, Azuay y Loja, de las cuales el 90 % son cultivos de cebada de grano cubierto y apenas un 10 % de grano descubierto (Orrala, 2020).

El grano desnudo es una característica de algunas variedades de cebada que tienen una mayor preferencia en las industrias, de esta manera puede llegar a incrementar su precio hasta un 40 % con relación a las variedades de grano cubierto, esto se debe a la calidad de los productos que se derivan de esta materia prima. En el mercado hay un sinnúmero de productos a base de cebada, donde, la calidad es un factor significativo que incide en el precio, por lo cual, la cebada con grano descubierto es preferido debido a que no existe desperdicio en el procesamiento y el porcentaje de extracción de harinas es mejor en relación con las variedades cubiertas y sin duda el precio en el mercado es altamente remarcado (Cajamarca et al., 2015).

En definitiva, la cebada es un cultivo con excelentes características de calidad, que está adoptado generalmente por agricultores de bajos recursos económicos que habitan en la parte alta de la Sierra ecuatoriana y su consumo se debe al contenido proteico (13 %) que es de fácil asimilación, además, la cebada representa uno de los cultivos más relevantes para una agricultura de conservación y adaptación al cambio climático, por acoplarse a un hábitat en condiciones marginales de humedad, suelo y ser tolerante a la sequía (Carrillo et al., 2021).

Todo el material genético que se dispuso a evaluación es de origen nacional y es manejado por el INIAP en sus instalaciones de investigación.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cultivo de cebada en el Ecuador se destina principalmente, para la alimentación humana, animal y adicionalmente en la industria como materia prima para la elaboración de malta, constituyendo un producto principal para la fabricación de cerveza y otras bebidas destiladas, de esta manera se mantiene una creciente demanda insatisfecha por la producción local en el Ecuador obligando a las fábricas a buscar esta materia prima en otros países, siendo así, como la industria cervecera importa entre 35 000 - 40 000 t anuales de cebada para el procesamiento industrial (Orrala, 2020).

En nuestro país, la cebada es producida principalmente por pequeños y medianos agricultores que poseen pequeñas extensiones de terreno, en condiciones marginales y con poca o nula aplicación de tecnología, pero al ser un cultivo de interés en la alimentación se involucra a una gran cantidad de familias que viven en las zonas altas, por lo cual es trascendental poseer variedades de buenas características productivas y que se adapten a las variaciones climáticas (Ponce et al., 2020).

Por otro lado, existen factores que han incidido en la producción de este cultivo, entre ellos se puede mencionar, la falta de acceso a la tecnología moderna, políticas agrícolas, cambio climático y el inadecuado manejo del cultivo por falta de supervisión técnica (Ponce et al., 2020).

Uno de los principales obstáculos para la producción de cebada en Ecuador es la alta incidencia y severidad a la roya de los cereales, que afectan de forma significativa en sus rendimientos, siendo la causante de pérdidas parciales y totales de producción, es por esto que hay la necesidad de utilizar fungicidas como un mecanismo de protección de forma temporal o integral del cultivo, además hay que tener en cuenta que por las variaciones climáticas existe mayor susceptibilidad en algunas variedades, lo que representa una mayor inversión en cuanto a agroquímicos para lograr el desarrollo del cultivo y obtener mejores remuneraciones económicas (Carrillo et al., 2021).

1.3 JUSTIFICACIÓN

La cebada forma parte de la población como factor económico y social, así también, en diversas zonas del Ecuador es un componente vital en la dieta alimenticia de las familias que se localizan en lugares de altitudes considerables de la serranía ecuatoriana. Por esta razón son muy importantes los trabajos que desarrollan algunas entidades. Es así como, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) brinda apoyo al productor mediante la obtención de nuevas variedades de cebada, que se caracterizan principalmente por su elevando rendimiento, calidad, resistencia a enfermedades y por ende compensar las bajas producciones de los materiales genéticos tradicionales (León, 2010).

Por lo cual fue muy importante realizar esta investigación de evaluación de materiales genéticos de cebada para poder seleccionar el o los mejores genotipos, con respecto a producción, rendimiento, calidad, adaptabilidad y resistencia a enfermedades, que se adapten a las condiciones agroclimáticas del campus La Pradera, Chaltura.

Todo material genético nuevo necesita atravesar por procesos de evaluación y validación en los lugares donde son requeridos o donde necesitan mejorar su germoplasma para asegurar las producciones bajo condiciones climáticas y edáficas específicas. Esto se realiza con el fin de obtener variedades mejor adaptadas con cualidades acordes a las necesidades de los productores, asegurando una estabilidad económica. De esta manera se busca beneficiar a los productores, mediante la liberación futura de cebada con la mejor genética productiva y resistente a enfermedades, que produzcan con los más bajos costos y genere el mejor redito económico.

Las variedades de cebada que poseen la genética de granos desnudos tienen una amplia preferencia sobre los granos con cubierta en mercados locales y zonales. Esto debido a la calidad, precio de mercado y costumbres de consumo (Cajamarca et al., 2015). Por esta razón se efectuó la investigación con el objetivo de visualizar y calificar los mejores ejemplares en grano desnudo para garantiza producciones optimas. Las cuales tengan gran resistencia a enfermedades, generen los mejores rendimientos, sean de buena calidad y de esta manera proporcionar a los productores de semillas con las mejores cualidades genéticas, que garantice una confianza productiva y genere la calidad de vida que los productores y sus familias se merecen.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de grano desnudo en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar las características agromorfológicas de cuatro líneas promisorias de cebada de grano desnudo con respecto a una variedad mejorada.
- Evaluar la severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.
- Analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

1.5 HIPÓTESIS

Ho: Las cuatro líneas promisorias de cebada de grano desnudo no presenta diferencias en el comportamiento agronómico.

H1: Al menos uno de los materiales presenta diferencias en el comportamiento agronómico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) tiene sus orígenes en el sudeste de Asia y África y es considerada una de las primeras especies agrícolas que fueron domesticadas por el hombre (Santoyo, 2004). Fue domesticada hace más de 7 000 años con el fin de obtener mejores semillas, es así como en el antiguo Egipto se cultivó de forma selectiva para mejorar sus características productivas y que las semillas adquirieran un mayor tamaño (Salvador, 2015).

2.2 Generalidades de la cebada

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta diploide ($2n=2x=14$ cromosomas), monoica, autógena y en la actualidad ocupa el 9.4 % de la superficie total de cereales cultivados en el mundo, aportando un 7.8 % de la producción total (Velasco et al., 2020). Debido a su alta adaptabilidad agroecológica se cultiva comúnmente en zonas templadas, como cultivo de verano, y en zonas tropicales, como cultivo de invierno y además de ser rica en nutrientes porque tiene una alta concentración de carbohidratos, proteína moderada, un alto porcentaje de fibra dietética, especialmente B-glucano y es una rica fuente de fósforo y potasio (Lahouar et al., 2017).

En el Ecuador las provincias con mayor producción son Chimborazo, donde registra la mayor parte dedicada al cultivo de cebada con 18 000 ha de las 48 000 ha que se producen a nivel nacional y la provincia de Cotopaxi con 10 000 ha ((INIAP), 2014). Es preciso aclarar que una gran parte de la producción en estas provincias es utilizada en el autoconsumo.

2.3 Requerimientos del cultivo

La cebada puede sembrar desde los 2400 a 3500 m.s.n.m.; además requiere de 500 a 700 mm de precipitaciones durante su ciclo y una temperatura promedio entre los 10 a 20 °C. Es un cultivo que se adapta de la mejor manera a todo tipo de suelo siempre y cuando estos cuenten con profundidades adecuadas que no permitan la formación de encharcamientos y también para que las raíces se desarrollen de la mejor manera, asegurando la germinación de la semilla, lo que conllevará a una formación vigorosa de las plantas y consecuentemente, se obtendrán espigas bien formadas, grandes y granos de calidad (Peñaherrera, 2011).

2.4 Descripción taxonómica

Según Ponce et al., (2020) menciona que la descripción taxonomica de la cebada es:

Reino:	Plantae – Plantas
Subreino:	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión:	Spermatophyta – Plantas con semilla
División:	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase:	Liliopsida – Monocotiledoneas
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae - Familia de las gramíneas
Género:	<i>Hordeum</i> – Cebada
Especie:	<i>Vulgare</i> L. – Cebada común
Nombre Científico:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre común:	Cebada

2.5 Descripción botánica

(Demagnet et al., 2022), menciona que la cebada es:

Una monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Triticeae y género *Hordeum*. La especie *Hordeum vulgare* L. se divide en dos subespecies: *Hordeum vulgare* L. Subsp. *Spontaneum* Kch. Y *Hordeum vulgare* L. Subsp. *Vulgare*. Esta última está representada por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon* L., que es utilizada para la elaboración de cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., destinada a la producción de grano para alimentación animal (Molina, 1989).

2.5.1. Raíz

Ponce et al., (2019) señala que, el sistema radicular de este cereal es fasciculado, fibroso y que puede alcanzar una profundidad de 1.20 m en las mejores condiciones, este modo posee dos tipos de raíces: seminales, las cuales se desarrollan desde la germinación hasta a la etapa de macollaje y adventicias, las que aparecen con el macollamiento y cumplen con la función de anclar la planta y proporcionar agua y nutrientes.

2.5.2. Tallo

Ponce et al., (2019) afirma que, los tallos son erectos y se caracterizan por tener una cavidad en el centro, con 5 a 7 entrenudos cilíndricos o juntas, separados por los nudos que

son la parte inicial de las hojas, las cuales se colocan opuestas a sus vecinas a lo largo del tallo. Demanet et al., (2022) mencionan que puede variar la altura de los tallos dependiendo de la genética de la semilla y las diferentes condiciones agroclimáticas, pudiendo alcanzar una altura de entre 80 y 150 cm, en el cual se pueden encontrar seis a nueve internudos.

2.5.3. Hojas

Las hojas son lineales, lanceoladas y compuestas de una vaina, una lámina, una lígula y dos aurículas. Son glabras (no pubescentes) y rara vez pubescentes; su ancho varía entre 5 y 15 mm (Ponce et al., 2019).

2.5.4 Inflorescencias

Demanet et al. (2022), menciona que la inflorescencia es una espiga compacta que es generalmente barbada. Ponce Molina et al. (2019), aclara que la espiga está formada por espiguillas, las cuales están dispuestas de a tres en forma alterna a ambos lados del raquis.

2.5.6 Grano

Ponce et al. (2019), señala que el grano es una cariósipide oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, o puede ser desnudo.

2.6 Etapas fisiológicas

2.6.1 Germinación

La germinación sucede en un periodo de 5 a 10 días, este proceso depende de las condiciones estructurales del suelo, como la temperatura, humedad y aire. A medida que la semilla se hidrata, el germen activa las reservas del embrión y es aquí donde empieza el proceso de germinación, una vez completa esta etapa el coleóptilo emerge a la superficie junto con la primera hoja, la cual lo cubrirá de forma cilíndrica (Box, 2008).

2.6.2 Producción de hojas

Una vez que la planta emerge, el coleóptilo deja de crecer y da lugar a la aparición de la primera hoja verdadera y al pasar de los días irán apareciendo más hojas, esto puede demorar entre tres y cinco días dependiendo de la genética de las semillas y las condiciones agroclimáticas (Yzarra et al., 2011).

2.6.3 Macollamiento

Los macollos se forman en base a que las yemas axilares maduras del tallo principal explotan formando un nuevo tallo. La cantidad de macollos que puede producir una planta estará afectada por la densidad de siembra, la genética, el manejo y las condiciones de ambiente, en general la cebada produce entre cinco a seis macollos (Box, 2008).

En el manual del INIAP publicado por (Ponce et al., 2020), aclara algunas etapas fisiológicas del cultivo de cebada y se muestran a continuación:

2.6.4 Encañado

Momento en que aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Por lo general el primer nudo se localiza a una distancia de 2 a 3 cm sobre el suelo y es posible visualizar la aparición de la futura espiga, la cual se encuentra justo sobre dicho nudo, mostrando un tamaño de aproximadamente 5 mm. Después de esta etapa los tallos se desarrollan muy rápido mostrando más nudos y entrenudos.

2.6.5 Espiga

La mitad de las espigas comienzan a salir de la vaina foliar de la hoja superior cuando la etapa del encañado ha finalizado, la espiga se hace prominente dentro de la vaina de la hoja bandera conociendo a esta etapa como "embuche o embuchamiento". El espigamiento se caracteriza por la emergencia de las aristas y por la presencia de las espiguillas primordiales.

2.6.6 Polinización

La polinización en la cebada ocurre generalmente justo antes o durante la aparición de la espiga en el embuchamiento. La polinización comienza en la porción central de la espiga y avanza hacia la punta y la base, de este modo la flor se abre por 100 minutos, pero la extrusión de las anteras y su dehiscencia es de solamente 10 minutos.

2.6.7 Maduración lechosa

Es el primer período de maduración del grano que dura 10 días aproximadamente y que posteriormente serán empleadas en el almacenamiento del almidón.

2.6.8 Maduración pastosa

Los granos que crecen rápidamente y almacenan almidón se caracterizan por una consistencia semi-sólida. Este periodo dura aproximadamente 10 días después de pasar la etapa de maduración lechosa.

