

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIA Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE
LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO LAS CONDICIONES
DE CHALTURA - IMBABURA**

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

AUTORA:

Cindy Tamara Suarez Méndez

DIRECTORA:

Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PHD

Ibarra - 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA - IMBABURA

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

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte, PHD.

DIRECTOR


FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, 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:	1003927801		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Suarez Méndez Cindy Tamara		
DIRECCIÓN:	El Olivo-Ibarra		
EMAIL:	ctsuarezm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0986100072

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i> L.) BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA - IMBABURA.
AUTOR:	Suarez Méndez Cindy Tamara
FECHA DE APROBACIÓN:	29/07/2024
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniería Agropecuaria
DIRECTOR	Ing. Doris Chalampunte, PHD.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y 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 29 días del mes de julio del 2024

EL AUTOR:

.....

Suarez Méndez Cindy Tamara

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Suarez Méndez Cindy Tamara, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 29 días del mes de julio de 2024



Ing. Doris Chalampunte, PHD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 29 días del mes de julio del 2024

Cindy Tamara Suarez Méndez: SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA - IMBABURA

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

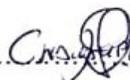
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 29 días del mes de julio del 2024, 62 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Chalampunte, PHD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada bajo las condiciones de Chaltura, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de cebada en condiciones de Chaltura.
- Determinar la severidad de enfermedades de los materiales en estudio.
- Analizar los parámetros de calidad de grano de las líneas promisorias y variedad de cebada.

..........

Ing. Doris Chalampunte, PHD.

Directora de Trabajo de Grado

..........

Suarez Méndez Cindy Tamara

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, por permitirme culminar mis estudios con un buen ambiente estudiantil, excelente personal docente e instalaciones apropiadas. De manera especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, dentro de la cual pude desarrollar y potenciar mis conocimientos, además de conocer a personas extraordinarias y fomentar amistades reales. Un agradecimiento especial para los docentes y personal administrativo, quienes siempre fueron un apoyo incondicional en el transcurso de mi formación profesional, siempre tendré presente sus consejos que me ayudaron a ser mejor.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por brindarme el financiamiento y la posibilidad de formar parte de las investigaciones que realizan como institución. En especial a quienes forman parte del Programa Nacional de Cereales, muchas gracias por siempre guiarme y apoyarme en el transcurso de mi desarrollo investigativo.

Muchas gracias a la Doc. Doris Chalampunte, por ser la conexión que me permitió formar parte del grupo de tesis de INIAP, por su apoyo brindado dentro del desarrollo del ensayo y su gran ayuda como actual directora de tesis, también al Ing. Marcelo Albuja por sus consejos como asesor de tesis. De manera especial a la Ing. María José Romero por su gran apoyo durante el desarrollo de mi investigación, aun cuando ya no tenía el cargo como directora de este trabajo.

A mi familia, por ser siempre ese fuerte seguro donde llegar en mis peores momentos y mi punto de apoyo para lograr todas mis metas propuestas. Al grupo de tesis con el cual desarrollé un buen ambiente de trabajo y aprendí mucho de cada uno de ellos durante el transcurso de este proyecto. De manera especial a todos mis amigos con quienes compartí gran parte de mi vida universitaria y quienes fueron el apoyo en mis mejores y peores momentos dentro de esta fase de mi vida.

Cindy Suarez M.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado de manera principal a Dios, quien me brinda la capacidad intelectual, el valor y la fuerza para siempre lograr mis objetivos de la manera más apropiada.

A mis padres Luis Suarez e Isabel Méndez, que son mi gran apoyo y la principal motivación para superarme más cada día.

A mis hermanos, que siempre están para brindarme sus consejos y apoyo en todas las decisiones que tomo en mi vida. De manera especial para mi sobrino que se convirtió en mi fuente de alegrías y para quien espero a futuro ser un pilar de ejemplo, motivación y confianza en todas las áreas.

Cindy Suarez M.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de investigación	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Generalidades	5
2.1.1 Taxonomía	5
2.2 Producción de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	5
2.3 Morfología de la cebada.....	7
2.4 Fases Fenológicas.....	8
2.4.1 Escala de Zadoks.....	8
2.5 Requerimiento del cultivo	9
2.6 Enfermedades	9
2.6.1 Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> F.).....	10
2.6.2 Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>).....	10
2.6.3 Escaldadura (<i>Rhynchosporium secalis</i> J.).....	11
2.6.4 Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV). 12	
2.7 Parámetros de calidad de grano.....	12
2.8 Marco legal.....	13
CAPÍTULO III.....	14
MARCO METODOLÓGICO.....	14
3.1. Descripción del área de estudio.....	14
3.1.1 Características geográficas y edafoclimáticas del área de estudio.....	14
3.2. Materiales	15
3.3. Métodos.....	16
3.3.1 Factores en estudio.....	16
3.3.2 Diseño experimental	16
3.3.3 Análisis Estadístico	17
3.4 Variables evaluadas.....	18
3.4.1 Porcentaje de emergencia	18
3.4.2 Días al espigamiento	18
3.4.3 Altura de planta.....	18
3.4.4 Número de espigas por m ²	18

3.4.5	Tamaño de espiga	19
3.4.6	Número de granos por espiga	19
3.4.7	Tipo de paja (acame de tallo).....	19
3.4.8	Reacción a enfermedades.....	20
3.4.9	Rendimiento de grano	23
3.4.10	Peso de mil granos	23
3.4.11	Peso hectolítrico.....	23
3.4.12	Tipo de grano	23
3.5	Manejo del experimento.....	24
3.5.1	Selección del lote	24
3.5.2	Preparación del suelo	24
3.5.3	Siembra	25
3.5.4	Densidad de siembra	25
3.5.5	Recomendación de fertilización.....	25
3.5.6	Control de malezas.....	26
3.5.7	Controles fitosanitarios	26
3.5.8	Cosecha.....	26
3.5.9	Trilla.....	26
3.5.10	Almacenamiento	27
CAPÍTULO IV.....		28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1	Comparación del rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de cebada en condiciones de Chaltura.	28
4.1.1	Porcentaje de emergencia	28
4.1.2	Días al espigamiento	29
4.1.3	Altura de planta.....	29
4.1.4	Numero de espigas por m ²	30
4.1.5	Tamaño de espiga	31
4.1.6	Número de granos por espiga	32
4.1.7	Rendimiento de grano	33
4.1.8	Tipo de paja (acame de tallo).....	34
4.2	Determinación de la severidad de enfermedades de los materiales en estudio.....	35
4.2.1	Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).	35
4.2.2	Escaldadura (Rhynchosporium secalis J.).....	36
4.3	Análisis de los parámetros de calidad de grano de las líneas promisorias y variedad de cebada	38
4.3.1	Peso de mil granos	38
4.3.2	Peso hectolítrico.....	39
4.3.3	Tipo de grano	40
CAPÍTULO V.....		42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		42
5.1	Conclusiones.....	42
5.2	Recomendaciones	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		44
ANEXOS		47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clacificación taxonómica de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	5
Tabla 2 Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha	8
Tabla 3 Características del área de estudio	15
Tabla 4 Materiales, insumos, equipos y herramientas	15
Tabla 5 Características de la unidad experimental	17
Tabla 6 Análisis de varianza del experimento	17
Tabla 7 Escala de evaluación de emergencia en cereales	18
Tabla 8 Escala de evaluación de tipo de paja en cereales	19
Tabla 9 Escala modificada de Cobb, para severidad en royas	20
Tabla 10 Escala para determinar el grado de daño por virosis.....	22
Tabla 11 Escala de evaluación para tipo de grano en cebada.....	23
Tabla 12 Porcentaje de emergencia de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	28
Tabla 13 Días al espigamiento de las líneas promisorias y variedad mejorada.....	29
Tabla 14 Número de espigas por m ² en las líneas promisorias y variedad mejorada.....	31
Tabla 15 Tabla de medias para la variable número de granos por espiga en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	33
Tabla 16 Análisis de varianza para la variable escaldadura (<i>Rhynchosporium secalis</i> J.) en (%) de superficie afectada	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Volumen de cebada producida en el mundo entre 2011 y 2021 (en millones de toneladas)</i>	6
Figura 2 <i>Hojas con presencia de roya amarilla</i>	10
Figura 3 <i>Hojas con presencia de roya de la hoja</i>	11
Figura 4 <i>Hojas con presencia de escaldadura</i>	11
Figura 5 <i>Plantas amarillas y enanas con síntomas de virosis</i>	12
Figura 6 <i>Mapa de ubicación de la granja experimental La Pradera, Chaltura - Imbabura</i>	14
Figura 7 <i>DBCA del ensayo</i>	16
Figura 8 <i>Severidad para roya amarilla o lineal</i>	20
Figura 9 <i>Severidad para roya de la hoja</i>	21
Figura 10 <i>Escala de Saari-Prescott (0-9) para evaluar intensidad de las enfermedades foliares</i>	21
Figura 11 <i>Porcentaje de la superficie afectada</i>	22
Figura 12 <i>Delimitación y trazado de las unidades experimentales</i>	24
Figura 13 <i>Siembra de cebada cubierta en el ensayo realizado en la granja experimental La Pradera</i>	25
Figura 14 <i>Trilla de las líneas promisorias y la variedad mejorada de cebada cubierta</i>	26
Figura 15 <i>Secado y almacenado del grano de cebada cubierta</i>	27
Figura 16 <i>Altura de planta de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i> . ..	30
Figura 17 <i>Tamaño de espiga en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i> ...	32
Figura 18 <i>Rendimiento de grano en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	34
Figura 19 <i>Escala de tipo de paja en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	35
Figura 20 <i>Escala de Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV) de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	36
Figura 21 <i>Escala de severidad (0-9) de escaldadura (Rhynchosporium secalis J.) en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	37
Figura 22 <i>Porcentaje de superficie afectada por escaldadura (Rhynchosporium secalis J.) en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	38
Figura 23 <i>Peso de mil granos en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i> ..	39
Figura 24 <i>Peso hectolítrico en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta</i>	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Riego por aspersión del área destinada para el ensayo, previo a la siembra de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	47
Anexo 2 Etapa de germinación de la cebada cubierta.....	47
Anexo 3 Toma de datos para la evaluación de presencia y severidad de enfermedades en cebada cubierta	47
Anexo 4 Evaluación del peso Hectolítrico de cebada cubierta.....	48
Anexo 5 Análisis de suelo del área de estudio establecida en la granja experimental La Pradera	48

**SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)
BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA - IMBABURA**

Cindy Suarez Méndez, Doris Chalampunte

Universidad Técnica del Norte

Programa de Cereales Estación Santa Catalina INIAP

ctsuarz@utn.edu.ec

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el quinto cereal más cultivado, debido a su gran importancia como alimento humano y ganadero, además de tener una gran diversidad de aplicaciones dentro de la industria. En Ecuador su producción no es la más apropiada, debido al uso de semilla que no cumplen con los parámetros de producción adecuados. Actualmente, la Universidad Técnica del Norte apoya los procesos de evaluación de líneas promisorias de cebada cubierta, al Programa de Cereales del INIAP. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una línea mejorada de cebada (INIAP-CAÑICAPA 2003), con la finalidad de valorar el desarrollo de estas líneas en su segundo ciclo de producción bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura. El experimento constó de un diseño de bloques completamente al azar, se evaluaron 12 variables relacionadas con parámetros de adaptación, rendimiento y resistencia a enfermedades. Bajo las condiciones de Chaltura, todas las líneas promisorias presentaron una buena adaptabilidad en relación a la variedad mejorada (INIAP-CAÑICAPA 2003), siendo la línea CMU-19-002 la que mostró mejores resultados presentando 67 días al espigamiento, 442 espigas por m² y 61.67g en peso de mil granos. Mientras que la línea CMU-19-001 presentó un peso hectolítrico de 64.45 kg hl⁻¹, un rendimiento de 3.26 t ha⁻¹ similar a la CMU-19-002 y 18 granos por espigas igual a la línea CD-19-013. En relación a enfermedades todos los materiales presentaron escaldadura, siendo la CD-19-013 la más afectada presentando un 75% de superficie afectada y el BYDV se presentó en menor escala (2=amarillamiento restringido de las hojas) en las líneas promisorias CD-19-004, CD-19-013 y CMU-19-001. Como conclusión, las líneas que mejor se adaptan a la zona de Chaltura, son las líneas CMU-19-001 y CMU19-002, proporcionando un buen rendimiento y resistencia a enfermedades.

Palabras clave: producción, adaptabilidad, comportamiento agronómico.

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is the fifth most cultivated cereal, due to its great importance as human and livestock food, in addition to having a great diversity of applications within the industry. In Ecuador, its production is not the most appropriate, due to the use of seeds that do not meet the appropriate production parameters. Currently, the Universidad Técnica del Norte supports the evaluation processes of promising lines of covered barley, to the INIAP Cereal Program. The objective of the present research was to evaluate the agronomic behavior of four promising lines and an improved line of barley (INIAP-CAÑICAPA 2003), with the purpose of evaluating the development of these lines in their second production cycle under the conditions of Chaltura- Imbabura. The experiment consisted of a completely randomized block design, 12 variables related to adaptation parameters, performance and disease resistance were evaluated. Under Chaltura conditions, all the promising lines presented good adaptability in relation to the improved variety (INIAP-CAÑICAPA 2003), with the CMU-19-002 line being the one that showed the best results, presenting 67 days to heading, 442 ears per m². and 61.67g in thousand grain weight. While the CMU-19-001 line presented a hectoliter weight of 64.45 kg hl⁻¹, a yield of 3.26 t ha⁻¹ similar to the CMU-19-002 and 18 grains per spike equal to the CD-19-013 line. In relation to diseases, all the materials presented scald, with CD-19-013 being the most affected, presenting 75% of the affected surface, and BYDV occurred on a smaller scale (2 = restricted yellowing of the leaves) in the promising lines CD- 19-004, CD-19-013 and CMU-19-001. In conclusion, the lines that best adapt to the Chaltura area are the CMU-19-001 and CMU19-002 lines, providing good performance and resistance to diseases.

Keywords: production, adaptability, agronomic behavior.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta monocotiledónea de carácter anual, esta planta pertenece a la familia de Poaceae. Basándose en registros de investigación la cebada es considerada dentro de los cereales, como el más antiguo en ser cultivado por el hombre, siendo procedente de dos centros de origen que están situados en el sudeste de Asia y África septentrional (Bernardi, 2019).

La cebada es a nivel mundial el cuarto cereal más cultivado debido a su gran importancia dentro de la alimentación tanto animal como humana, además de tener una amplia adaptación ecológica y una gran diversidad de aplicaciones dentro de la industria. En el Ecuador la cebada es uno de los principales cereales que se encuentra dentro de la canasta básica familiar en la región Sierra, debido a su alto valor proteico y valor ancestral dentro de varias comunidades según menciona (Ponce et al., 2020).

El cultivo de la cebada se viene desarrollando en el país desde el tiempo de la conquista española, su cultivo se desplegó después del cultivo del maíz, pero antes de que se ponga en práctica el cultivo de trigo. La razón que motivó a las personas a dedicarse al cultivo de la cebada, fue la necesidad de tener forraje que sirviera para la alimentación de los caballos. En el año 2011, la cebada se consideraba como el cereal con mayor distribución dentro de la región interandina, con 12 844 unidades de explotación dedicadas al cultivo. Cabe recalcar que dentro de las unidades de explotación antes mencionadas no se incluyen a los productores que tienen pequeñas superficies dedicadas al cultivo de la cebada con finalidad de darle un uso, así como también un consumo familiar (Jiménez, 2011).

Actualmente el programa de cereales del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP) dentro de los planes de desarrollo agrícola, han liberado algunas variedades que tienen alta productividad, además de realizar capacitaciones a los productores para que sepan y pongan en práctica la forma apropiada de llevar un correcto manejo del cultivo (Jiménez, 2011).

Cada año el programa de cereales del INIAP, se enfoca en evaluar desde 500 a 1000 nuevos materiales de cebada, con la finalidad de conseguir germoplasmas con mejores características referentes a precocidad, resistencia a enfermedades, rendimiento y calidad, para lograr cubrir con las necesidades de productores y consumidores del Ecuador (Ponce et al., 2020).

En la primera fase de evaluación realizada por Vivas (2024), en la granja experimental La Pradera, perteneciente a Chaltura-Imbabura. Los resultados obtenidos determinaron que la línea que presentó un buen desempeño agronómico fue la línea promisorio CMU-10-001, la cual superó en algunos aspectos (vigor, altura de planta, tipo de paja, peso hectolítrico y rendimiento de grano) a la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003. En relación a enfermedades, la misma línea promisorio y la línea CD-19-013 presentaron susceptibilidad a la roya.

1.2 Problema de investigación

En el Ecuador, la producción de cebada no se desarrolla de la manera más apropiada, debido a que esta actividad es realizada por pequeños productores que no tienen el conocimiento apropiado ni el presupuesto para realizar una producción más tecnificada. La principal problemática es la semilla con la que los productores trabajan, ya que esta no es la más sana ni la que brinda mayor rendimiento. Pues su valor genético se va reduciendo en relación a cada cultivo (Lasluisa, 2022).

Uno de los principales problemas que tienen los productores de cebada es que las variedades locales con el paso del tiempo se han vuelto muy susceptibles a enfermedades, siendo difícil y costoso controlarlas. Además, las variedades de cebada que se presentaron como resistentes a enfermedades actualmente también van perdiendo su resistencia, debido a que las enfermedades se adaptan para poder sobrevivir, esto causa pérdidas en el rendimiento del cultivo y en su calidad (Ponce et al., 2021).

1.3 Justificación

Con base en los estudios que se han realizado anteriormente relacionados con la caracterización de germoplasma de la cebada en diferentes regiones del mundo, se ha podido confirmar la variabilidad genética que tiene la cebada y como esto influye en distintas características que están asociadas con el rendimiento que tiene el grano de cada variedad. Además, se ha logrado recopilar información sobre cuál es la influencia que tienen los factores ambientales en el desarrollo y producción de la cebada (Ponce et al., 2019).

Actualmente el programa de cereales del INIAP cuenta con germoplasma mejorado, el cual se encuentra en fase de evaluación en diferentes campos experimentales donde las condiciones climáticas son diferentes. Entre los germoplasmas mejorados, principalmente, se dispone de líneas promisorias que son provenientes de cruzamientos realizados entre material local y material foráneo. La finalidad de estas líneas promisorias es que sean evaluadas y seleccionadas en campos de productores para posteriormente lanzarlas como nuevas variedades las cuales deben cumplir con los requerimientos y necesidades de calidad, productividad y resistencia (Ponce et al., 2021).

Es por esta razón, que se siguen desarrollando investigaciones que permitirán conocer cuáles son las variedades más apropiadas para su explotación. Tomando en cuenta los beneficios que brindarán a los productores, siendo variedades que se adapten con mayor facilidad a distintas zonas sin reducir su nivel de producción y la calidad de su grano, el cual servirá para consumo e industrialización. Con la finalidad de lograr que los agricultores mejoren su estilo de vida y tengan mayor interés en realizar la producción de cebada, mejorando sus costumbres de producción, esto con la ayuda de técnicos que brinden asesoramiento continuo de cómo manejar correctamente la variedad cultivada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de cebada en condiciones de Chaltura.
- Determinar la severidad de enfermedades de los materiales en estudio.
- Analizar los parámetros de calidad de grano de las líneas promisorias y variedad de cebada.

1.5 Hipótesis

Ho: Las cuatro líneas promisorias y la variedad de cebada no presentan diferencias en su comportamiento agronómico.

Ha: Al menos una de las cuatro líneas promisorias y la variedad de cebada presenta diferencias en su comportamiento agronómico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es conocida como uno de los principales cultivos fundadores de la agricultura del viejo mundo conjuntamente con el maíz y el trigo (Castañeda et al, 2004). Según Cajamarca y Montenegro (2015) el centro de origen de la cebada es al Sureste de Asia, particularmente en sectores pertenecientes al Medio Oriente y África septentrional.

La cebada como se mencionó anteriormente, es una planta monocotiledónea de carácter anual que en el Ecuador se desarrolla en las zonas altas. Es un alimento que tiene gran importancia para la alimentación y subsistencia del campesino (Basantes, 2015).