2.6.9 Maduración cornea

Los granos están duros y no pueden ser cortados con las uñas de los dedos. En esta etapa el grano comienza a perder agua rápidamente, su consistencia se vuelve más sólida, denominada como “pasta dura” y además el núcleo empieza a perder su color verde; así también se puede notar que todas las partes de la planta están secas.

2.6.10 Cosecha y almacenamiento

Para la cosecha se debe tener en cuenta que el cultivo ya haya alcanzado la maduración completa. Esta actividad se puede realizar de dos maneras: la primera es manual, en la que se utiliza una hoz para cortar la cebada, a continuación, se recolecta y se forma una parva para su posterior trilla con una maquina trilladora, en la cual, se introduce el producto y esta se encarga de separar el grano de las demás partes de la planta. El segundo método se basa en que todo su proceso es mecanizado mediante la utilización de una segadora, la cual se encarga de la corta y la trilla del producto.

Al finalizar la cosecha se debe realizar el secado del grano hasta llegar al 13 % de humedad, ejecutar una limpieza y clasificación y finalmente ensacar el producto. Finalmente, para su almacenamiento se debe tener un lugar fresco y seco que tenga una humedad menor al 75 %, una temperatura menor a 12°C, que tenga una buena ventilación y esté libre de roedores. Además de esto los sacos deben estar aislados del suelo y las paredes, por lo cual es probable la utilización de pallets.

2.7 Requerimientos nutricionales

La fertilización es una práctica que depende de los requerimientos del cultivo, esto se puede realizar en el momento de la siembra o después de la siembra. En el caso de la cebada que se cultivada con objeto de forraje se sugiere aplicar fórmula 30-60-00, cuando son siembras a temporal, para producción de grano se recomienda aplicar 60-40-00. En suelos que tienen por características ligeras de textura, se debe aplicar todo el fósforo y dos tercios de nitrógeno en la siembra. En suelos densos, se recomienda aplicar todo el fosforo y nitrógeno

en el momento de la siembra. En conclusión, se puede decir que los cereales requieren entre 40 y 200 kg de nitrógeno, de 20 a 60 kg de fósforo y hasta 40 kg de potasio por hectárea (Carrillo et al., 2021).

2.8 Preparación del suelo

Para la realización de esta actividad se debe pasar una vez el arado y dos veces la rastra, de forma que el suelo tome una textura uniforme y así la semilla germine con facilidad, esto se basa cuando se emplea maquinaria agrícola como por ejemplo un tractor. Se debe hacerlo con al menos dos meses de anticipación con el propósito de que la materia inerte se descomponga y se incorporen al suelo (Cajamarca et al., 2015).

2.9 Época de siembra

Para la cebada de ciclo largo es aconsejable sembrar en el mes de noviembre y la primera semana de diciembre, y para la cebada de ciclo corto desde la tercera semana de diciembre a mediados del mes de febrero, con el objetivo de producir grano. Por otro lado, las variedades de invierno poseen un ciclo de hasta 180 días y son utilizadas especialmente para la producción de forraje (Martinez, 2006).

2.10 Densidad de siembra

Para la obtención de una buena estructura foliar y una excelente calidad de grano en cebada se recomienda que la densidad de siembra sea de 90 a 120 Kg por hectárea. La cantidad de semilla que se suele utilizar es muy variable, pero es frecuente que la cantidad empleada oscile entre los 120 y 160 Kg por hectárea (Martinez, 2006).

2.11 Control de malas hierbas

De hace décadas se ha venido utilizando los herbicidas como un método de control de malas hierbas en cereales. La falta de agua, los precios bajos de los cereales, el desarrollo de resistencia y una mayor concienciación en el uso de herbicidas hace que se plantee una gestión integrada de control en la actualidad, que combina diferentes acciones priorizando métodos físicos o biológicos y prácticas culturales (Martínez, 2018).

La gestión integrada de las malas hierbas se debe basar en tres principios fundamentales, los cuales son: Diversificación, la cual hace referencia a que se debe utilizar diversos tipos de medidas de control (cultivos, labores del terreno, herbicidas, fechas de

siembra, entre otros); el segundo principio es rotar, lo que se enfoca en evitar la repetición en el tiempo, ya sea el cultivo, los agroquímicos o los sistemas de laboreo; y por último se tiene al adecuar, en este principio lo que se utiliza un fundamento de la triple A, que significa las medidas adecuadas, el momento adecuado y en el lugar adecuado (Martínez, 2018).

2.12 Riego

El riego en el cultivo de la cebada es un detalle muy importante, ya que requiere de una lámina de agua de 30 a 72 cm, esto depende de las condiciones en las que se encuentre el suelo, semilla, fecha de siembra, pH y velocidad del viento. Una vez que se definan estas variables, se puede elegir el tipo de riego que sea más conveniente, entre los que puede ser: por goteo, temporal, pivote, aspersión, rodado por compuerta y rodado por melgas (Cámara de la cerveza y de la malta, 2020).

2.13 Líneas promisorias

Una línea promisoriosa en el ámbito de mejoramiento genético es conocida como un material vegetal en desarrollo que podría llegar a ser una variedad, el fin de evaluar las líneas promisorias es identificar los materiales con buena adaptación en determinadas localidades, pero sobre todo con estabilidad del rendimiento, estas pueden ser consideradas para liberarse como variedades mejoradas y además como potenciales progenitores para nuevos cruzamientos (Ponces et al., 2020).

2.14 Calidad física de la cebada

Los cereales son diferentes en cuanto a sus propiedades físicas dentro de cada especie. En base a las diferentes propiedades físicas se realiza la selección de los cereales porque estas se relacionan con sus diferentes fines industriales (López et al., 2005). A continuación, se muestra algunos análisis para la determinación la calidad física de la cebada.

- **Sensorial y temperatura**

En la parte sensorial se toma en cuenta el olor y color del grano. Y, por otro lado, el análisis de temperatura es en base de donde se encuentra el grano y es medido con un termómetro de mercurio.

- **Impurezas y sanidad**

Para la evaluación de las impurezas se debe realizar una separación manual de las impurezas y posteriormente se reporta el contenido de impurezas según la norma NMX-FF-

043-SCFI-2003. Y para el análisis de la sanidad se debe identificar que los granos no se encuentren infestados de plagas, hongos y bacterias.

- **Densidad**

El análisis de densidad se puede realizar de diferentes maneras, las cuales se muestran a continuación.

- a) Peso hectolítrico
- b) Peso de mil granos
- c) Índice de flotación

2.15 Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades en la cebada constituyen los vectores que requieren atención para controlar las amenazas y garantizar los rendimientos del cultivo.

Para Agrospray (2021), las principales plagas de la cebada son:

- Mosquito de los cereales (*Mayetiola destructor*)

Es un insecto que pertenece a la familia *Cecidomyiidae*, es de color gris oscuro que puede alcanzar una longitud que oscila entre 3 y 4 mm (Figura 1). Sus larvas son de color blanco y las pupas de color oscuro. Este insecto deja sus huevos en el haz de la hoja y cuando eclosionan, migran hacia el primer nudo donde completan su desarrollo y se forman las pupas. El daño que ocasiona a la planta es producido por las larvas, haciendo que se debiliten las hojas y las espigas, perdiendo peso y tamaño.

Figura 1

Mosquito de los cereales



Fuente: (Perez, 2015)

- Zabro (*Zabrus tenebrioides*)

Es un coleóptero que en sus primeras etapas de vida es de color castaño y a medida que crece cambia a negro (Figura 2). Puede llegar a medir entre 12 y 18 mm de longitud y su ciclo de vida se compone de tres etapas de desarrollo, siendo la primera la que causa mayor afección. Las larvas devoran las primeras hojas de la planta y ocasiona que el cultivo no se establezca de la mejor manera, a estas larvas se pueden reconocer por el tórax y el abdomen blanquecinos con cabeza, patas y placas de color castaño.

Figura 1.

Zabro



Fuente: (Perez, 2015)

- Agujonero (*Calamobius filum*)

Es un coleóptero que puede alcanzar una longitud entre 5 y 11 mm. Cuando están en su etapa adulta se los puede reconocer por su color negro mate con pelos pubescentes de color gris amarillento y sus antenas pueden duplicar la longitud de su cuerpo (Figura 3). Esta plaga hace múltiples hoyos en el tallo de la cebada para poner sus huevos. Una hembra puede poner hasta 200 huevos y al momento que eclosionan las larvas producen galerías dentro del tallo.

Figura 2.

Agujonero



Fuente: (Perez, 2015)

- Pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*)

Produce ataques a los cultivos en general en los primeros estadios, desde que empieza establecerse en el terreno hasta el encañado. Esta plaga puede causar daños severos ya que, al introducir su estilete en la hoja, este transmite una saliva que es tóxica, causando la muerte parcial o total de las hojas (Figura 4). Cuando el cultivo está en sus etapas principales esta plaga puede causar la destrucción total (Proain, 2020).

Figura 3

Pulgón verde de los cereales



Fuente: (Proain, 2020)

Por otro lado, INTIA (2017), caracteriza a las enfermedades de la siguiente manera:

- Roya parda, roya enana (*Puccinia hordei*)

La roya es una afección de carácter fúngico que afecta a los cereales como la cebada y el trigo (Figura 5). Es una enfermedad que es favorecida por temperaturas entre 15 y 25 °C y una humedad alta; los principales síntomas se localizan en la cara superior de las hojas y normalmente los ataques se detectan alrededor del espigado. Cuando hay una alta severidad del ataque de la enfermedad en la plaga puede afectar a la asimilación de nutrientes y se modifica el metabolismo de la planta.

Figura 4

Roya parda en la hoja de cebada



Fuente: (Itacyl, 2018)

- Rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*)

Es una enfermedad de origen fúngico que afectan preferentemente a la cebada (Figura 6). Cuando el ambiente le proporciona de temperaturas frescas y humedad el micelio que está presente en el rastrojo produce esporas que se dispersan con la lluvia y el viento produciendo la infección primaria. Todos los órganos de la planta son susceptibles a esta enfermedad, pero son las hojas y glumas los verdaderos blancos. En estos órganos se desarrollan machas aisladas o agrupadas, de forma romboidal, y color verde oliváceo claro.

Figura 5

Rincosporiosis en cultivo de cebada en fase de espigamiento



Fuente: (Landa, 2017)

- Carbón desnudo de la cebada (*Ustilago nuda*)

Este tipo de enfermedad es producido por diferentes géneros de *Ustilago*, que atacan a trigo y cebada (Figura 7). El modo de transmisión es a base de la semilla, de modo que se transmite en forma de micelio latente en el interior del grano. Las plantas que son afectadas por esta enfermedad suelen ser más débiles, con aspecto clorótico, menor ahijamiento, de tallas menores a las plantas sanas y hasta el estado de espigado presenta una mayor precocidad. En el estado de espigado es donde más se expresan los síntomas de esta enfermedad, presentando, una completa destrucción del órgano floral y en su lugar aparece una abundante masa pulverulenta.

Figura 6

Carbón desnudo de la cebada



Fuente: (Landa, 2017)

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

Esta enfermedad es probablemente la virosis de los cereales con mayor distribución en el mundo, la cual afecta a la elongación de los entrenudos y causar la pérdida de color en las hojas, desde el ápice, por los márgenes hacia la base (Figura 8). Para la propagación de esta enfermedad se necesita la colaboración de vectores, como por ejemplo los pulgones de varias especies (Ponce et al., 2020).

Figura 7

Virus del enanismo amarillo de la cebada



Fuente: (Biurrun, et al., 2010)

2.16 Marco legal

La investigación se encuentra dentro de las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano, dentro del plan nacional de creación de oportunidades 2021-2025; en el cual se encuentra el Objetivo 3 que *“fomenta la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”*, que tiene como finalidad promover la igualdad en oportunidades a nivel agrícola, acuícola, pesquero y de infraestructura para todos, en concordancia con el artículo 276 de la CRE.

En este objetivo están presentes las políticas 3.1., que *“mejora la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial, incentivando el acceso a infraestructura adecuada, insumos y uso de tecnologías modernas y limpias”*. Y la política 3.2., que *“impulsa la soberanía y seguridad alimentaria para satisfacer la demanda nacional”*. Las cuales apoyan a la realización de la actual investigación.

De la misma manera la Asamblea Nacional promueve La Ley Orgánica de Agro biodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura, la cual refiere en su el Art. 22, que tiene como propósito la investigación e innovación de los recursos fitogenéticos, en la cual menciona que la Autoridad Agraria Nacional en coordinación con la institución rectora de la educación superior, ciencia, tecnología e innovación, centros de educación superior y entidades privadas establecerá planes, programas y proyectos para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica en materia de los recursos fitogenéticos y semillas; es así que la presente investigación tiene como finalidad evaluar el desarrollo agronómico de tres variedades de cebada, con el fin de mejorar el desarrollo de la agroindustria y la agricultura campesina.

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

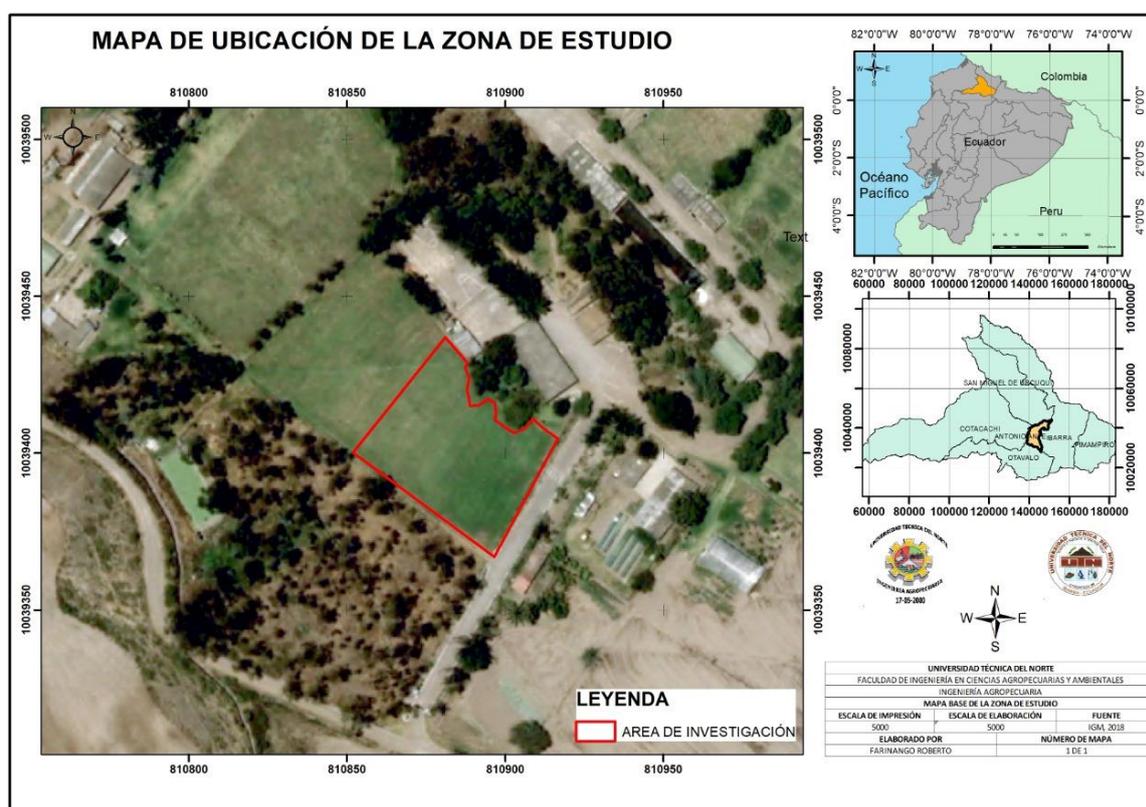
Este capítulo muestra el desarrollo de la investigación especificando el lugar donde se realizó la fase de campo con sus características geográficas y climáticas, el diseño experimental, el modelo estadístico, las variables a evaluar y el manejo experimental del cultivo.

3.1. Descripción 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, en la Figura 9 se aprecia el mapa base de la ubicación del ensayo

Figura 8.

Mapa base de la zona destinada a la investigación comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada desnuda en condiciones agroclimáticas de la granja La Pradera, Chaltura.



3.1.1 Características generales de la granja experimental La Pradera

La ubicación geográfica del área de estudio, donde se realizó la evaluación de las variedades mejoradas de cebada con grano desnudo, tubo las características que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Características geográficas del área de estudio de evaluación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.

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

3.1.2 Características climáticas

La granja experimental La Pradera cuenta con una temperatura promedio de 15 °C con una mínima de 14 °C y una máxima de 16 °C. Posee un clima sub- húmedo y precipitaciones que oscilan entre los 500 y 700 mm anualmente.

3.2 Materiales

En la Tabla 2 se da a conocer los diferentes materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron a lo largo de la investigación.

Tabla 2.

Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en Chaltura, Imbabura.

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			

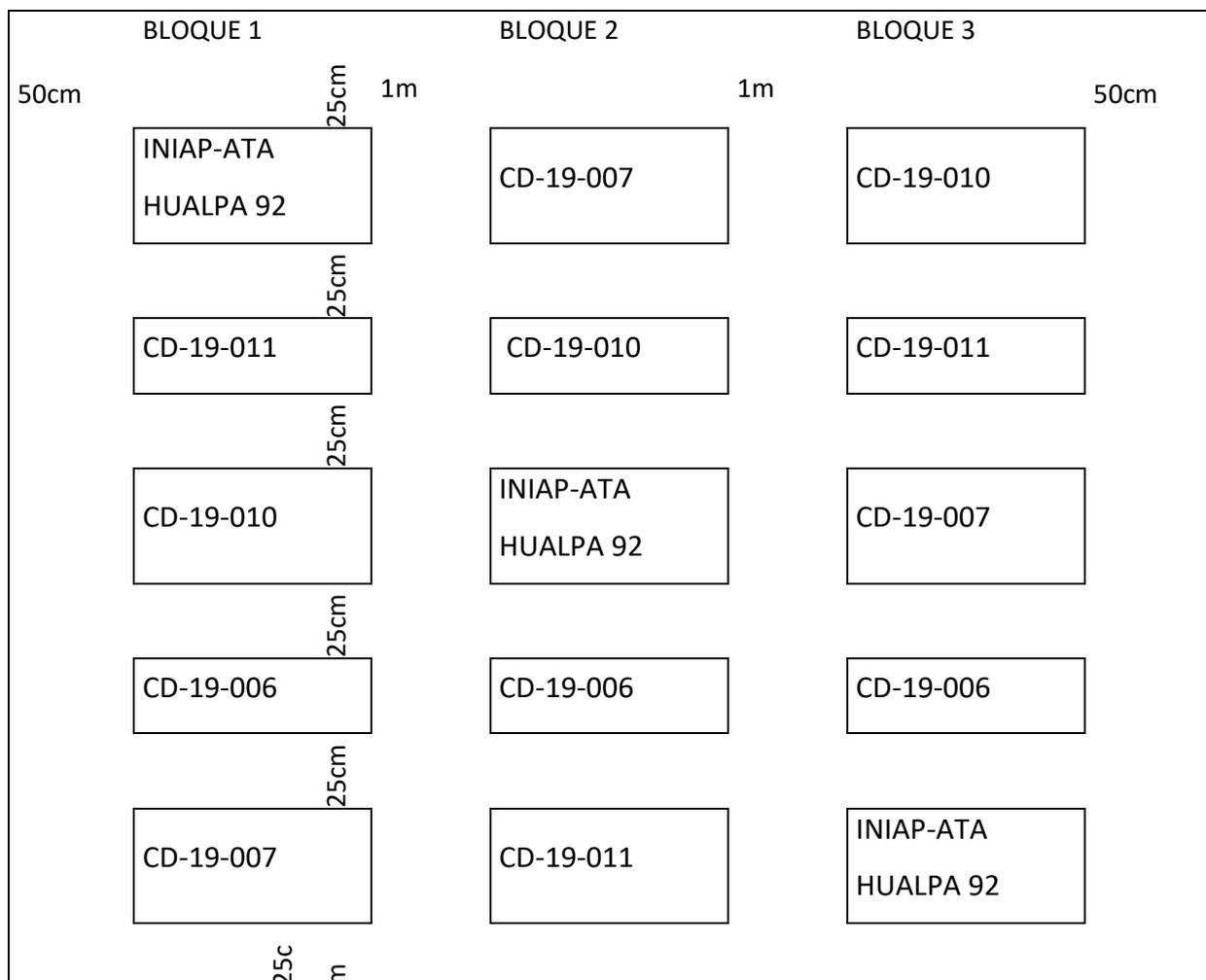
3.3 Métodos

3.3.1 Diseño del experimento

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres bloques y en cada uno se distribuyó las cuatro líneas promisorias y la variedad de cebada con característica de grano desnudo de forma aleatoria como se muestra en la Figura 102.

Figura 102

Diseño experimental del estudio de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



3.3.2 Factores en estudio

En esta investigación se analizaron 4 líneas promisorias (CD-19-006, CD-19-007, CD-19-010, CD-19-011) y 1 variedad mejorada (INIAP-Atahualpa 92) de cebada de grano desnudo con tres repeticiones cada una.

3.3.3 Materiales

Los materiales que se pusieron en investigación para la evaluación del comportamiento agronómico de cebada desnuda se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.

Materiales puestos a investigación en la evaluación de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Materiales	Descripción	Código
M1	Línea promisorio	CD-19-006
M2	Línea promisorio	CD-19-007
M3	Línea promisorio	CD-19-010
M4	Línea promisorio	CD-19-011
M5	Variedad mejorada	INIAP-Atahualpa 92

3.3.4 Características del experimento

- Bloques: 3
- Tratamientos: 5
- Número de unidades experimentales: 15
- Área total del ensayo: 90 m²

3.3.4.1 Características de la unidad experimental

Las características de la unidad experimental que se establecieron para la evaluación de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada desnuda por parte del INIAP se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Características de cada unidad experimental en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura Imbabura.

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental:	3.6 m ²
Largo de la parcela:	3m
Ancho de la parcela:	1.2 m
Distancia entre unidad experimental:	0.25m
Distancia entre bloques	1m
Densidad de siembra	54g/3.6 m ²
Surcos a 15 cm	8

3.3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizará en el software INFOSTAT, presentando un análisis de varianza (ADEVA) del diseño en bloques completos al azar (Tabla 5).

Tabla 5.

Análisis de varianza del experimento de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Fuentes de variación	Fórmula	GL
Total	$(t \times R) - 1$	14
Bloques	$(t - 1)$	2
Variedades	$(R - 1)$	4
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	8

3.3.6 Variables a evaluarse

El INIAP (2019) en su gestión ha creado una guía con información de las diferentes características del desarrollo de la cebada que se evaluó en la investigación, como se describen a continuación:

- **Vigor de la planta**

Este parámetro es subjetivo y se evaluó visualmente, comparando el desarrollo general de las plantas, entre líneas o parcelas. En la Tabla 6 se muestra la escala propuesta para la cualificación de este parámetro.

Tabla 6.

Escala para la evaluación de vigor de la planta en cereales utilizada en el estudio del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.

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

- **Hábito de crecimiento**

Para esta variable se evaluó de una forma visual en la parcela cuando el cultivo se encontraba entre las etapas Z 20 y Z 29, que comprende la etapa de macollamiento. Para la toma de datos se realizó de acuerdo con la escala que se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.

Escala para la evaluación del hábito de crecimiento en cereales utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba.
2	Intermedio	Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45 grados.
3	postrado	Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo

- **Días al espigado**

Este parámetro se realizó de forma visual y de manera continua, debido a que los materiales pueden espigar en diferentes días. Para elegir el día correcto se tomó en cuenta si en la parcela había el 50% de plantas espigadas y teniendo presente la fecha de siembra se determinó la cantidad de días de cada material.

- **Altura de planta**

Se cuantificó en centímetros desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga sin tomar en cuenta las aristas. Este procedimiento se realizó con la ayuda de una cinta métrica en la fase de madurez del cultivo y se tomó en cuenta 10 plantas al azar.

- **Tipo de paja**

Es la estimación de forma visual de la dureza y la flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el impacto del viento y las precipitaciones, provocando el acame del cultivo. Para la evaluación de esta variable se debió tener en cuenta la escala de valoración de la Tabla 8.

Tabla 8.

Escala valorativa de tipo de paja utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

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 viento y el acabe.
3	Tallo débil	Tallos delgados e inflexibles, que no soportan el viento y el acame.

- **Tamaño de espiga**

Con la manipulación de una cinta métrica se midió 10 espigas tomadas al azar, desde la base hasta el extremo de la espiga sin tomar en cuenta las aristas y este valor se expresó en centímetros. Este parámetro permite estimar la productividad del cultivo en la madurez comercial.

- **Número de granos por espiga**

Es un parámetro que mide la productividad en la etapa de cosecha de forma visual. Se escogió 10 espigas al azar y se procedió a contabilizar de forma manual el número de granos de cada una.

- **Severidad del ataque de enfermedades**

Con la escala de COBB modificada por CIMMYT (2007) se determina la incidencia y severidad de roya en la madurez fisiológica, causada en el cultivo de cebada y como es la respuesta del cultivo en campo (Tabla 9).

Para la evaluación sanitaria de enfermedades foliares, en este caso roya se empleará una escala de dos dígitos, que representará el avance vertical de la enfermedad (Figura [113](#)) y una estimación de la gravedad del daño. La evaluación de roya se realizará en base a la severidad (porcentaje de roya en las plantas), generalmente la escala modificada de COBB, se basa en observaciones con el uso de intervalos (Tabla 9), según la gravedad de la infección.

Figura 1011.

Escala modificada de COBB para la evaluación de enfermedades en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.

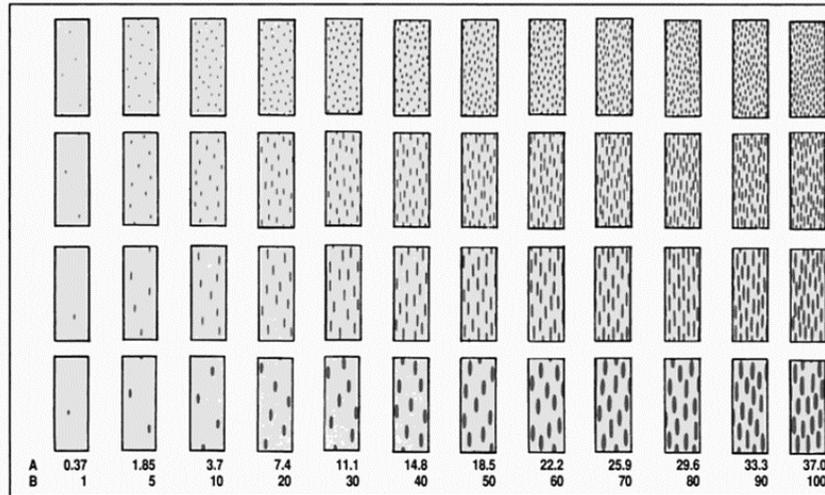


Tabla 9.