2.1.1 Taxonomía

A continuación, se describe la clasificación de la cebada según, Cajamarca y Montenegro (2015) (tabla 1):

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la cebada (Hordeum vulgare L.)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>H. vulgare</i>
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre común	Cebada

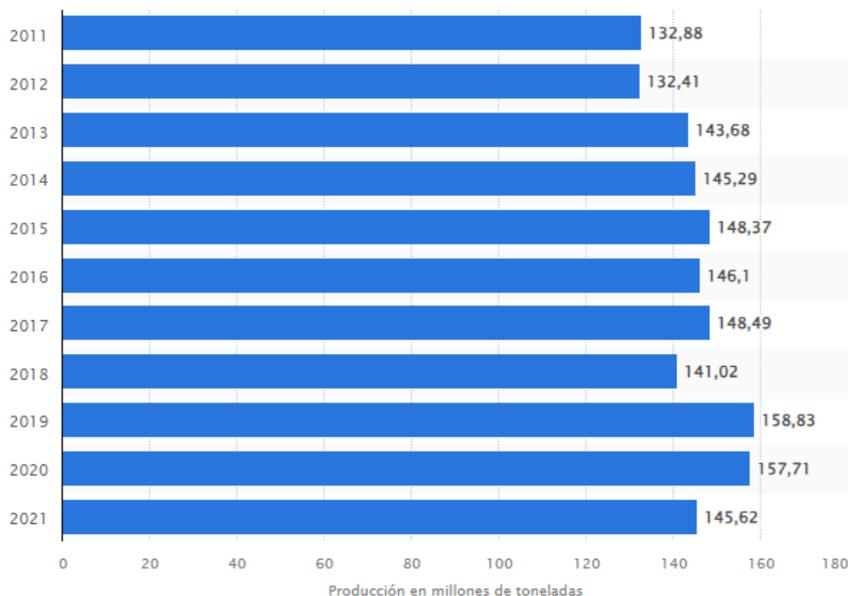
2.2 Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

En base a los datos estadísticos presentados por Orús (2023), relacionados con la producción mundial de la cebada (figura 1), se puede determinar que en el año 2021 existe un decrecimiento de aproximadamente 12 millones de toneladas, en relación al volumen de

producción obtenido durante el anterior año. Según Ponce-Molina et al., (2020), la producción de cebada a nivel mundial depende más de un tema cultural que económico, ya que tiene gran importancia en la alimentación y el consumo de bebidas de malta. Razón por la cual su volumen de producción aumenta o decrece en base al consumismo de cada país.

Figura 1

Volumen de cebada producida en el mundo entre 2011 y 2021 (en millones de toneladas)



Fuente: Orús. (2023)

En el Ecuador, la cebada está dentro del rubro de seguridad alimentaria, debido a que principalmente se la usa para el consumo humano. Este cereal se encuentra formando parte de la canasta básica familiar de los agricultores en la región interandina. Según (Ponce-Molina et al., 2020) en base a los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el 2018, la cebada a nivel nacional ocupa una superficie de cultivo de 10 124 hectáreas, las cuales proporcionan una producción anual de 13 674 toneladas. Después de dos años (Ponce-Molina et al., 2022), menciona que en base a los datos proporcionados por el INEC en el año 2020, la cebada a nivel nacional presenta 11 115 hectáreas cultivadas, con una producción anual de 14 107 toneladas.

2.3 Morfología de la cebada

- **Raíz:** La cebada tiene un sistema radicular fasciculado, este fibroso y no alcanza una gran profundidad si se lo compara con otros cereales, por lo general puede alcanzar una profundidad de 50cm, pero si se encuentra en condiciones favorables puede llegar hasta 1 m de profundidad (Jiménez, 2011). La profundidad que logran alcanzar las raíces de la cebada, están en función al tipo de preparación que se le haya dado al suelo, la profundidad de siembra, condiciones del suelo, humedad y condiciones climáticas (Rember et al., 2020).
- **Tallo:** Este tiene una apariencia de una caña hueca alargada, y tiene dos estructuras que son los nudos y entrenudos, en la cebada la altura del tallo varía según la variedad, pero esta puede ser desde los 0.50 m y 1 m (Sánchez y Claudio, 2011). En la planta generalmente hay entre seis y siete entrenudos, pero puede llegar a observarse hasta 10 u 11 entrenudos, el diámetro de los entrenudos disminuye a medida que se acerca a la parte superior de la planta. El pedúnculo es considerado la última parte del tallo y se encuentra entre el entrenudo y el collar que marca la transición hacia el raquis en la espiga (Guañuna, 2014).
- **Hojas:** Estas son de color verde claro y estrechas, se desarrollan a partir de los nudos del tallo, presentándose en dos hileras, y de forma alternada. Se encuentran formadas por diversas estructuras como: vaina, lámina, collar, lígula y aurículas (Perez, 2010).
- **Inflorescencia:** Estas son las espigas, que se presentan de forma compactadas y habitualmente barbadas. Las flores se agrupan de 2 a 12 conjuntos (Lasluisa, 2022). Las flores de la cebada se encuentran agrupadas para formar una espiga, esta tiene un eje central o raquis que está formado por una sucesión de nudos, a partir de cada uno de los cuales se desarrollan tres espiguillas (León, 2010).
- **Grano:** Es una cariósipide que tiene las glumillas adheridas exceptuando el caso de la cebada desnuda. La semilla viene a formar parte del fruto en donde las paredes del pericarpio y la cubierta seminal o testa se halla unidas (Quelal, 2014).

2.4 Fases Fenológicas

Para la producción o investigaciones de cereales, es de gran importancia conocer la fase en que se encuentra el cultivo, debido a que este puede ser mayor o menor dependiendo la zona de producción, el piso altitudinal y las condiciones climáticas. En el programa de cereales del INIAP, para conocer la etapa en la que se encuentra el cultivo de cebada, la principal herramienta que emplean y sugieren a los productores de cereales, es la escala de Zadoks (tabla 2) debido a que esta escala detalla de forma clara y explícita cada una de las etapas de desarrollo del cultivo (Ponce-Molina, 2019).

2.4.1 Escala de Zadoks

La escala de Zadoks (tabla 2) es fundamental dentro de los conocimientos de los productores de cereales, ya que con base en este criterio se realizarán las evaluaciones de los parámetros que son necesarios para la selección de un germoplasma que tenga las características requeridas para tener un cultivo de excelente calidad. Para evaluar estas variables no se debe tomar en cuenta los días transcurridos después de la siembra, sino que se deben considerar las fases de desarrollo del cultivo.

Tabla 2

Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha

0	Germinación
7	Emergencia del coleóptilo
9	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollage
21	Un tallo principal y macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
30	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable

37	Hoja bandera visible
39	Lígula de hoja bandera visible
40	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles
50	Emergencia de la Inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis complete
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

Fuente: Ponce-Molina. (2019)

2.5 Requerimiento del cultivo

La cebada es un cultivo que se siembra a partir de los 2400 a 3500 m.s.n.m. Este requiere de 500 a 700 mm de precipitación durante el ciclo y la temperatura promedio requerida esta entre 10 a 20 ° C. Se adapta a todo tipo de suelo siempre y cuando sean profundos, bien drenados, para evitar encharcamiento, y así se desarrollen adecuadamente sus raíces. Tolera un pH de 5.6- 7.5 (Peñaherrera, 2011).

2.6 Enfermedades

En el Ecuador, dentro del cultivo de cereales, las enfermedades más limitantes son consideradas las royas (*Puccinia striiformis* F.) y (*Puccinia hordei*), debido a que se caracterizan por ser un patógeno policíclico que tiene la capacidad de mutar con gran facilidad. Otras enfermedades de gran importancia son: *Fusarium sp*, virus del enanismo

amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV), escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.), etc. A continuación, se detallan las principales enfermedades que se presentan en el cultivo de cebada.

2.6.1 *Roya amarilla* (*Puccinia striiformis* F.)

Esta es una enfermedad producida por el hongo *Puccinia striiformis*, el cual puede atacar tanto al follaje como a la espiga. Esta enfermedad se caracteriza por tener un color amarillo y su crecimiento es rectilíneo o estriado el cual va en dirección a las nervaduras de las hojas (figura 2). Las condiciones ambientales que son favorables para su desarrollo son las temperaturas entre 10 y 15°C y agua libre durante un periodo de 6 horas o más (Ponce-Molina, 2019).

Figura 2

Hojas con presencia de roya amarilla



2.6.2 *Roya de la hoja* (*Puccinia hordei*)

La roya de la hoja es una enfermedad que se presenta en la cebada y es producida por el hongo *Puccinia hordei* Otth. Esta enfermedad es la más común de las royas provocando en la planta afectada una producción con menor número y peso de granos. Además, se observa principalmente en zonas templadas (Gassen, 2024). Las condiciones ambientales que son favorables para su desarrollo son las temperaturas entre 10 y 15°C y agua libre durante un periodo de 6 horas o más. La roya de la hoja se caracteriza porque tiene las pústulas de forma circular o ligeramente elíptica y su distribución en la hoja no sigue ningún patrón, el color que presentan las pústulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado (figura 3) (Ponce-Molina, 2019).

Figura 3

Hojas con presencia de roya de la hoja



2.6.3 Escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.)

La escaldadura es una de las principales manchas foliares que se pueden observar en los cereales y se puede transmitir por medio de la semilla, razón por la cual siempre es recomendable el uso de semillas de calidad. Esta enfermedad ataca a todos los órganos de la planta, se presenta como manchas ya sean aisladas o agrupadas, las mismas que tienen forma romboidal y presentan un color que va de verde oliváceo claro a verde grisáceo (figura 4). Las condiciones ambientales que son favorables para su desarrollo por lo general son el clima fresco cuando las temperaturas se encuentran entre 10 y 15°C y este es prolongadamente húmedo y nublado, altas precipitaciones seguidas de días parcialmente nublados (Ponce-Molina L., 2019).

Figura 4

Hojas con presencia de escaldadura



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

Esta enfermedad es probablemente la virosis de los cereales que tiene mayor distribución en el mundo, es causada por virus que son diseminados mediante un vector que en este caso son áfidos de varias especies. Puede producir enanismo en las plantas por falta de elongación de los entrenudos, una pérdida de color en las hojas (figura 5). Las condiciones ambientales que son favorables para su desarrollo son una alta intensidad de luz, bajas precipitaciones o sequías prolongadas, zonas cálidas y temperaturas frescas que varían entre 15 y 20 °C (Ponce-Molina L., 2019).

Figura 5

Plantas amarillas y enanas con síntomas de virosis



2.7 Parámetros de calidad de grano

La calidad que presenta la cebada cervecera, depende principalmente del genotipo, el ambiente y la interacción que existe entre estos dos factores. Pues el cultivo de una misma variedad, puede presentar niveles productivos y características de calidad distintas, dependiendo del ambiente en que se desarrolle y el manejo agronómico que haya recibido durante su cultivo (Moreyra, 2016).

En la actualidad, el principal destino del cultivo de cebada, es para su uso como malta en la industria cervecera. Esta industria para recibir el producto, exige ciertos parámetros que están contemplados dentro de la Norma de comercialización de cebada cervecera, entre ellos destaca el tamaño de grano que debe tener un calibre mayor a 2.5mm, un buen porcentaje de germinación superior al 95% y el porcentaje de proteína en sustancia seca, el cual debe oscilar entre 9.5% y 13% (Zalba, 2023).

Para obtener un producto final de calidad, es de gran importancia que la cebada presente estos parámetros, pues de ello depende el éxito su industrialización. Del tamaño del grano depende la disponibilidad de almidón, del porcentaje de emergencia dependerá el correcto proceso de malteo y el porcentaje de proteína influirá directamente en las características organolépticas del producto final. Otro parámetro de importancia es la humedad del grano, la cual debe estar en el rango de 12% a 13% para evitar que se generen hongos durante el proceso de industrialización (Castro, 2023).

2.8 Marco legal

La presente investigación se encuentra dentro del Plan Nacional de Creación de Oportunidades 2021-2025 del Estado Ecuatoriano, haciendo referencia al Objetivo 3 que “fomenta la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”, teniendo como finalidad como finalidad promover la igualdad en oportunidades a nivel agrícola, acuícola, pesquero y de infraestructura para todos.

La Asamblea Nacional promueve La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, 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.

CAPÍTULO III

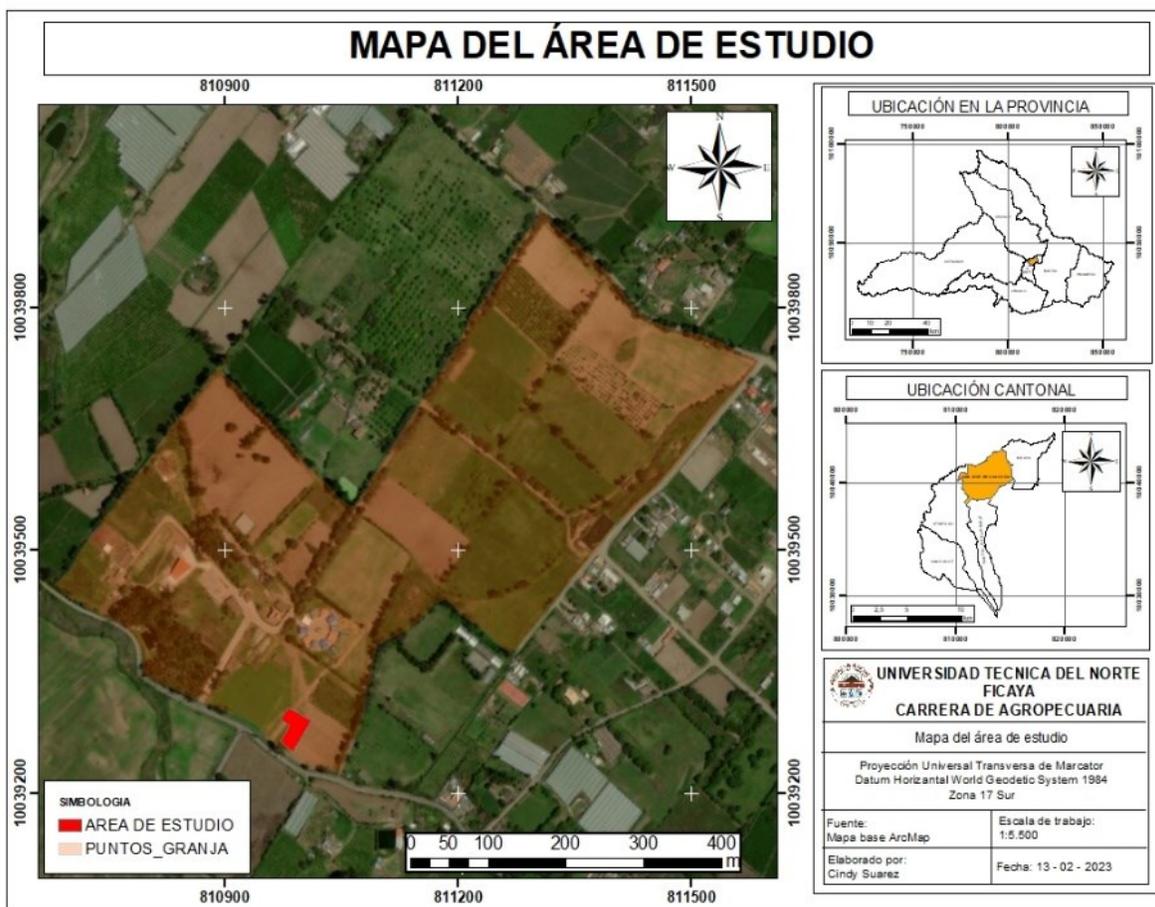
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

El ensayo de la presente investigación se realizó en una parcela perteneciente a la granja experimental La Pradera ubicada en la parroquia San José de Chaltura (figura 6).

Figura 6

Mapa de ubicación de la granja experimental La Pradera, Chaltura - Imbabura



3.1.1 Características geográficas y edafoclimáticas del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San José de Chaltura (tabla 3).

Tabla 3*Características del área de estudio*

Descripción	Características
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Zona de estudio	Granja Experimental La Pradera
Altitud	2350 m s.n.m
Latitud	00° 21'32.31'' Norte
Longitud	78° 12'15.02'' Oeste
Temperatura	16.4°C
Precipitación	600 a 750 mm
Humedad relativa	68.9%
Tipo de suelo	Franco

Fuente: Gobierno municipal de Antonio Ante. (2022).

3.2. Materiales

Para llevar a cabo el ensayo de la investigación es necesario el uso de los correcto materiales, equipos, insumos y herramientas, para así garantizar un correcto manejo y cumplimiento del proceso de investigación (tabla 4).

Tabla 4*Materiales, insumos, equipos y herramientas*

Materiales	Insumos	Equipos y herramientas
Computadora	Semillas de 4 líneas promisorias y 1 variedad de cebada	Motocultor
Cámara fotográfica		Estacas
Libro de campo	Fertilizantes	Cinta métrica
Lápiz		Piola
		Letreros
		Herramientas de campo

3.3.Métodos

Para determinar el comportamiento agronómico de las líneas promisorias de cebada bajo las condiciones de Chaltura, se aplicó una metodología comparativa para conocer la línea que mejor se adapte en esta zona.

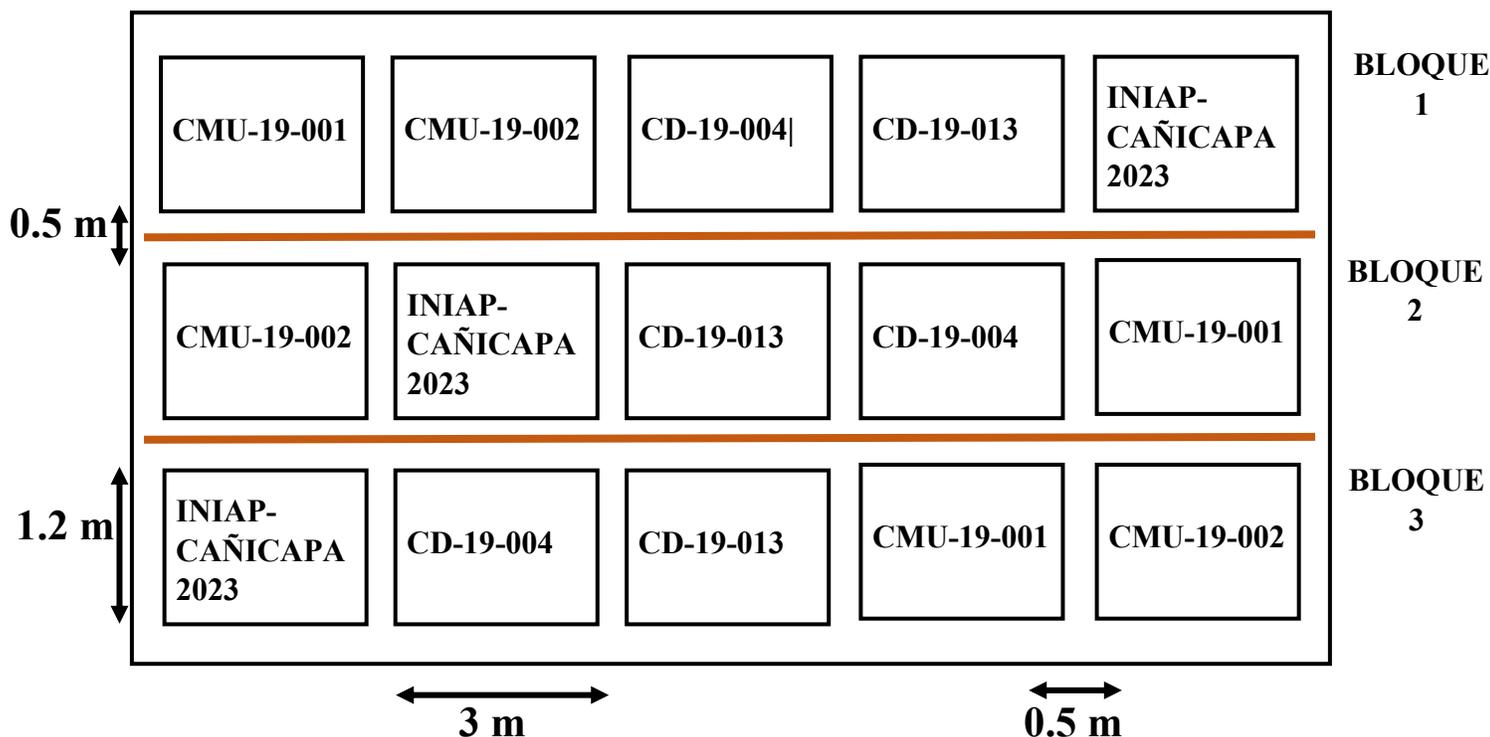
3.3.1 Factores en estudio

En la presente investigación el factor en estudio fue las cuatro líneas promisorias de cebada cubierta (CMU-19-001, CMU-19-002, CD-19-004, CD-19-013) y una variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003, que fueron proporcionadas por el INIAP.