Escala modificada de COBB para severidad de ataque de enfermedades en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.

REACCIÓN	SÍNTOMAS Y SIGNOS
5/0	Sin infección visible
10R	Resistente; clorosis o necrosis visible, no hay uredias presentes y si las hay son muy pequeñas.
20MR	Moderadamente resistente; uredias rodeadas ya sea por área clorótica o necrótica.
40MR	Intermedias; uredias de tamaño variable, alguna clorosis, necrosis o ambas.
60MS	Moderadamente susceptible; Uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeado por áreas cloróticas.
100S	Susceptible; Uredias grandes y generalmente con poca ausencia de clorosis. No hay necrosis.

- **Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV)**

El enanismo amarillo de la cebada es probablemente la virosis de los cereales con mayor distribución en el mundo, atacando de manera severa a las gramíneas. Este virus es diseminado mediante un vector, que en la mayoría de los casos es los pulgones de varias especies y puede producir enanismo por la falta de elongación de los entrenudos, un amarillamiento profundo de las hojas. La evaluación se realiza de forma visual y se utilizó la escala de valoración que se expresa en la Tabla 10.

Tabla 10.

Escala para determinar el grado de daño por la presencia de BYDV en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

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 la 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 la planta.
8	Amarillamiento casi complete, de todas las hojas; enanismo; macollamiento reducido en apariencia (presencia de rosetas); tamaño reducido de las espigas con alguna esterilidad.
9	Enanismo severo; amarillamiento complete, espigas escasas; considerable esterilidad; madurez acelerada o secamiento de la planta antes de la madurez normal.

- **Rendimiento**

Es el parámetro fundamental en la evaluación porque expresa la producción potencial en grano de cada material. Este valor está dado en g parcela⁻¹, y se transforma a kg ha⁻¹ para obtener el valor del rendimiento potencial estimado de cultivo.

Por tal motivo, se pesó la producción total de cada unidad experimental teniendo en cuenta que el grano presente 13 % de humedad y esté limpio. Además, para que no exista alteraciones en el rendimiento se realiza un ajustamiento en los datos tomando en cuenta un 10 % de pérdida por factores bióticos y abióticos.

- **Peso de mil granos**

Se seleccionó de forma aleatoria 1000 granos con la ayuda de una máquina proporcionada por el INIAP. Mientras mayor sea el peso, el rendimiento potencial del cultivo será superior. Se midió en gramos en una balanza electrónica.

- **Peso hectolítrico**

Este parámetro indica que mientras mayor peso alcanza el grano de cebada mejor es la calidad del producto. Este peso se estimó en kilogramos por hectolítro (kg hL⁻¹) en una balanza para peso específico o hectolítrico. Por lo cual se extrajo una muestra de 1 kg de granos de cada unidad experimental.

- **Tipo y color de grano**

Es la calificación que recibe el grano de acuerdo con su forma, color, tamaño, uniformidad o daño. Para la evaluación de esta variable se utiliza la escala propuesta por el programa de cereales del INIAP, la cual se expresa en la Tabla 11.

Tabla 11.

Escala de evaluación para tipo de grano utilizada en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.

Escala	Descripción
1	Grano grande, grueso, redondo, blanco o crema.
2	Grano mediano, redondo, blanco o amarillo.
3	Grano mediano, alargado, crema o amarillo.
4	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.

3.4 Manejo del experimento

➤ Selección del lote

El lote donde se realizó los ensayos tenía una pendiente no mayor al 5%, además, se encontraba cerca a las instalaciones principales de la carrera, de fácil acceso y con buenas condiciones hídricas, ya que se encuentra cercano al reservorio.

➤ Preparación del suelo

La preparación de suelo se realizó con anticipación (dos meses antes de la siembra), garantizando que exista una adecuada descomposición de las malezas, residuos y/o abono orgánico (estiércoles), a incorporarse en el lote. Esta actividad se caracterizó por un pase de arado y dos pases de rastra, con estas acciones se favoreció la germinación y el establecimiento fácil del cultivo (Figura 12).

Figura 12

Preparación del terreno para la implementación del ensayo de evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, Chaltura, Imbabura.



➤ Desinfección de semilla

La semilla se desinfectó con Fludioxonilo (Celest) en dosis de $2 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$ de semilla. Luego de la desinfección de la semilla se dejó secar el grano para no incrementar la humedad del grano. Con la curación se reduce la diseminación de enfermedades transmitidas por semilla como son: carbones, septoria y algunas especies de *Fusarium* sp., entre los más importantes (Garófalo, et al., 2011).

➤ Siembra

Para la siembra se utilizó una sembradora experimental con calibración para una densidad de 150 kg ha⁻¹ de semilla (Figura 13).

Figura 13

Siembra de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda con máquina de precisión en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



➤ Fertilización

La recomendación media de fertilizante para un rendimiento de 4 toneladas por hectárea es de: 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo (P₂O₅), 50 kg de Potasio (K₂O) y 20 kg de Azufre (S), 1 kg de Magnesio (MgO), 1 kg de Boro (B) y 4 kg de Calcio (Ca). Al momento de la siembra se aplicó 250 kg con relación a una hectárea de fertilizante compuesto 15-30-15+EM (elementos menores). Al macollamiento, se aplicó el 80% restante del nitrógeno en la etapa de Zadoks (Z 30) la (fertilización nitrogenada complementaria) (Figura 14).

Figura 1.

Fertilización de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



➤ Control de malezas

El control de malezas consistió en la aplicación de un herbicida específico para malezas de hoja ancha, metsulfurón-metil en la etapa del macollamiento en la etapa de Zadoks (Z 20), en dosis recomendada por el fabricante (Figura 15).

Figura 2.

Aplicación foliar de herbicida selectivo para control de maleza en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera.



➤ **Cosecha**

La cosecha se ejecutó de forma manual una vez que las plantas han llegado a su madurez de campo con la ayuda de la hoz y tomando en cuenta las condiciones ambientales que rodeen al cultivo. Fue preciso etiquetar las fundas con cada material para evitar problemas de perdidas (Figura 16).

Figura 3.

Cosecha de cebada desnuda de forma manual en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



➤ **Trilla**

La trilla se la hizo de forma mecánica utilizando una trilladora para experimentos. El grano trillado fue almacenado en fundas de tela con su debida etiqueta, que contenga la información que la identifique en el ensayo (Figura 17).

Figura 4.

Trilla de cebada desnuda con máquina experimental en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



➤ **Beneficio de la semilla**

Posterior a la cosecha y trilla, se procedió al secado de la semilla hasta obtener una humedad de grano del 13 % o menor a esta. Posteriormente se limpió el grano, para luego almacenarlo en fundas de tela y poder medir algunas variables de postcosecha con respecto a la investigación.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del comportamiento agronómico de 4 líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda, las mismas que fueron proporcionadas por el INIAP y puestas a estudio bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura.

Los resultados de la investigación se los agrupó de dos formas, en primer lugar, las variables de carácter cualitativo y después las variables de carácter cuantitativo, pero tratando de respetar el orden cronológico de desarrollo del cultivo.

4.1. Variables cualitativas

En la Tabla 12 se puede observar las variables cualitativas evaluadas en el comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada en la granja experimental La Pradera en Chaltura, Imbabura, con sus respectivos valores.

Tabla 12.

Caracteres cualitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Variable	Chi ²	Coef. de Crammer	Coef. de Pearson	P-valor
Vigor de planta	16.14	0.52	0.72	0.1848
Hábito de crecimiento	4.29	0.38	0.47	0.3687
Tipo de paja	6	0.45	0.53	0.1991
Virus del enanismo (BYDV)	4.77	0.40	0.49	0.3114
Color y tipo de grano	30	0.82	0.82	0.0002

4.2. Vigor de la planta

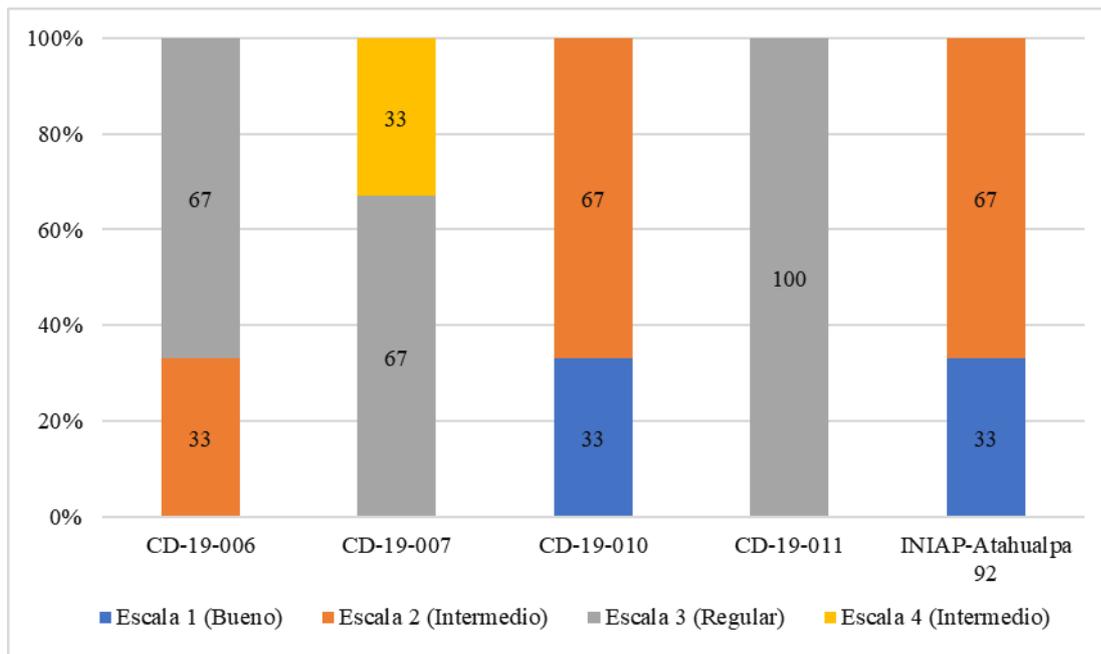
Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=12$; $\chi^2=0.1848$) entre los materiales evaluados y el vigor de la planta.

La Figura 18 muestra que el 47 % de los materiales evaluados se caracterizaron por tener un vigor escala 3, donde la línea CD-19-011 sobresale con el 100 % de sus repeticiones, seguida por las líneas CD-19-006 y CD-19-007 con el 67 % de sus repeticiones cada una. Por otro lado, el 33 % de los materiales evaluados se caracterizaron por presentar un vigor escala

2, en el cual sobresalieron la línea CD-19-010 y la variedad INIAP-Atahualpa 92 con el 67 % de sus repeticiones cada una y, además, los mismos materiales ocuparon el 13 % que se caracterizó por tener un vigor escala 1. Finalmente, el 7 % de los materiales presentaron vigor tipo 4 y no hubo materiales con vigor escala 5.

Figura 5.

Vigor de la planta en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



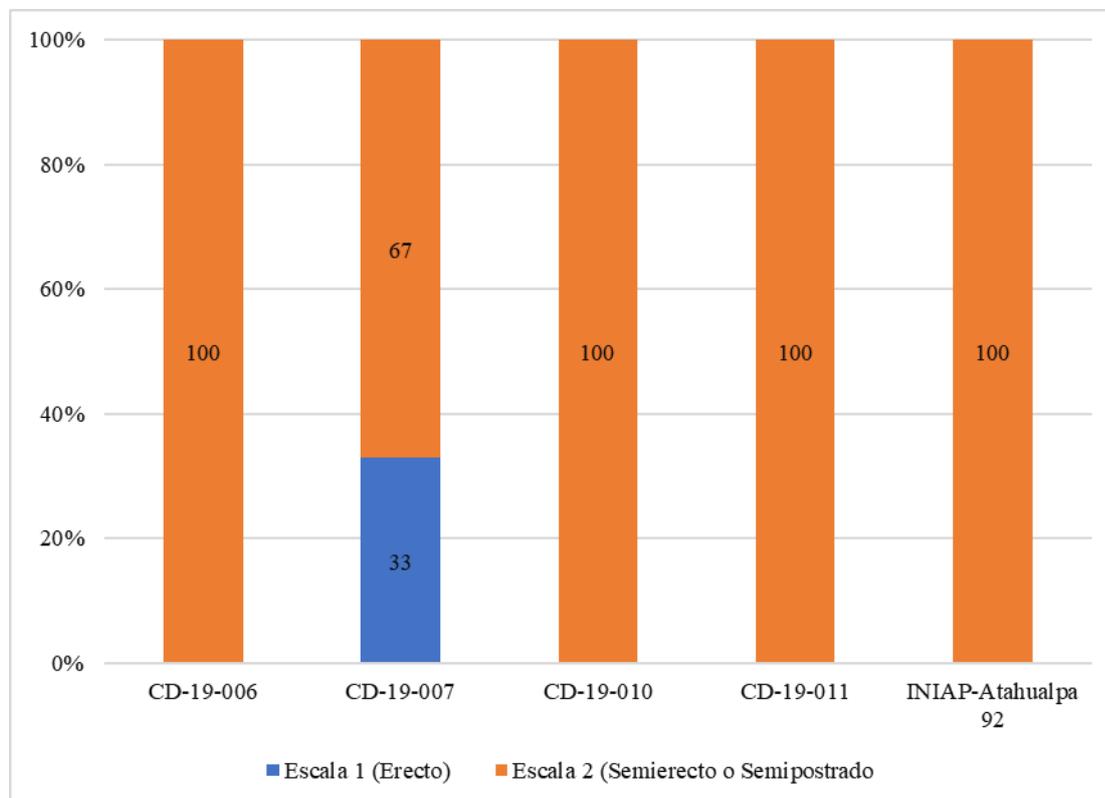
La línea CD-19-010 y la variedad INIAP-Atahualpa 92 presentaron el mejor vigor en comparación a las demás, caracterizándose con un vigor tipo 2, el cual se caracteriza por tener plantas y hojas bien desarrolladas. Por otro lado, en la investigación de Pallo (2022), se encontró a todas las líneas en estudio con vigor tipo 3, lo que quiere decir que las plantas y hojas estaban medianamente desarrolladas (Ponce et al., 2019). Además, el mismo autor menciona que el vigor está ligado a la genética, pero también está directamente relacionado con el tamaño y calidad de la semilla.

4.3. Hábito de crecimiento

Los análisis de las tablas de contingencia de datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=4$; $\chi^2=0.3687$) entre los materiales evaluados y el hábito de crecimiento de la planta, es así como, la Figura 19 muestra que el 93 % de los materiales evaluados presentaron un hábito escala 2 donde, todas las líneas mostraron el 100 % de sus repeticiones en esta categoría excepto la línea CD-19-007, la cual se caracterizó por tener el 67 % de sus repeticiones dentro de la escala y el 33 % estuvo dentro de la escala 1.

Figura 6.

*Hábito de crecimiento en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Todos los materiales evaluados presentaron hábito de crecimiento tipo 2, que según el manual de Ponce et al. (2019), indica que la planta está semierecta o semipostrada, con sus hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45 grados. De la misma manera, en la investigación de Pallo (2022), se encontraron los mismos resultados, con hábito de crecimiento tipo 2 para todos los materiales.

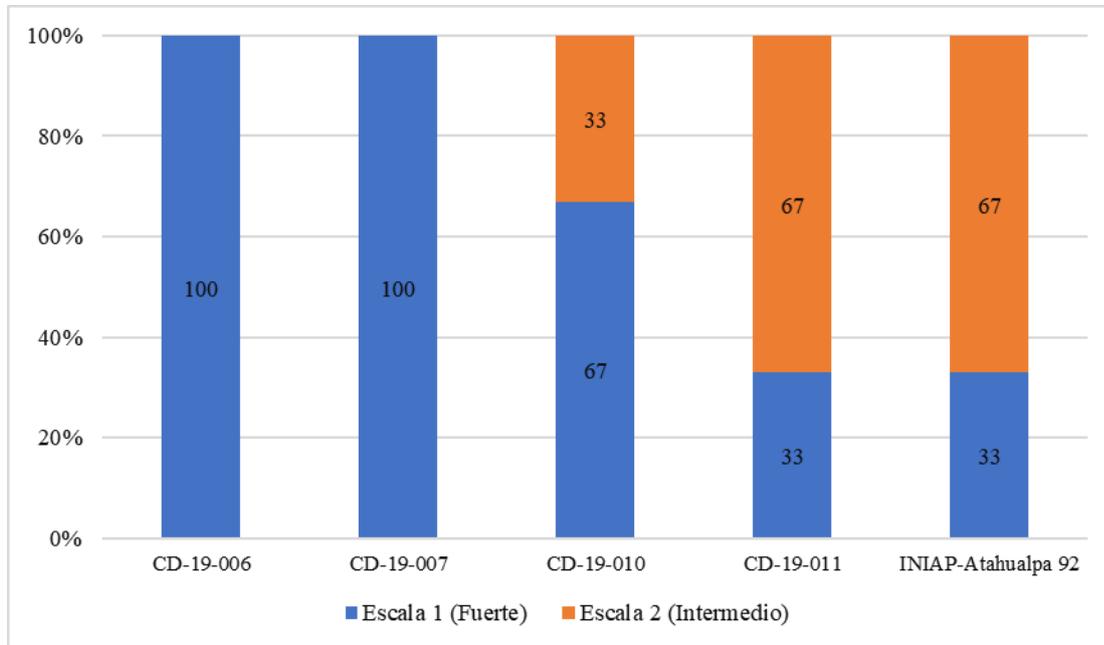
4.4. Tipo de paja

Los resultados del análisis de las tablas de contingencia de datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=4$; $\chi^2=0.1991$) entre los materiales evaluados y el tipo de paja.

En la Figura 20 se muestra que, el 67 % de los materiales evaluados coincidieron en un tipo de paja escala 1, donde, las líneas CD-19-006 y CD-19-007 mostraron el 100 % de sus repeticiones en esta categoría y así también, la línea CD-19-010 mostro el 67 % de sus repeticiones dentro de la misma escala. Por otro lado, el 33 % de los materiales se caracterizó por tener un tipo de paja tipo 2, en el cual, la línea CD-19-011 y la variedad INIAP-Atahualpa 92 presentaron el 67 % de sus repeticiones dentro de esta escala.

Figura 7.

*Tipo de paja en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Las tres líneas que se muestran en la parte izquierda de la Figura 20 se caracterizaron por tener un tipo de paja escala 1, el cual se define por presentar tallos fuertes, gruesos, erectos y flexibles, que tengan la capacidad de resistir al impacto del viento y posteriormente el acame (Ponce et al., 2019). Por otro lado, los resultados encontrados son diferentes a lo encontrado en Pallo (2022), en la cual, todas las líneas tuvieron tipo de paja escala 2, a excepción de la variedad INIAP-Atahualpa 92, la que tuvo escala 3.

A pesar de que este parámetro está ligado a la genética de cada material, también existen factores que la afectan, como lo es: nutrición, condiciones climáticas y precipitaciones extremas (Ponce et al., 2019).

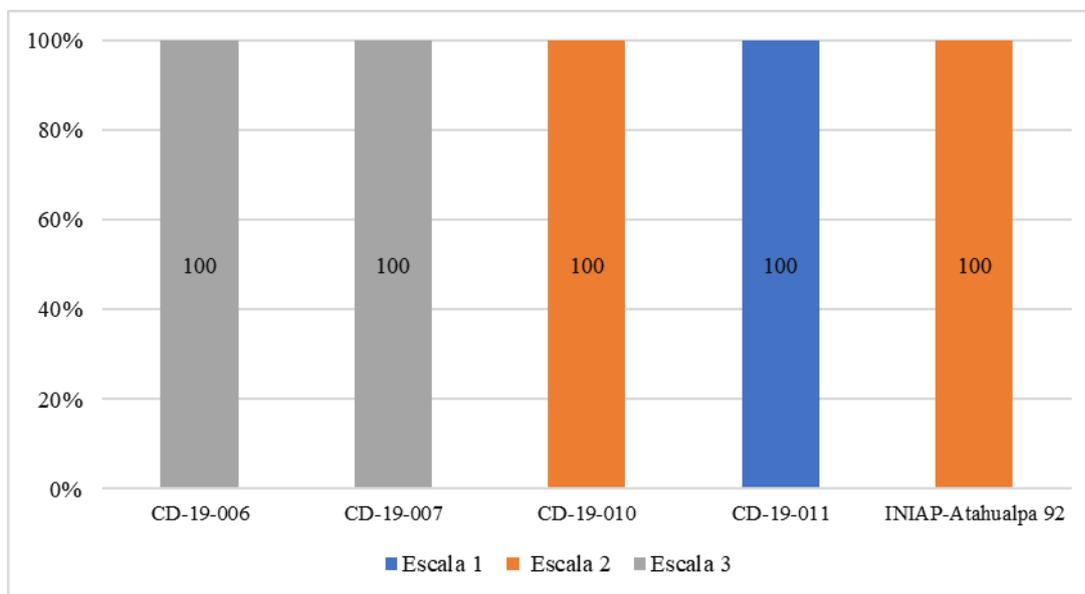
4.5. Tipo y color de grano

El análisis de las tablas de contingencia de datos cualitativos muestran que existe asociación ($g1=8$; $\chi^2=0.0002$) entre las líneas evaluadas y el tipo y color de grano de la cebada.

En la Figura 21 se puede observar que, el 40% de los materiales evaluados se caracterizó por tener un tipo y color de grano escala 3, el otro 40% se caracterizó por ser escala 2 y finalmente el 20% fue escala 1.

Figura 8.

*Tipo y color de grano en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Según los parámetros de evaluación de Ponce et al. (2019) la categoría 1, se refiere a un grano grueso, grande, bien formado, de color blanco y buena apariencia, en la cual solo una línea se posicionó. De otra manera, la categoría 2 se refiere a un grano mediano, redondo que puede ser blanco o amarillo, en la cual dos líneas destacaron y finalmente la categoría 3 se caracteriza por ser un grano mediano, alargado, de color crema o amarillo, en la cual dos líneas recalcaron.

La variedad INIAP Atahualpa 92 se caracterizó por ser categoría 2, lo que fue inferior a lo encontrado en la investigación de Chugcho (2023), donde la variedad se caracterizó por ser categoría 1, de la misma manera que las otras líneas estudiadas. Las variaciones en este parámetro pueden verse influenciadas por precipitaciones y temperaturas al final del ciclo de cultivo y por la presencia de enfermedades que afectan a la espiga (Ponce et al., 2019).

4.6. Variables cuantitativas

En Tabla 13 se agrupó a todas las variables que tenían características de evaluación cuantitativo con sus respectivos valores estadísticos.

Tabla 13.

Caracteres cuantitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda.

Variable	Medias	P-valor
Días al espigamiento	62.26	0.0074
Altura de planta	102.6	<0.0001
Tamaño de espiga	9.11	0.0008
Número de granos por espiga	24	0.0001
Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>)	33	<0.0001
Mancha foliar (<i>Rhynchosporium secalis</i>)	36.33	0.0067
Rendimiento (t ha ⁻¹)	5.80	0.0005
Peso hectolítrico (Kg hL ⁻¹)	71.78	0.0002
Peso de mil granos	46.67	0.0460

4.7. Días al espigamiento

Al apreciar los resultados del análisis estadístico de varianza, se pudo constatar que para la variable Días al espigamiento, si presenta diferencias estadísticas significativas entre los materiales en estudio, así como se puede apreciar en la Tabla 14 mediante los valores de F y P respectivamente.

Tabla 14.

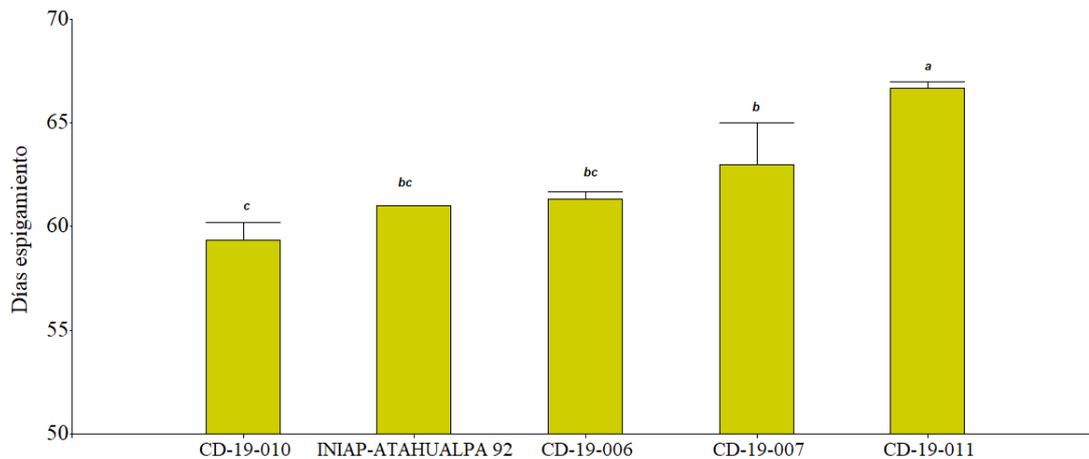
Análisis estadístico de varianza para la variable días al espigamiento en cebada desnuda

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	7.74	0.0074

Por otro lado, mediante la prueba estadística de LSD de Fisher con el 5 % de significancia, se observó que para la variable días al espigamiento, la línea promisoría CD-19-011 espigó a los 67 días después de su siembra, después se encuentra la línea CD-19-007 la cual espigó a los 63 días, consiguientemente se encontró a la línea CD-19-006 y la variedad INIAP-Atahualpa 92 las cuales espigaron a los 61 días al igual que la línea anterior y finalmente se aprecia a la línea CD-19-010 la cual espigó a los 59 días, así como se muestra en la Figura 22.

Figura 9.

Días al espigamiento en la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



Los datos encontrados en la Figura 22 establecen a la línea CD-19-010 como la línea más rápida al momento de espigar, así también la variedad mejorada presenta características idénticas en precocidad, estos datos concuerdan con la investigación de Pallo (2022), donde se muestra que la variedad mejorada espigó a los 64 días y otra coincidencia que se encuentra con esta investigación es la línea CD-19-011 que se muestra como un material tardío para espigar.