3.3.2 Diseño experimental

El experimento fue implementado bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones (figura 7).

Figura 7
DBCA del ensayo



3.3.2.1 Características del experimento

Para el desarrollo del estudio a continuación se muestran las características del experimento.

- Factor en estudio: 4 líneas promisorias y 1 variedad de cebada
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 15
- Área total del ensayo: 89.25 m²
- Distancia entre bloques: 1 m
- Distancia entre unidad experimental: 0.5 m

3.3.2.2 Características de la unidad experimental

Se contó con un total de 15 unidades experimentales de la cuales cada una presentó las siguientes dimensiones (tabla 5).

Tabla 5

Características de la unidad experimental

Datos	Descripción	Medidas
Parcela neta	3 m x 1.2 m	3.6 m ²
Parcela bruta	3.5 m x 1.7 m	5.95 m ²
Área neta		54 m ²
Área bruta		89.25 m ²
Densidad de siembra por unidad experimental		54 g
Distancia entre surcos		0.15 m

3.3.3 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat versión 2022, con un análisis de varianza (ADEVA) con pruebas de media LSD Fisher ($\alpha=0.05$) si las variables cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (tabla 6). De lo contrario se utilizó análisis de varianza de datos no paramétricos pruebas Friedman.

Tabla 6

Análisis de varianza del experimento

Fuente de variación	Fórmula	G. L
Bloques	(B-1)	2
Líneas de cebada	(A-1)	4
Error	(A-1)(B-1)	8
Total	AB-1	14

3.4 Variables evaluadas

Ponce-Molina (2019) en su manual describe los parametros mas importantes para realizar la evaluación y selección de cereales, mismos que se tomaron en cuenta para la evaluación de las variables en la presente investigación.

3.4.1 *Porcentaje de emergencia*

La evaluación se realizó de manera visual, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes como muestra la tabla 7. Este parámetro fue evaluado en la etapa de desarrollo Z12 o Z13 según la escala de Zadoks (dos o tres hojas desarrolladas).

Tabla 7

Escala de evaluación de emergencia en cereales

Escala	Descripción
Buena	81-100% plantas germinadas
Regular	60-80% plantas germinadas
Malo	< 60% plantas germinadas

Fuente: Ponce-Molina. (2019)

3.4.2 *Días al espigamiento*

Se evaluó de manera visual, estimando el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de espigas de cada parcela aparezcan en su totalidad. Este parámetro fue evaluado cuando la planta presento la etapa Z55 (mitad de la inflorescencia emergida), según la escala de Zadoks.

3.4.3 *Altura de planta*

La evaluación se realizó, midiendo en centímetros desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga sin tomar en cuenta las aristas, este dato se tomó seleccionando una planta al azar en la parte central de la parcela, cuando la planta se encontraba en la etapa Z91 (cariópside dura – difícil de dividir) según la escala de Zadoks.

3.4.4 *Número de espigas por m²*

Esta variable se evaluó en la etapa Z91 (cariópside dura – difícil de dividir) según la escala de Zadoks. Se designó en la parte central de cada parcela 1 m² con la ayuda de un cuadrante de 1m x 1m, en el cual se procedió a contar el número de espigas presentes.

3.4.5 *Tamaño de espiga*

La evaluación se realizó, midiendo en centímetros desde la base de la espiga hasta el extremo de la misma sin tomar en cuenta las aristas, para ello se tomó al azar 10 espigas dentro de cada unidad experimental y se promedió su tamaño. Este parámetro fue tomado en la etapa Z92 (cariópside dura – no se marca la uña) según la escala de Zadoks.

3.4.6 *Número de granos por espiga*

La evaluación fue realizada de manera visual, se tomó 10 espigas al azar, posteriormente se realizó el conteo manual del número de granos llenos que tiene cada espiga y se estimó un promedio. Esta variable fue tomada según la escala de Zadoks en la etapa Z92 (cariópside dura – no se marca la uña).

3.4.7 *Tipo de paja (acame de tallo)*

La evaluación se realizó de manera visual, expresándolo en una escala del 1 al 3 según muestra la tabla 8, estimando la resistencia y flexibilidad que tiene el tallo de la planta en relación al viento y acame. Este parámetro fue evaluado cuando el desarrollo del cultivo se encontraba en la etapa Z91 (cariópside dura – difícil de dividir) según la escala de Zadoks.

Tabla 8
Escala de evaluación de tipo de paja en cereales

Escala	Nomenclatura	Descripción	Imagen
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 acame.	
3	Tallo débil	Tallos delgados e inflexibles, que no soportan el viento y el acame.	

Fuente: Ponce-Molina L. (2019)

3.4.8 Reacción a enfermedades

La evaluación se realizó en dos estados de desarrollo fenológico de la planta, la primera evaluación fue en la etapa Z37 y Z39, mientras que la segunda se realizó en la etapa Z55 y Z59. Para este parámetro se observó la severidad de las enfermedades en las cuatro hojas superiores incluyendo a la hoja bandera, según la escala propuesta para cada enfermedad.

3.4.8.1 Royas

La evaluación se realizó, cuantificando la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejidos dañados, para este parámetro se empleó la escala modificada de Cobb que se muestra en la tabla 9.

Tabla 9
Escala modificada de Cobb, para severidad en royas

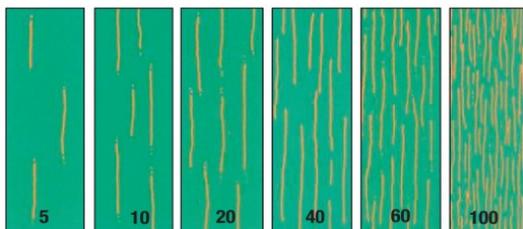
Porcentaje	Reacción	Descripción
5	0	Ningún síntoma visible en la planta.
10	R	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias.
20	MR	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
40	M	Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos.
60	MS	Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis.
100	S	Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

Fuente: Ponce-Molina L. (2019)

- Roya amarilla (*Puccinia striiformis* F.)

Se caracteriza por tener un color amarillo y un crecimiento rectilíneo o estriado paralelo a las nervaduras de las hojas, como se muestra en la figura 8 la cual ayuda a identificar la presencia de esta enfermedad en campo.

Figura 8
Severidad para roya amarilla o lineal



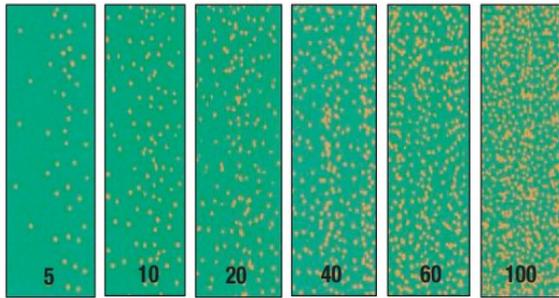
Fuente: CIMMYT (2019)

- Roya de la hoja (*Puccinia hordei*)

Se caracteriza por presentar pústulas en forma circular o ligeramente elípticas, que tienen un color que fluctúa entre anaranjado y café anaranjado y se distribuyen de forma dispersa sin presentar ningún patrón como se observa en la figura 9.

Figura 9

Severidad para roya de la hoja



Fuente: CIMMYT (2019)

3.4.8.2 Escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.)

Para la evaluación se empleó la escala de Doble Dígito de Saari-Prescott (0-9), en el cual se representa el avance vertical que tiene la enfermedad en la planta (figura 10) y una estimación de la gravedad del daño que la enfermedad causó en la planta, la cual esta expresada en porcentaje (figura 11).

Figura 10

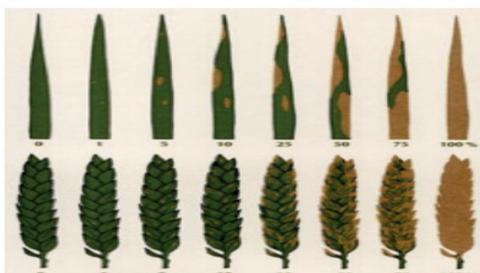
Escala de Saari-Prescott (0-9) para evaluar intensidad de las enfermedades foliares



Fuente: Stubbs (1986)

Figura 11

Porcentaje de la superficie afectada



Fuente: Stubbs (1986)

3.4.8.3 Virus del enanismo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)

La evaluación se realizó de forma visual, utilizando la escala descrita por Schaller y Qualset (1980) (tabla 10), para determinar el grado de daño por virosis.

Tabla 10

Escala para determinar el grado de daño por virosis

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

Fuente: Ponce-Molina (2019)

3.4.9 Rendimiento de grano

Para este parámetro, se debe tomar en cuenta que el grano presente una humedad del 13% y esté libre de impurezas. Se pesó en gramos el total de la producción obtenida de cada unidad experimental y posteriormente se transformó a kg ha^{-1} , para así obtener el valor estimado de rendimiento del cultivo.

3.4.10 Peso de mil granos

De la producción obtenida de cada unidad experimental se tomó 1000 granos al azar y cada muestra obtenida fue pesada en una balanza electrónica.

3.4.11 Peso hectolítrico

Para evaluar esta variable, el peso debe ser estimado en kilogramos por hectolitro (kg hl^{-1}), para ello se empleó una balanza para peso específico o hectolítrico, realizando tres mediciones al azar de cada unidad experimental para sacar un promedio, esta variable se evaluó en postcosecha dentro de las instalaciones del INIAP.