Por otro lado, en la investigación de Realpe (2022), la variedad mejorada tuvo un espigamiento a los 72 días, que casi se acerca a lo mencionado por Ponce et al. (2020), que para esta variedad lo normal es a los 80 días. Todas estas variaciones se deben a las características agroclimáticas de las diferentes zonas en las que se llevó a cabo los ensayos.

4.8. Altura de planta

En los resultados del análisis estadístico de varianza se observó que hay diferencias estadísticas entre los materiales puestos a estudio para la variable altura de planta. En la Tabla 15 se muestra los valores de F y P.

Tabla 15.

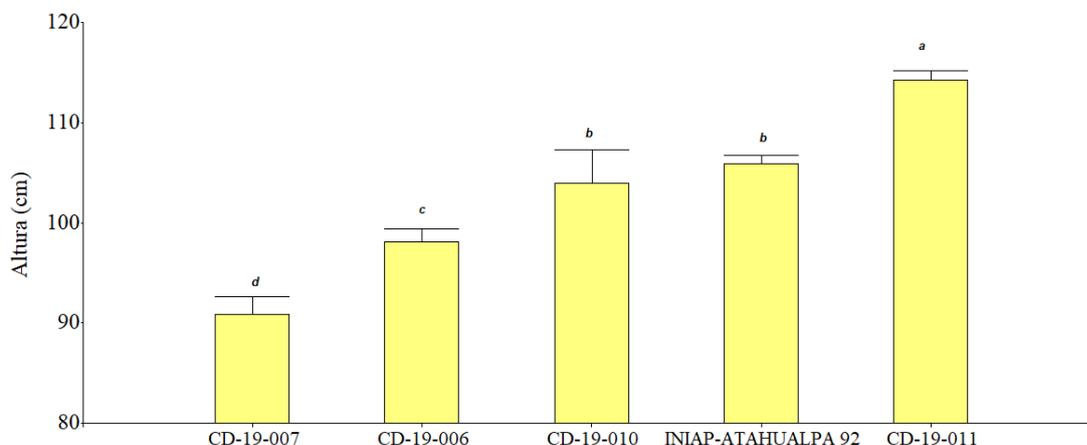
Análisis estadístico de varianza para la variable altura de planta en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	45.81	<0.0001

La prueba estadística LSD de Fisher con valor de 5 % de significancia demostró que para la variable altura de planta, la línea promisoría CD-19-011 presentó la mayor altura con una media de 114.20 cm, seguido de la variedad INIAP-ATAHUALPA la cual obtuvo una altura de 105.93 cm, a continuación se estableció la línea CD-19-010 con una media de 103.90 cm, después se encontró la línea CD-19-006 con una media de 98.07 cm y finalmente la línea CD-19-007 la cual presento una media de 90.90 cm, así como se muestra en la Figura 23.

Figura 10.

Altura de planta en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



La línea CD-19-011 fue el material que destaco en esta variable con respecto a la variedad comercial INIAP-Atahualpa 92. A diferencia de los resultados obtenidos en la investigación de (Pallo, 2022) donde se evaluaron los mismos materiales, la variedad INIAP-Atahualpa 92 destaco entre los materiales en cuanto a su altura con una media de 117.1 cm y la línea CD-19-006 fue la que menos se desarrolló con una media de 87.4 cm.

En las investigaciones anteriores se puede observar que la variedad mejorada sobrepasa los 100 cm de altura, lo cual difiere con Ponce et al. (2020), que afirma que la variedad INIAP-Atahualpa 92 puede crecer en un rango de 70 y 100 cm, pero por otro lado

estos datos concuerdan con la investigación de Realpe (2022), donde la misma variedad obtuvo una altura de 77 cm. En conclusión, la investigación afirma que la línea CD-19-011 tuvo mayor altura con respecto a la variedad mejorada.

4.9. Tamaño de espiga

Mediante los resultados estadísticos de varianza para la variedad tamaño de la espiga, se observó que existen diferencias significativas entre los materiales de cebada desnuda en estudio. En la Tabla 16 se muestra los valores de F y P respectivamente.

Tabla 16.

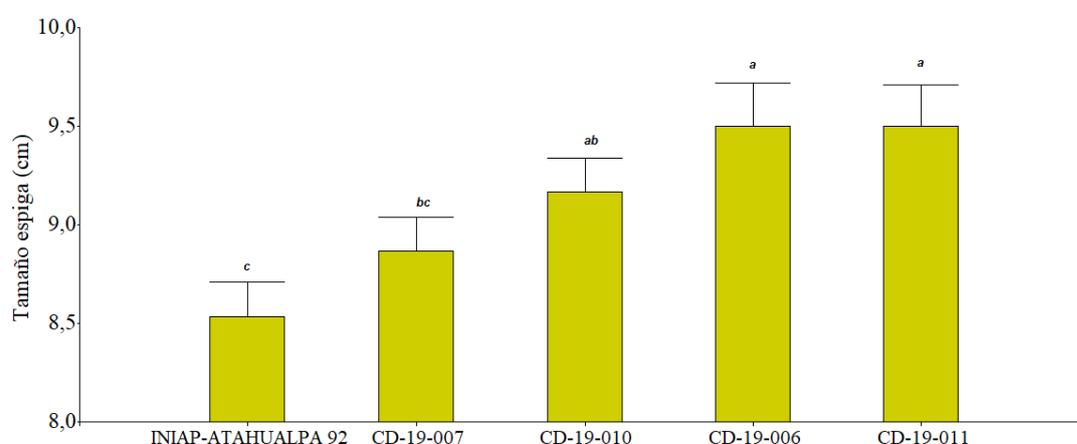
Análisis estadístico para la variable tamaño de espiga en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	5.01	0.0008

Con la utilización de la prueba estadística de LSD de Fisher con el 5 % de significancia, se observó que, para la variable tamaño de espiga, las líneas CD-19-011 y CD-19-006 tuvieron medias iguales con un valor de 9.5 cm, después se encontró a la línea CD-19-010 con una media de 9.2 cm, seguida por la línea CD-19-007 que obtuvo una media de 8.6 cm y finalmente la variedad INIAP-Atahualpa 92 presentó una media de 8.5 cm. Todos los valores antes mencionados se pueden observar en la Figura 24.

Figura 11.

Tamaño de la espiga en cebada desnuda en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



En la Figura 24 se puede apreciar como las líneas CD-19-011 y CD-19-006 sobrepasan a la variedad mejorada por 1cm que quedándose en la última posición con respecto a las demás. Por el contrario, en la investigación de Pallo (2022) la variedad destaco una mayor longitud con respecto a las líneas promisorias, siendo mayor a 12 cm. De la misma manera en la investigación de Realpe (2022) la variedad se destacó con una dimensión de 8.41 cm en su espiga, lo cual, la posicionó como la mayor longitud con respecto a las demás variedades. Pero fue menor en relación con la investigación actual.

Finalmente, en las observaciones de Ponce et al. (2020) en su manual de cebada, caracteriza a la variedad mejorada con una longitud de 10 cm. Lo cual se asemeja a los resultados encontrados en las líneas promisorias. Hay diferentes razones para que haya este tipo de variaciones, las cuales pueden ser: disponibilidad de nutrientes, precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, nubosidad y temperatura (Ponce et al., 2019).

4.10. Número de granos por espiga

Los resultados del análisis estadístico para la variable número de granos por espiga, demostró que existen diferencias significativas entre los materiales, así como se muestra en la Tabla 17 con el valor P.

Tabla 17.

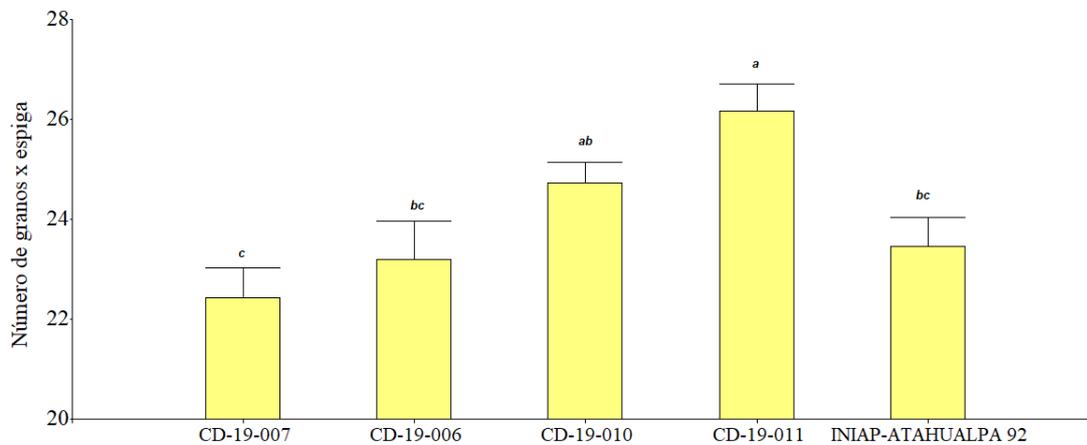
*Análisis estadístico para la variable número de granos por espiga en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	6.32	0.0001

Con la aplicación de la prueba de medias LSD de Fisher al 5 % de significancia, se pudo observar que las líneas CD-19-011 y CD-19-010 fueron las que tuvieron mayor número de granos por espiga con 26 y 25 granos, respectivamente. Por otro lado, la línea CD-19-007 fue la que menor cantidad de grano por espiga tuvo, así como se muestra en la Figura 25.

Figura 12.

Número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



Los resultados obtenidos muestran como dos líneas promisorias sobrepasaron a la variedad mejorada, lo que es muy diferente a lo encontrado en la investigación de Pallo (2022), donde, la variedad mejorada sobresalió ante las líneas promisorias con 30 granos por espiga. Por el contrario, en la investigación de Chugcho (2023), se encontró que la variedad presento 26 granos por espiga, siendo mayor a o encontrado en esta investigación. Lo que deja en claro que las diferentes condiciones a las que se producen hacen que haya variaciones en su producción.

A pesar de que esta característica está definida en la genética de cada material, puede haber condiciones que limiten y afecten directamente a este parámetro, como pueden ser: la disponibilidad de nutrientes, condiciones climáticas y fotoperíodo (Ponce et al., 2019).

4.11. Rendimiento

El resultado del análisis de varianza para la variable rendimiento muestra que hay diferencias significativas entre los materiales en estudio, así como se muestra en la Tabla 18 con los valores de F y P.

Tabla 18.

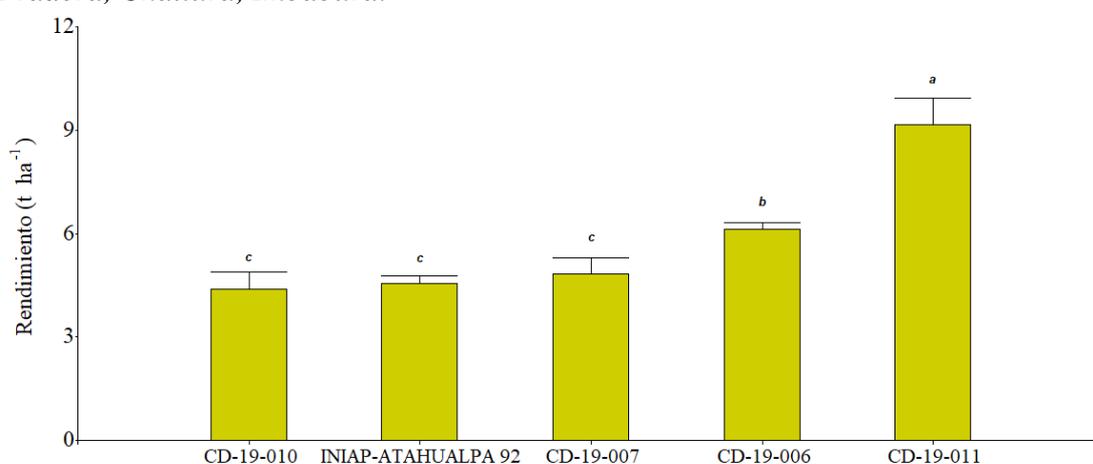
Análisis de varianza para la variable rendimiento en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	17.26	0.0005

Mediante la aplicación de la prueba LSD de Fisher al 5 % de significancia, se pudo observar que la línea CD-19-011 fue la que tuvo mayor rendimiento con 9.15 t ha^{-1} , seguida de la línea CD-19-006 con un rendimiento de 6.11 t ha^{-1} , como tercera se encuentra la línea CD-19-007 con un rendimiento de 4.83 t ha^{-1} , la variedad INIAP-Atahualpa 92 ocupó el puesto cuarto con un rendimiento promedio de 4.55 t ha^{-1} , y finalmente, la línea CD-19-010 tuvo un rendimiento de 4.38 t ha^{-1} . En la Figura 26 se puede apreciar el rendimiento de cada tratamiento.

Figura 13.

*Rendimiento en t ha^{-1} de cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Los datos obtenidos en la variable rendimiento dan a conocer que la línea CD-19-011 fue la que tuvo el mayor rendimiento, lo cual es diferente a los resultados de rendimiento obtenidos en la investigación de Pallo (2022), en donde, la línea CD-19-007 fue la que tuvo el mayor rendimiento con 6.63 t ha^{-1} , y en comparación entre rendimientos de la variedad en la misma investigación obtuvo 5.41 t ha^{-1} , siendo así, mayor a lo obtenido en esta investigación. Las variaciones entre las investigaciones se pueden dar por factores tanto bióticos (plagas y enfermedades) como abióticos (clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes, pH, granizadas, heladas y otras) (Ponce et al., 2019).