3.4.12 Tipo de grano

La evaluación se realizó de forma visual, cuando el grano estaba totalmente seco y libre de impurezas, expresándolo según la escala propuesta por el Programa de Cereales del INIAP, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11
Escala de evaluación para tipo de grano en cebada

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

Fuente: Ponce-Molina (2019)

3.5 Manejo del experimento

Para llevar a cabo el experimento de la manera más apropiada, se realizaron las siguientes actividades para garantizar el correcto desarrollo del cultivo.

3.5.1 Selección del lote

El lote que se seleccionó para el ensayo fue lo más plano posible y sin presencia de árboles que influyan en el desarrollo del cultivo. Se consideró que este sea un lote en el cual no se haya realizado el cultivo de ningún cereal en el ciclo anterior. Este lote fue seleccionado dentro de la granja experimental La Pradera.

3.5.2 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó con un mes de anticipación. Las actividades realizadas fueron: una aplicación de herbicida para el control de malezas, al faltar 15 días para la siembra se procedió a remover la tierra con la ayuda de un motocultor. Cuando faltaban 5 días antes de la siembra se realizó un riego, con la finalidad de favorecer a la germinación y facilitar el establecimiento del cultivo de cebada. Un día antes de la siembra se trazó las unidades experimentales con sus medidas correspondientes (figura 12).

Figura 12

Delimitación y trazado de las unidades experimentales.



3.5.3 Siembra

La siembra se realizó de forma manual, trazando ocho surcos con una distancia entre surco de 0.15m en cada unidad experimental. Luego se aplicó una fertilización inicial y posteriormente se sembró la semilla de cebada distribuyéndola a chorro continuo por todos los surcos. Finalmente, con la ayuda de un rastrillo se realizó el tapado de la semilla cubriéndola con una pequeña cantidad de tierra para que no quede muy enterrada, pero evitando que queden semillas descubiertas (figura 13).

Figura 13

Siembra de cebada cubierta en el ensayo realizado en la granja experimental La Pradera



3.5.4 Densidad de siembra

En el programa de cereales del INIAP trabajan con una densidad de siembra de 150 kg por hectárea, por esta razón para el experimento se sembró 54 gramos de semilla dentro de cada unidad experimental.

3.5.5 Recomendación de fertilización

Para tener un correcto desarrollo del cultivo de cebada la recomendación media de fertilización por hectárea es 60 kg de nitrógeno (N), 60 kg de fósforo (P_2O_5), 60 kg de potasio (K_2O) y 30 kg de azufre (S), basándose en este requerimiento se debe aplicar por hectárea: 250 kg 15-30-15+ EM y 1 saco de urea. Para el ensayo se realizó la aplicación en dos fases, como fertilización inicial se usó 90 gramos de 15-30-15+EM al momento de la siembra y

como fertilización complementaria se aplicó 18 gramos de Urea al momento en que la planta presento la etapa de macollamiento.

3.5.6 Control de malezas

Se realizó la aplicación de un herbicida específico para malezas que tienen hoja ancha, el cual fue metsulfuron-metil, este fue aplicado en dosis de 30 g por hectárea, la aplicación se realizó al inicio del macollamiento y previo a la fertilización complementaria.

3.5.7 Controles fitosanitarios

Debido a que en el ensayo se evaluó la severidad de enfermedades, no se usó ningún agroquímico de control para enfermedades.

3.5.8 Cosecha

Una vez que el cultivo alcanzó su madurez, se realizó la cosecha de forma manual usando una hoz. Posteriormente se trasladó el material cosechado con su respectiva identificación, a las instalaciones del INIAP en la Estación Experimental Santa Catalina.

3.5.9 Trilla

Esta actividad fue realizada con la ayuda de una trilladora para experimentos de manera mecánica, posteriormente se almacenó el grano obtenido de cada ensayo en fundas de tela con su respectiva etiqueta, que contenía la especificación del ensayo (figura 14).

Figura 14

Trilla de las líneas promisorias y la variedad mejorada de cebada cubierta



3.5.10 Almacenamiento

Después de realizar la cosecha y trilla de la cebada, se procedió al secado de la semilla hasta obtener que el grano tenga una humedad del 13%, además se realizó una limpieza de impurezas en el grano y finalmente se colocó la semilla en fundas de tela para su almacenamiento (figura 15).

Figura 15

Secado y almacenado del grano de cebada cubierta



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de las cuatro líneas promisorias de cebada cubierta (CMU-19-001, CMU-19-002, CD-19-004, CD-19-013) y una variedad mejorada (INIAP-CAÑICAPA 2003), las cuales fueron proporcionadas por el INIAP y evaluadas bajo las condiciones de Chaltura.

4.1 Comparación del rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de cebada en condiciones de Chaltura.

4.1.1 Porcentaje de emergencia

En base a los análisis estadísticos de varianza realizados para la variable emergencia, no existe diferencia significativa ($F=2.62$; $Gl=4, 8$; $P=0.1152$) entre las líneas promisorias y la variedad mejorada de cebada (*Hordeum vulgare* L.) evaluadas (tabla 12).

Tabla 12

Porcentaje de emergencia de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada (Hordeum vulgare L.)

Materiales en estudio	Media±E.E.
CD-19-004	98.33±1.67
CD-19-013	93.33±1.67
CMU-19-001	95.00±0.00
CMU-19-002	93.33±1.67
INIAP-CAÑICAPA 2003	96.67±1.67

En relación al análisis de los resultados obtenidos, se puede observar que todos los materiales en estudio presentaron un rango de emergencia bueno, siendo el porcentaje superior al 93% tanto para la variedad mejorada como para las cuatro líneas promisorias, como se muestra en la tabla 12. Ponce-Molina (2019), en su manual de parámetros de evaluación y selección en cereales, menciona que cuando existe un (81-100%) de plantas germinadas, se considera un rango bueno de germinación.

En la presente investigación todos los materiales en estudio tienen una buena emergencia, concordando con el estudio realizado en Salache-Cotopaxi por Lasluisa (2022), donde de igual manera, obtuvo que todos los materiales en estudio presentaron un porcentaje de emergencia superior al 90%.

4.1.2 *Días al espigamiento*

En la tabla 13 se puede observar que los materiales en estudio más precoces en relación al espigado son la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 y la línea promisorio CMU-19-002 las cuales espigaron a los 67 días después de la siembra, seguidos por las líneas promisorias CD-19-004 y CMU-19-001 que presentaron la fase de espigamiento a los 68 días. La línea promisorio que más tardo en espigar fue la CD-19-013 necesitando 5 días más que la variedad mejorada.

Tabla 13

Días al espigamiento de las líneas promisorias y variedad mejorada

Materiales en estudio	Media±E.E.
CD-19-004	68.00±0.00
CD-19-013	72.00±0.00
CMU-19-001	68.00±0.00
CMU-19-002	67.00±0.00
INIAP-CAÑICAPA 2003	67.00±0.00

En el presente estudio la línea promisorio más tardía fue la CD-19-013, lo cual concuerda con los datos obtenidos por Naranjo (2023), en su investigación realizada en Querochaca donde la línea promisorio más tardía fue la CD-19-013 con 106 días, tardando 34 días más que en la presente investigación debido a que los estudios se realizaron en distintas zonas.

En la primera fase de evaluación realizada en Chaltura por Vivas (2024), los materiales en estudio presentaron la fase de espigamiento en menos días desde la siembra, siendo la más precoz la línea promisorio CD-19-004 con 59 días, mientras que en la segunda evaluación esta misma línea tardo 68 días. Cabe recalcar que, en las dos fases de evaluación realizadas en el mismo sector, la línea promisorio más tardía fue la CD-19-013.

4.1.3 *Altura de planta*

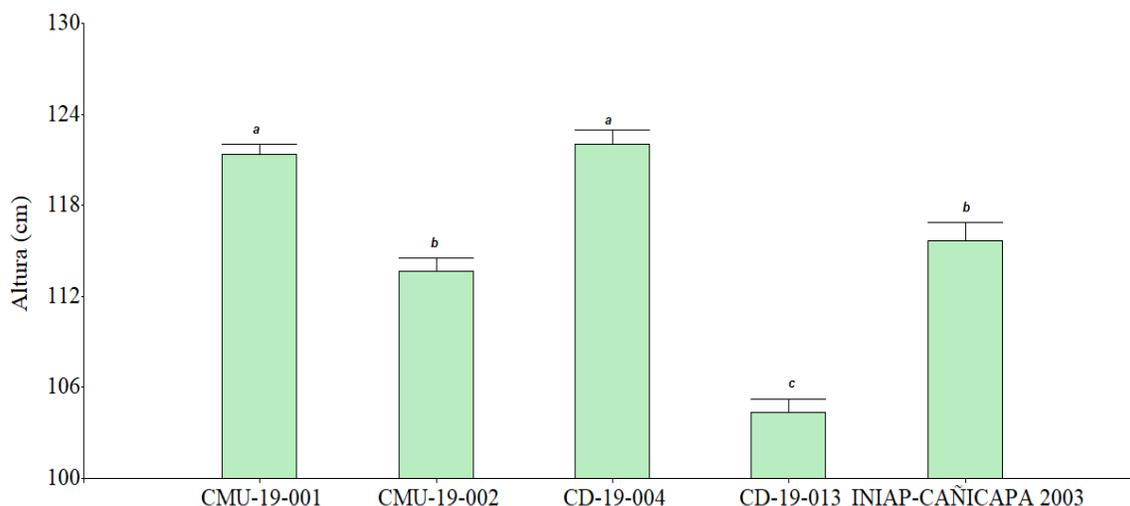
En base a los análisis estadísticos de varianza para la variable altura de planta, si existe diferencia significativa ($F=67.11$; $Gl=4, 8$; $P=<0.0001$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada.

La figura 16 indica que las líneas promisorias que presentaron mayor altura de planta fueron CD-19-004 y CMU-19-001 con una altura de 122 cm y 121.33 cm respectivamente, seguidas de la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 y la línea promisorio CMU-19-002 que

presentaron una altura de 115.67 cm y 113.67 cm respectivamente, mientras que la línea promisoría CD-19-013 siendo la más baja de todas alcanzó una altura de 104.33 cm.

Figura 16

Altura de planta de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



En su investigación Naranjo (2023), obtuvo que la línea promisoría CD-19-004 obtuvo una altura de 125 cm, similar a la altura obtenida en el presente trabajo que fue de 122 cm, con la diferencia que en la presente investigación la línea promisoría CD-19-004 fue la de mayor altura, mientras que para Naranjo (2023), fue la línea con menor tamaño. Byron (2024), en su investigación realizada en la granja experimental la Pradera, obtuvo como resultado que la variedad de cebada con mayor tamaño fue la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 presentando un tamaño de 115.13 cm, siendo una altura similar a la obtenida en esta investigación, donde la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 presento una altura de 115.67 cm.

4.1.4 Número de espigas por m²

En base a los análisis estadísticos de varianza para la variable número de espigas por m² no existe diferencia significativa (F=2.18; Gl=4, 8; P=0.1622) entre las líneas promisoría y la variedad mejorada (tabla 14).

Tabla 14*Número de espigas por m² en las líneas promisorias y variedad mejorada*

Materiales en estudio	Media±E.E.
CD-19-004	398.00±19.70
CD-19-013	344.67±17.02
CMU-19-001	406.00±33.61
CMU-19-002	442.67±30.86
INIAP-CAÑICAPA 2003	380.00±18.00

La tabla 14 muestra que en relación al número de espigas por m², el material en estudio con mayor rendimiento fue la línea promisorio CMU-19-002 la cual presento 442 espigas, 98 más que la línea promisorio CD-19-013 que fue la de menor rendimiento presentando 344 espigas por m². Mientras que las líneas promisorias CMU-19-001 y CD-19-004 con 406 y 398 espigas respectivamente, solo tuvieron una diferencia de 8 espigas entre sí, seguidas de la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 que presento 18 espigas menos que la línea CD-19-004.

Flores (2023), en su investigación realizada en Chaltura, obtuvo como resultado que la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 presenta una media de 549.87 espigas por metro cuadrado, mientras que en el presente estudio, esta variedad presento una media de 380 espigas por metro cuadrado. Bustamante et al., (1997), menciona que, para obtener una buena producción en los cereales, uno de los principales factores de rendimiento es el número de espigas por metro cuadrado. Este parámetro se ve influenciado principalmente por la densidad de siembra del cultivo, pues un aumento en la densidad de siembra, dará como resultado un mayor número de espigas por metro cuadrado.

4.1.5 Tamaño de espiga

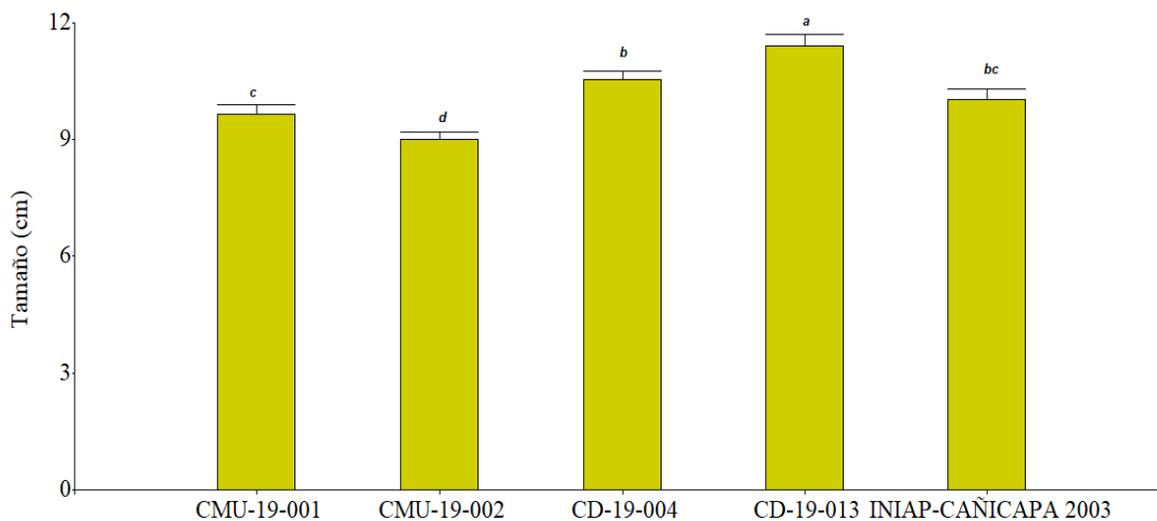
En base a los análisis estadísticos de varianza para la variable tamaño de espiga si existe diferencia significativa ($F=13.31$; $Gl=4, 143$; $P=<0.0001$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada.

En la figura 17, se puede observar que la línea promisorio CD-19-013 fue la que presento las espigas de mayor tamaño siendo este de 11.4 cm, seguida de la línea promisorio CD-19-004 y la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 con un tamaño de espiga de 10.53 cm y 10.03 cm respectivamente. Mientras que la línea promisorio que presento menor tamaño en

sus espigas fue la CMU-19-002 con 9 cm, 0.67 cm menos que la línea promisorio CMU-19-001.

Figura 17

Tamaño de espiga en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



Lasluisa (2022), menciona que, en su investigación en la localidad de Cotopaxi, las líneas promisorias que presentaron mayor tamaño de espiga fueron la CD-19-013 y CD-19-004 con 11.68 cm y 11 cm respectivamente, lo cual concuerda con la presente investigación donde fueron las mismas líneas promisorias las de mejor tamaño de espiga. De igual manera en los resultados obtenidos por Naranjo (2023), el material en estudio que presentó mayor tamaño de espiga fue la línea promisorio CD-19-013 con un promedio de 10.77cm. Para Pulles (2024), la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 fue la que presento mayor tamaño de espiga con un promedio de 9.67cm, mientras que en la presente investigación esta variedad ocupa el segundo lugar con un tamaño de 10.53 cm, siendo superada por la línea promisorio CD-19-013.

4.1.6 Número de granos por espiga

En base a los análisis estadísticos de varianza realizados para la variable número de granos por espiga, no existe diferencia significativa ($F=0.74$; $G1=4$, 143; $P=0.5678$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada (tabla 15).

Tabla 15

*Tabla de medias para la variable número de granos por espiga en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada (*Hordeum vulgare* L.)*

Materiales en estudio	Media±E.E.
CD-19-004	17.27±0.93
CD-19-013	18.13±1.18
CMU-19-001	18.37±0.75
CMU-19-002	17.07±0.52
INIAP-CAÑICAPA 2003	18.57±0.79

La tabla 15, indica que en relación al número de granos que presentan los materiales en estudio, no existe gran diferencia, ya que la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 y las líneas promisorias CMU-19-001 y CD-19-013 presentaron un promedio de 18 granos por espiga, seguidas que las líneas promisorias CD-19-004 y CMU-19-002 presentaron un promedio de 17.

Para Naranjo (2023) y Lasluisa (2022) la línea que presenta mayor número de granos por espiga es la CD-19-013 similar a la presente investigación donde esta línea se encuentra entre las mejores. Mientras que la línea promisorio con menor número de granos por espiga fue CMU-19-002, resultado que concuerda con el obtenido por Lasluisa (2022). Los resultados obtenidos en las tres investigaciones demuestran que la línea promisorio CD-19-013, tiene una buena capacidad de adaptación a distintas zonas, proporcionando un buen parámetro relacionado directamente con el rendimiento del cultivo.

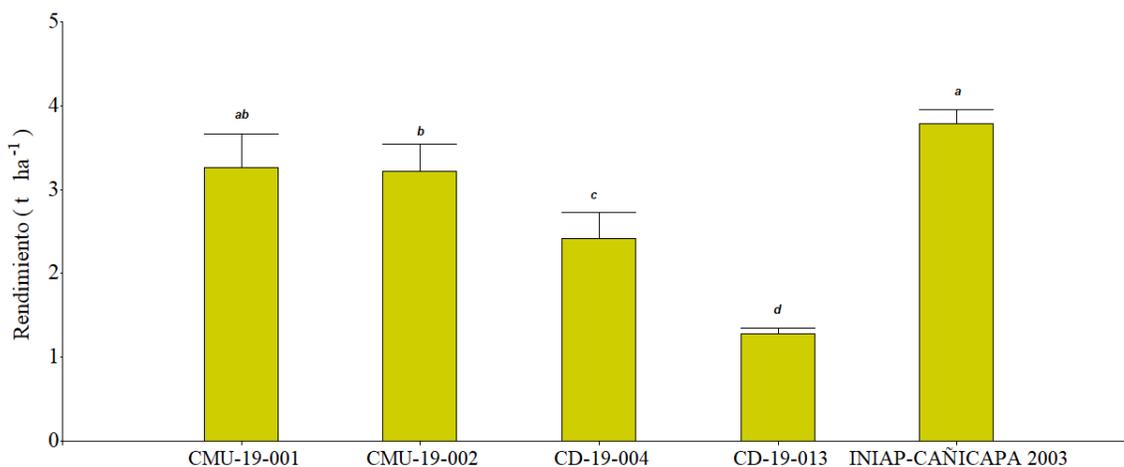
4.1.7 Rendimiento de grano

En base a los análisis estadísticos de varianza realizados para la variable rendimiento de grano, si existe diferencia significativa ($F=12.29$; $Gl=4, 8$; $P=0.0017$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada.

La figura 18, indica que el material en estudio que presento mayor rendimiento de grano fue la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 con un rendimiento de 3.79 t ha^{-1} , seguida de las líneas promisorias CMU-19-001 y CMU-19-002 que presentaron 3.26 y 3.22 t ha^{-1} respectivamente. Mientras que la que tuvo menor rendimiento fue la línea promisorio CD-19-013 con 1.28 t ha^{-1} , 1.14 t ha^{-1} menos que la línea promisorio CD-19-004 la cual presento 2.42 t ha^{-1} .

Figura 18

Rendimiento de grano en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



León (2010), en su investigación obtuvo que la variedad con mayor rendimiento fue la INIAP-CAÑICAPA 2003 con un rendimiento de 3.03 t ha⁻¹, resultado que concuerda con los datos obtenidos en el presente estudio, donde la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 presento un rendimiento de 3.79 t ha⁻¹. Para Lasluisa (2022), las líneas promisorias CD-19-004, CMU-19-001 y CD-19-013 presentaron mayor rendimiento de grano que la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003, mientras que en el presente estudio ninguna de las líneas promisorias logro superar el rendimiento de la variedad mejorada.