Por otro lado, en la investigación de Realpe (2022), se puede apreciar que la variedad INIAP-Atahualpa 92 tuvo un rendimiento de 5.16 t ha^{-1} , lo cual es mayor al rendimiento presentado en esta investigación. Pero con respecto a lo que se menciona en el manual de Ponce et al. (2020), donde, el rendimiento para esta variedad se encuentra entre un rango de $1.56 - 3.6 \text{ t ha}^{-1}$, se puede afirmar que en las condiciones agroclimáticas de Chaltura, la variedad produce casi una tonelada más a lo mencionado.

4.12. Peso Hectolítico

El resultado del análisis de varianza para la variable peso hectolítico muestra que hay diferencias significativas entre los materiales en estudio, así como se observa en la Tabla 19, mediante los valores de F y P.

Tabla 19.

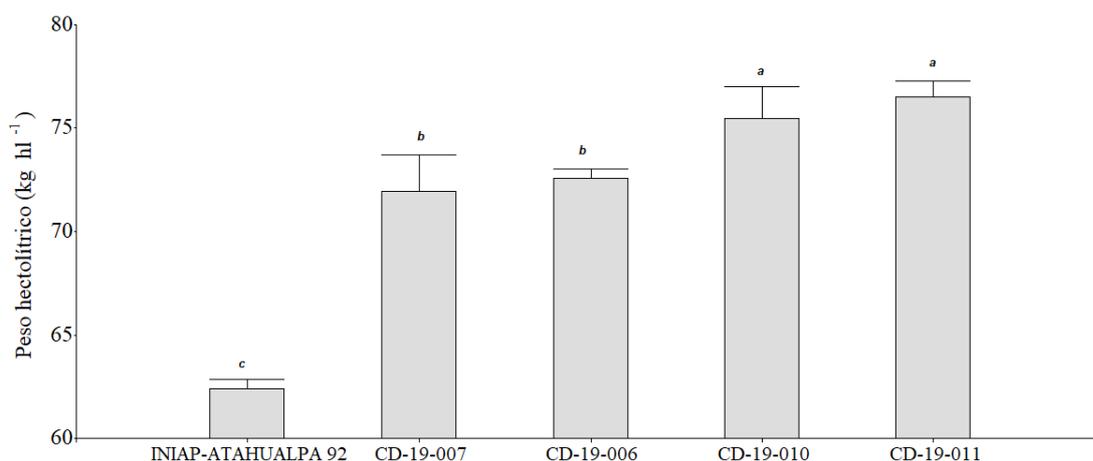
*Análisis de varianza para la variable peso hectolítico en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	24.33	0.0002

Al aplicar la prueba estadística de LDS de Fisher al 5 % de significancia, se pudo observar que la línea CD-19-011 tuvo un mayor peso hectolítico con 76.5 kg hl⁻¹ y las demás líneas CD-19-010, CD-19-006, CD-19-007, tuvieron 75.5; 72.6; 72 kg hl⁻¹, respectivamente, y finalmente la variedad INIAP-Atahualpa 92 tuvo 62.4 kg hl⁻¹, quedando como la de menor peso, como se muestra en la Figura 27, que según Ponce (2019), el grano que tenga mayor peso tiende a ser de mejor calidad.

Figura 14.

*Peso hectolítico en el estudio del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



En la investigación de Pallo (2022), se muestra como la línea CD-19-006 fue la que mayor peso hectolítico demostró, con un peso de 71.77 kg hl⁻¹, lo cual, es cuasi similar a los resultados obtenidos en esta investigación. De la misma manera en las dos investigaciones muestran que la variedad mejorada se quedó en último lugar con respecto a esta variable. La

variación de estos resultados puede deberse a los factores bióticos y abióticos relacionados con el llenado del grano (Ponce et al., 2019)

Por otro lado, en la investigación de Realpe (2022), se muestra como la variedad mejorada lidera en peso hectolítrico con respecto a las demás variedades puestas en estudio, lo cual es mucho mayor al resultado obtenido en esta investigación, que casi se asemeja a lo encontrado con la línea que tuvo el mayor peso.

De otra manera, en la investigación de (Chugcho, 2023) se muestra que la línea CD-19-007 lideró en cuanto a los pesos con un valor de 78.99 kg hl⁻¹, demostrando de esta manera que tuvo mejor calidad que la línea que tuvo mayor peso en esta investigación, y así también se presentó que la variedad mejorada estuvo entre los últimos lugares en cuanto a esta variable.

4.13. Peso de mil granos

El resultado del análisis de varianza para la variable peso de 1000 g, presenta que existen diferencias significativas entre los materiales, así como se puede observar en la Tabla 20 mediante la presentación de los valores F y P.

Tabla 20.

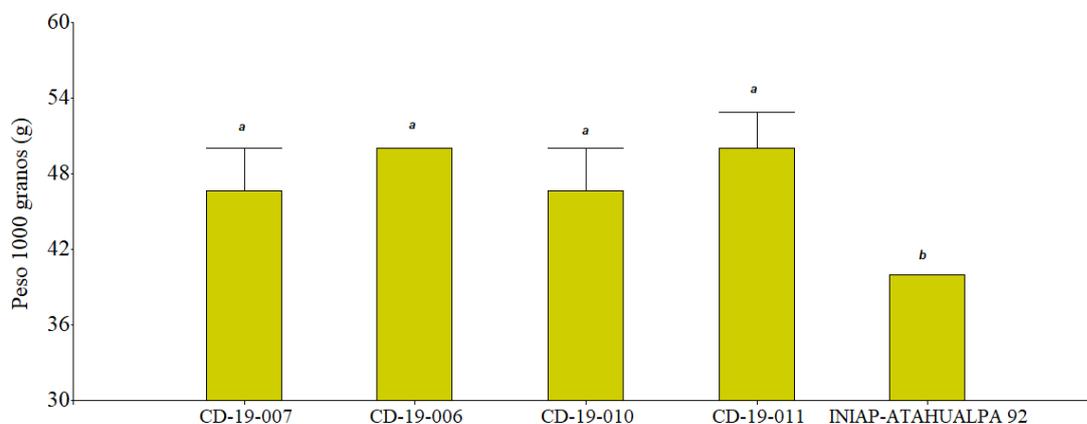
Análisis de varianza para la variable peso de 1000 g en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	2.73	0.0460

Con la aplicación de la prueba LSD de Fisher al 5% de significancia, se pudo constatar que las líneas promisorias tuvieron pesos aproximadamente similares, que van desde los 46 a 50 gramos, siendo mayor a lo que presentó la variedad mejorada con tan solo 40 g. Con respecto a las líneas promisorias la mejor fue la CD-19-006 con 50 g como se muestra en la Figura 28.

Figura 15.

*Peso de 1000 granos de cuatro líneas promisorias y una variedad de cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Los resultados encontrados son muy diferentes con la investigación de Pallo (2022), donde la variedad mejorada es la que destaca con 61 gramos. Aunque, en la misma investigación se encontró que la línea CD-19-010, fue la que menor peso tuvo, siendo similar a lo encontrado en esta investigación. Por otro lado, el peso de la variedad mejorada se encuentra acorde a los rangos que se muestran en el manual 116 del INIAP que van desde los 35 a 48 gramos (Ponce et al., 2020).

Según Ponce et al. (2019), los factores que afectan a esta variable es la humedad del grano, el tamaño del grano, las condiciones del suelo y el clima al que fue sometido durante el desarrollo del cultivo.

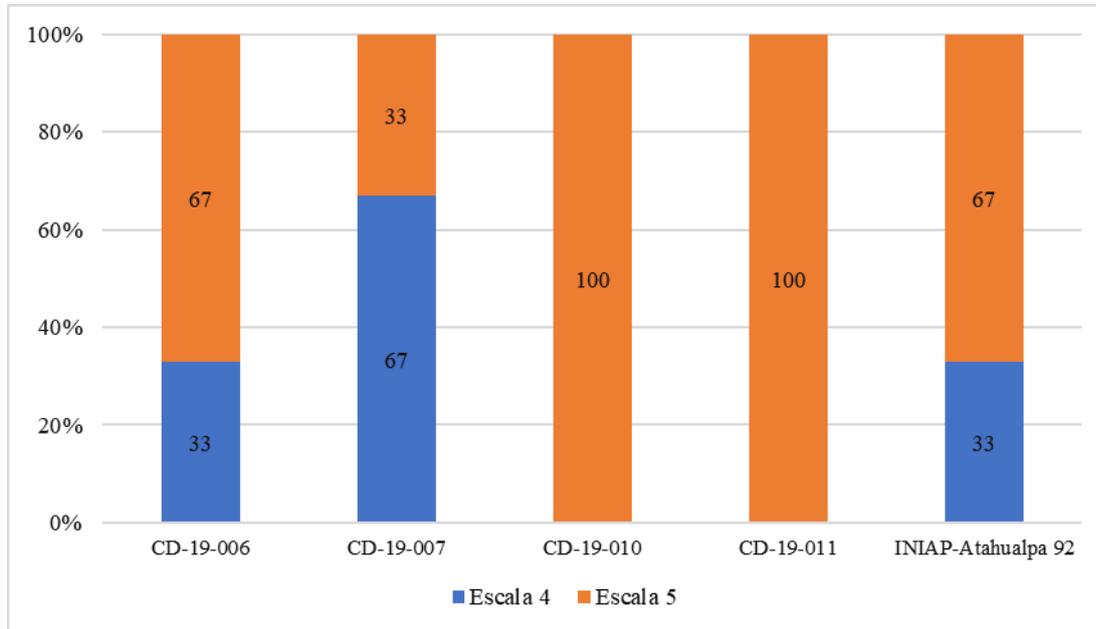
4.14. Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV)

Los resultados del análisis de las tablas de contingencia de datos cualitativos indican que no existe asociación ($g=4$; $\chi^2=0.3114$) entre los materiales evaluados y el virus del enanismo amarillo de la cebada.

Los valores que se muestran en la (Figura 29) muestra que, el 73% de los materiales evaluados se caracterizó por tener una afectación por el virus en escala 5, en la que, las líneas CD-19-010 y CD-19-011 presentaron el 100% de sus repeticiones dentro de esta categoría. De la misma manera la línea CD-19-006 y la variedad INIAP-Atahualpa 92 mostraron el 67% de sus repeticiones que se encuentran dentro de la misma categoría. Por otro lado, el 27% de los materiales presentaron afectación por el virus en nivel 4, donde, la línea CD-19-007 mostró el 67% de sus repeticiones dentro de esta escala.

Figura 16.

*Virus del enanismo amarillo en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



La Figura 29 muestra que todos los materiales evaluados presentaron ataque de BYDV en categoría 5, a excepción de la línea CD-19-007 que presentó ataque en categoría 4, lo que según el manual de Ponce et al. (2019), la categoría 4 presenta un amarillamiento moderado o algo extenso en la planta sin presencia de enanismo, y la categoría 5 se caracteriza por tener un amarillamiento extenso, un vigor moderado y presencia de enanismo en la planta.

La línea CD-19-007 fue la que menor ataque del virus presentó, lo que a comparación con la investigación de Pallo (2022), la variedad INIAP Atahualpa 92 fue la que menor ataque del virus mostró. Por otro lado, la línea CD-19-011 fue la que presentó el mayor ataque, lo que en relación con la misma investigación anterior es similar.

El virus que causa la enfermedad del enanismo amarillo en cereales es uno de los más distribuidos en el mundo, este es diseminado por un vector, que en la mayoría de las ocasiones son los pulgones de diferentes especies (Ponce et al., 2020).

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

Los resultados estadísticos de varianza para la variable Roya de la hoja (*Puccinia hordei*) muestran que hay diferencia significativa entre los materiales estudiados, como se muestra en la Tabla 210 los valores de F y P respectivamente.

Tabla 21.

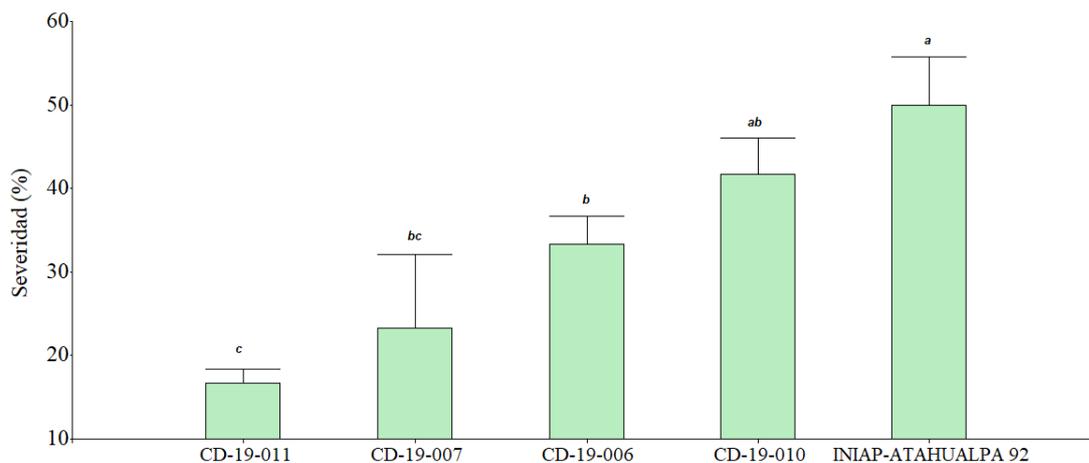
Análisis estadístico para la variable Roya de la hoja (Puccinia hordei) en cebada desnuda

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	36.74	<0.0001

Mediante a prueba LSD de Fisher al 5 % de significancia, se pudo observar que la variedad mejorada INIAP-Atahualpa 92 fue la más susceptible al ataque de roya de la hoja con respecto a las líneas promisorias, con un 50 % de afectación, lo que la clasifica como poco susceptible. De otro modo en [laa](#) misma Figura 30 se puede observar que la línea [masmás](#) resistente fue CD-19-011 con un 17 % de afectación en el cultivo, lo que la caracteriza como resistente al ataque de roya de la hoja. Las otras líneas presentaron 23 %, 33 % y 42 % de afectación, respectivamente como se muestra en la Figura 30.

Figura 17.

Severidad del ataque de roya de la hoja (Puccinia hordei) en cebada desnuda (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



Como se mencionó anteriormente la línea CD-19-011 fue la que se caracterizó por ser la más resistente frente al ataque de roya de la hoja, lo que se asemeja a los resultados de la investigación de Pallo (2022), donde, la misma línea presenta un porcentaje similar, siendo 18 % y así también se encuentran una similitud en la línea CD-19-010 donde su porcentaje de afectación fue de 43 %, lo que se asemeja a lo obtenido en esta investigación que fue de 42 % en la misma línea.

De la misma manera en la investigación de Realpe (2022), menciona que entre las variedades con mayores afectaciones con esta enfermedad fue INIAP-Atahualpa 92 con un 70 % de afectación, lo cual la caracteriza como moderadamente susceptible, con uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeadas por áreas cloróticas.

4.16. Mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*)

Los resultados del análisis de varianza para la variable Mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) arrojaron que existen diferencias significativas entre los materiales. En la Tabla 22 se muestra los valores de F y P.

Tabla 22.

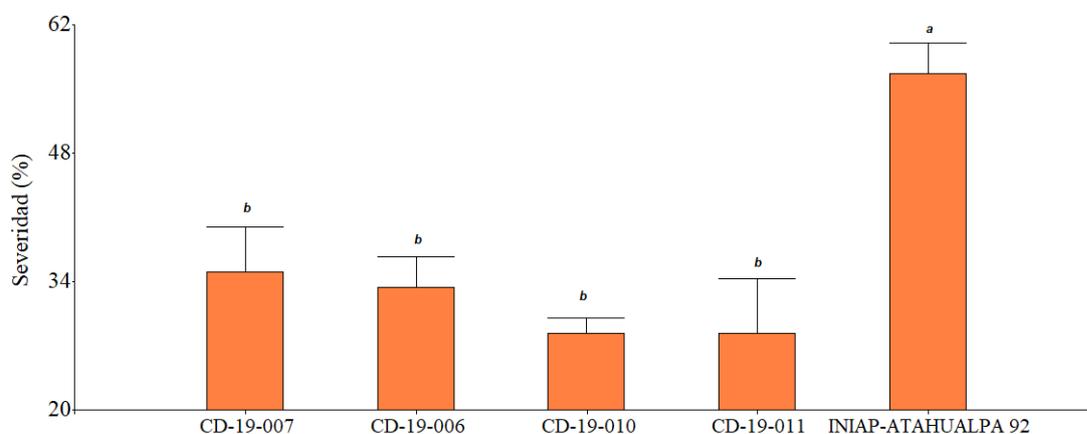
*Análisis de varianza para la variable Mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) en cebada desnuda*

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Líneas	2	4	8.02	0.0067

Además, con la prueba LSD de Fisher al 5 % de significancia, se pudo apreciar que la variedad mejorada fue la que mayor afeción tuvo, con un 57 % de ataque de esta enfermedad y las que presentaron menor afectación, fueron las líneas CD-19-010 y CD-19-011 con un 28 % de afectación cada una, la línea CD-19-006 tuvo un 33 % de afectación y finalmente la línea CD-19-007 presento un 35 % de afectación por esta enfermedad, así como se muestra en la Figura 31.

Figura 18.

*Severidad del ataque de mancha foliar (*Rhynchosporium secalis*) en cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.*



Como se muestra en la figura todos los materiales fueron afectados por la enfermedad, lo que queda en desacuerdo con la investigación realizada por Flores (2023), en la que los materiales puestos en estudio no hubo afectaciones por esta enfermedad y tomando en cuenta que se realizó en la misma zona, pero en diferentes periodos de tiempo, queda en claro que estas enfermedades se desarrollan dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

Por otro lado, en el manual de cereales enfocado a cebada de Ponce et al. (2020) asegura que la variedad INIAP-Atahualpa 92 es tolerante al ataque de la enfermedad, lo que pone en total desacuerdo con los datos obtenidos, ya que en esta investigación esa variedad fue la que mayor afectación tubo por la enfermedad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las líneas promisorias tuvieron mejores características agromorfológicas frente a la variedad mejorada, siendo la línea CD-19-010 la que resalto en las variables habito de crecimiento por la disposición de las hojas y días al espigamiento por ser la más precoz.
- Los porcentajes de afectación por las enfermedades evaluadas se reflejaron en la variedad mejorada INIAP Atahualpa 92, demostrando de esta manera que la variedad mejorada es susceptible en las condiciones agroclimáticas de Chaltura.
- Las líneas promisorias fueron las que obtuvieron las mejores cualidades en cuanto a rendimiento y calidad del grano, siendo la línea CD-19-011 la que sobresalió y superó a la variedad mejorada.

5.2 Recomendaciones

- La preparación del terreno cumple una función para el desarrollo de las plantas, por lo cual se debe realizar una buena remoción del suelo y así garantizar el crecimiento de las plantas.
- Para evitar el ataque de enfermedades es necesario tener el control de humedad en el suelo para no formar condiciones agroclimáticas que ayuden a la proliferación y posterior ataque de las enfermedades evaluadas.
- Realizar riegos periódicos en la fase de llenado del grano para obtener los mejores rendimientos y calidad de grano. Por otro lado, la cosecha se debe hacer cuando el grano ha llegado a madurez fisiológica en su totalidad y hay que tener en cuenta las condiciones climáticas para que no haya afectaciones en postcosecha.
- Hacer un análisis financiero del cultivo en futuras investigaciones con áreas mayores a la que se estableció en esta investigación y por otro lado enfocarse en la calidad del grano a nivel de laboratorio para tratar de sacar al mercado un nuevo producto a base de cebada.

REFERENCIAS

- AgroSpray. (2022, abril 21). *Plagas enfermedades de la cebada - AgroSpray Blog*. AgroSpray Blog. <https://agrospray.com.ar/blog/enfermedades-de-la-cebada/>
- [Biurrun, R., Lezáun, J., Zúñiga, J., Garnica, I., & Llorens, M. \(2010\). Virus del enanismo amarillo de la cebada. *ita Agrícola*.](#)
- [Box, A. \(2008\). The biology of *Hordeum vulgare* L. *Departament of health and ageing*.](#)
- [Cajamarca, B., & Montenegro, S. \(2015\). "Selección de una línea promisorio de cebada \(*Hordeum vulgare* L\) Bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur Ecuatoriana". *Universidad de Cuenca*, 16.](#)
- [Cámara de la cerveza y de la malta. \(2020\). Los secretos del cultivo de cebada en México. *Cerveceros de México*, 2,3. Obtenido de <https://cervecerosdemexico.com/2020/11/06/secretoscultivocebadamexico/#:~:text=El%20riego%20de%20la%20cebada,elegir%20el%20tipo%20de%20riego>.](#)
- [Carrillo, F., & Minga, F. E. \(2021\). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi. *Polo del Conocimiento*, 6\(1\), 639,640.](#)
- Chugcho Christian Daniel. (2023). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA DESNUDA BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL SECTOR QUEROCHACA [Proyecto de investigación previo para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Ambato.
- [Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua \[ESPAC\]. \(2018\). Información ambiental y tecnificación agropecuaria. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. \[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/Publicacionesespac/%C3%8Dndice%20de%20publicaci%C3%B3n%20ESPAC%202018.xlsx\]\(https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/Publicacionesespac/%C3%8Dndice%20de%20publicaci%C3%B3n%20ESPAC%202018.xlsx\)](#)
- [Falconí, E., Garófalo, J., Llangarí, P., & Espinoza, M. \(2013\). El cultivo de cebada: Guía para la producción de semillas de calidad. *INIAP*.](#)
- 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. *Universidad Central del Ecuador*, 15. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1136/1/T-UCE-0004-2.pdf>

INEC. (2022). *Encuesta de Superficie y producción Agropecuaria Continua*. Quito: Juan Larrea N15-36.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria, (2014). Cebada. *INIAP*, 1.

INTIA. (2017). Guía de Protección Integrada: Cebada. *AGROintegra*, 11,13,15. Obtenido de https://www.agrointegra.eu/images/pdfs/GuadeProteccionIntegrada_CEBADA.pdf

Itacyl. (2018). Roya parda. *Instituto Tecnológico Agrario*. Obtenido de <https://plagas.itacyl.es/roya-parda>

Lahouar, L., Ghairi, F., Elarem, A., Medimagh, S., Ben salem, H., & Achour, L. (2017). Biochemical composition and nutritional evaluation of barley rihane (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of traditional, Complementary, and alternative Medicines*, 310-317.

Landa, G. (2017). Guía de Protección integral: Cebada. *Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local*. Obtenido de https://www.agrointegra.eu/images/pdfs/GuadeProteccionIntegrada_CEBADA.pdf

León, D. (2010). Evaluación del rendimiento de dos variedades y una tradicional de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Tunchi, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Escuela superior politécnica de Chimborazo*, 11,12.

López, P., Guzmán, F., Santos, E., Prieto, F., & Román, A. (2005). Evaluación de la calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum* jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala, México. *Revista Chilena de Nutrición*, 32(3), 5. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/469/46914633010.pdf>

Martínez, C. (2018). Control de malas hierbas en los cultivos de cereal de invierno. *Protección de cultivos*, 2,3. Obtenido de <https://martinezcarras.es/noticia/control-de-las-malas-hierbas-en-los-cultivos-de-cereal-de-invierno>

Martínez, O. (2006). Productividad Forrajera de nuevas líneas de cebada Imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en tres ambientes del Norte de México. *México*.

Orrala, K. (2020). Valoración agronómica de 120 líneas promisoras de cebada cervecera en el Azúcar-Santa Elena. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 16.

Pallo Toapanta, M. C. (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 de Cotopaxi.

Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado de trigo y cebada. *Módulo de capacitación para capacitadores*, 44.

Pérez, T. (2015). Plagas y enfermedades. *Agricultura*. Obtenido de <https://borauhermanos.com/plagas-de-cereales-mayetiola-destructor/>

Ponce-Molina Luis, Garófalo Javier, Campaña Diego, & Noroña Patricio. (2019). Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. In INIAP (Vol. 1, p. 60). Imprenta Ideaz.

Ponce Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., y Cruz, E. (febrero de 2020). La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana: *Instituto nacional de investigaciones agropecuarias*. 7. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>

Proain. (2020). Pulgón verde de la cebada. *Tecnología agrícola*. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/pulgón-verde-de-la-cebada>

Ramírez Olano, R. (2018). Historia de la cebada. *Medium*, 2.

Realpe Cuaspa Marlon Darío. (2022). “EVALUACIÓN DE LAS VARIEDADES MEJORADAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022” [Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Rolando Demanet, Canales, C., & García, J. (31 de enero de 2022). *Engormix*. Obtenido de *Cebada (*Hordeum vulgare* L. ssp. vulgare): Manual de cultivos suplementarios Cap. 4: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/cebada-hordeum-vulgare-ssp-t48897.htm>*

Salvador, C. (2015). Cuéntame Cebada. *fundación Empresas Polar*, 16.

Santoyo. (2004). Guía para el cultivo de Cereales en el Estado de México. 37.

Slafer, G., Molina-Cano, J., Araus, J., y Ramagosa, I. (2002). Barley Science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. *Food Products Press, 12.*

Velasco, Y., Sana, W., y Morillo, A. (2020). Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el municipio de Chivatá Boyacá, Colombia. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 18(2), 2.3.*

Yzarra, W., y Francisco, L. (2011). Manual de observaciones Fenológicas. Lima -Perú: *Ministerio de Agricultura.*

ANEXOS

Anexo 1.

Germinación de cebada desnuda en surcos en la granja experimental La Pradera



Anexo 2.

Evaluación visual de variables cualitativas en cereales con ayuda del personal del INIAP en la granja experimental La Pradera.



Anexo 3.

Riego por aspersión en el cultivo de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera



Anexo 4.

Espigamiento de cebada desnuda en la granja experimental La Pradera



Anexo 5.

Maduración fisiológica de la cebada desnuda en la granja experimental La Pradera



Anexo 6.

Presentación de la evolución del cultivo a los directores y asesores de tesis en la Granja Experimental La Pradera



Anexo 7.

Capacitación de los tesisistas por parte del personal del INIAP en la estación experimental Santa Catalina sobre cereales.