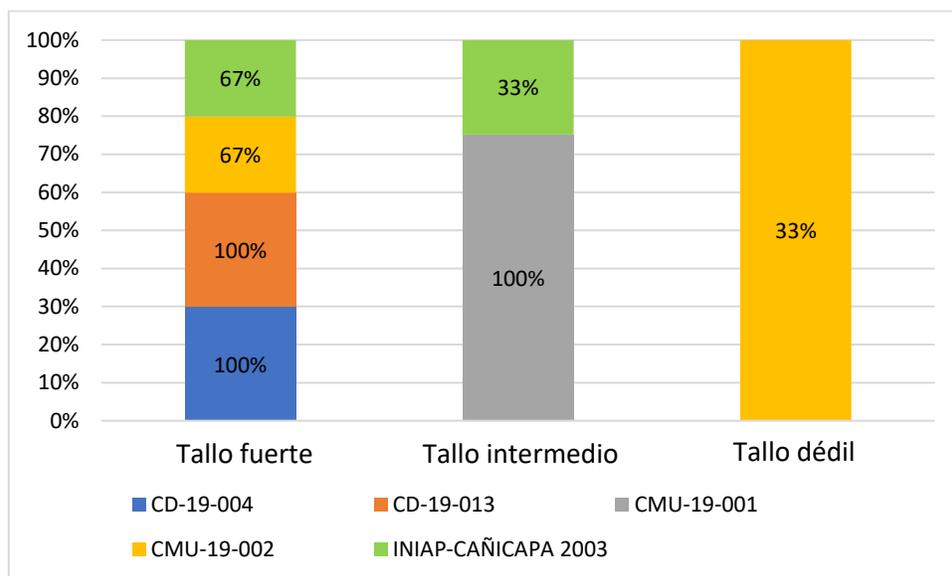
4.1.8 Tipo de paja (acame de tallo)

Los análisis de datos cualitativos de la tabla de contingencia realizada para la variable tipo de paja, indican que no existe una relación ($G=8$; $X^2=0.0501$) entre las líneas promisorias y la variedad mejorada con respecto al tipo de paja.

En la figura 19 se puede observar, que los materiales en estudio que presentan en su totalidad un buen tipo de paja, son las líneas promisorias CD-19-004 y CD-19-013, mientras que la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 y la línea promisoriosa CMU-19-002 presentaron un 67% con estas características, las cuales se encuentran en la escala 1 donde los tallos son gruesos, erectos y flexibles, que soportan el viento y el acame. Seguidos de la línea promisoriosa CMU-19-001 que presento una escala de 2, la cual se caracteriza por tener tallos no muy gruesos, erectos y medianamente flexibles, que soportan parcialmente el viento y el acame.

Figura 19

Escala de tipo de paja en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



Los resultados obtenidos en esta investigación con relación a la línea promisorio CD-19-013, concuerdan con los resultados que presento esta misma línea la primera fase de evaluación realizada en Chaltura por Vivas (2024), lo que demuestra que la línea promisorio CD-19-013 presenta un tipo de paja fuerte en el sector de Chaltura. Para Naranjo (2023), la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 fue la que presento el tipo de paja más débil con una escala de 3, mientras que en la presente investigación esta variedad mantuvo una escala de 1 con tallos gruesos y que soportan el viento y acame.

4.2 Determinación de la severidad de enfermedades de los materiales en estudio.

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

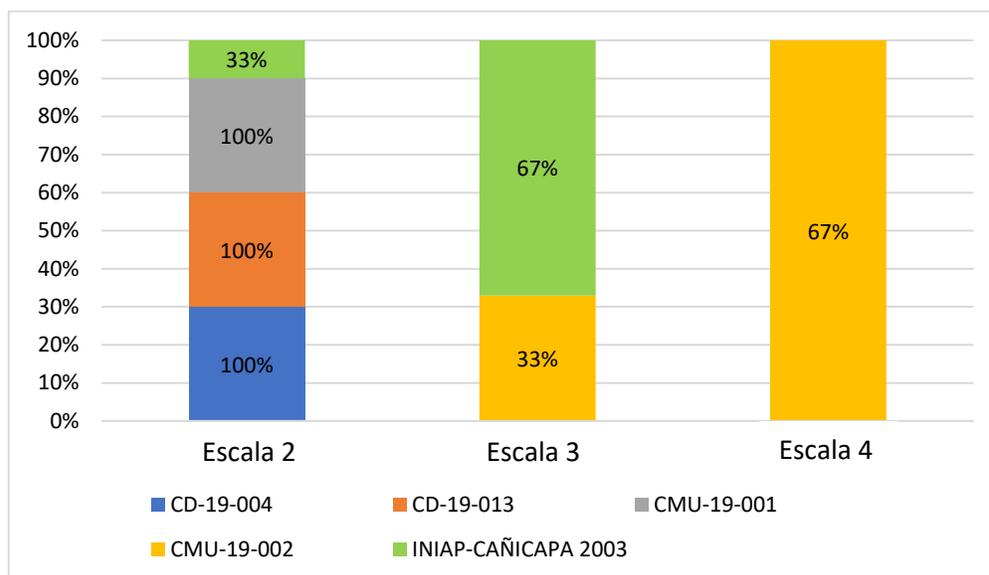
Los análisis de datos cualitativos de la tabla de contingencia realizada para la variable Virus del enanismo amarillo de la cebada, indican que existe una relación ($G=8$; $X^2=0.0268$) entre las líneas promisorias y la variedad mejorada con respecto a las escalas de severidad del virus del enanismo de la cebada.

En la figura 20 se puede observar que el BYDV, se presentó en mayor escala en la línea promisorio CMU-19-002 mostrando un 67% en la escala 4 donde las plantas tienen amarillamiento moderado o algo extenso, pero sin presencia de enanismo. Mientras que las líneas promisorias CD-19-004, CD-19-013 y CMU-19-001 presentaron el 100% en la escala

de 2 donde las plantas muestran trazas de amarillamiento en la punta de pocas hojas, pero mantienen su apariencia vigorosa.

Figura 20

Escala de Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV) de las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



La línea promisoría CD-19-004 al igual que en la investigación realizada por Naranjo (2023), en el campus de Querochaca perteneciente a la provincia de Tungurahua, presentó una escala 2 siendo una de las mejores líneas. Para Lasluisa (2022), en su investigación realizada en el campus de Salache, esta misma línea presentó una escala 4 lo que demuestra que la línea promisoría tiene mayor resistencia en la zona de Chaltura. En la primera fase de evaluación realizada por Vivas (2024), en la granja experimental La Pradera en Chaltura, los resultados demostraron que la línea promisoría menos afectada por el virus del enanismo amarillo en cebada fue la línea CMU-19-001, dato que concuerda con el resultado obtenido en la segunda fase de evaluación realizada en la misma zona de estudio.

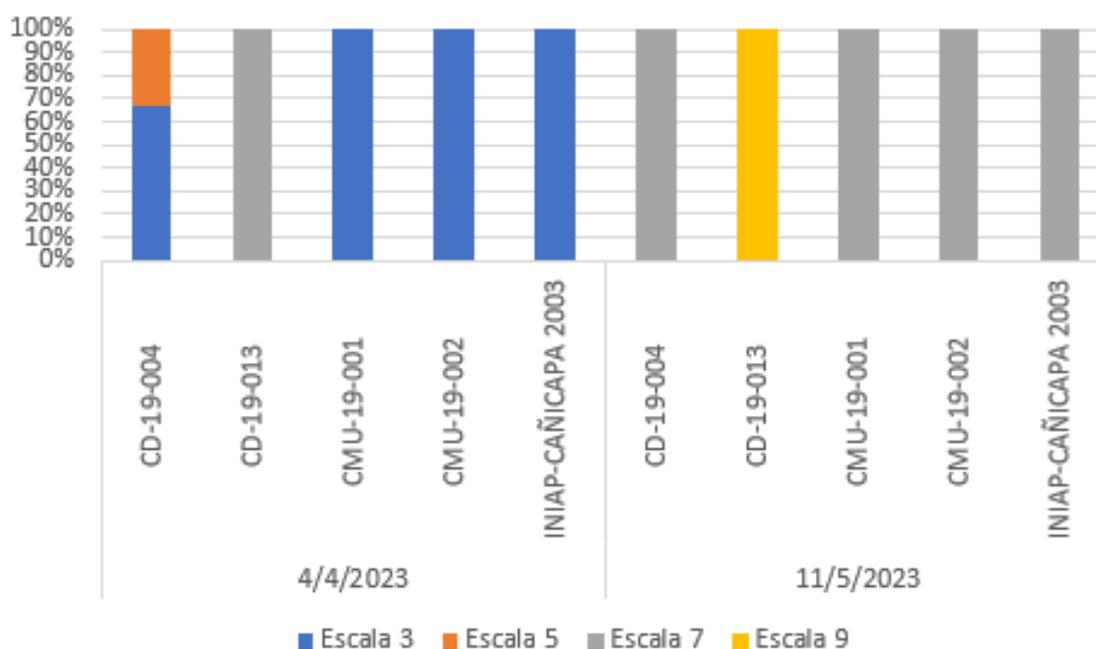
4.2.2 Escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.)

Los análisis de datos cualitativos de la tabla de contingencia realizada para la variable escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.), se puede observar que existe una relación ($G1=42$; $X^2=0.0001$) entre los materiales evaluados y las escalas de severidad de escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.)

En la figura 21, se puede observar que el material más afectado por escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.), fue la línea promisorio CD-19-013 que presentó una escala de 7 en su primera fecha de toma de datos incrementando a 9 en la segunda fecha, mientras que las líneas CD-19-004, CMU-19-001, CMU-19-002 y la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003, en su primera fecha presentaron una escala de 3 incrementando a 7 y 9 en su segunda y tercera fecha respectivamente.

Figura 21

*Escala de severidad (0-9) de escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.) en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta*



Según, Ponce-Molina (2019) menciona que las condiciones ambientales son el principal factor para que se desarrolle la enfermedad, en la etapa de crecimiento de los materiales en estudio se presentaron fuertes lluvias, motivo por el cual se hizo presente la afección por escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.).

La tabla 16 indica que para la variable escaldadura (*Rhynchosporium secalis* J.) en (%) de superficie afectada, si existe diferencia significativa ($p=0.0001$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada en relación a la fecha de toma de datos.

Tabla 16

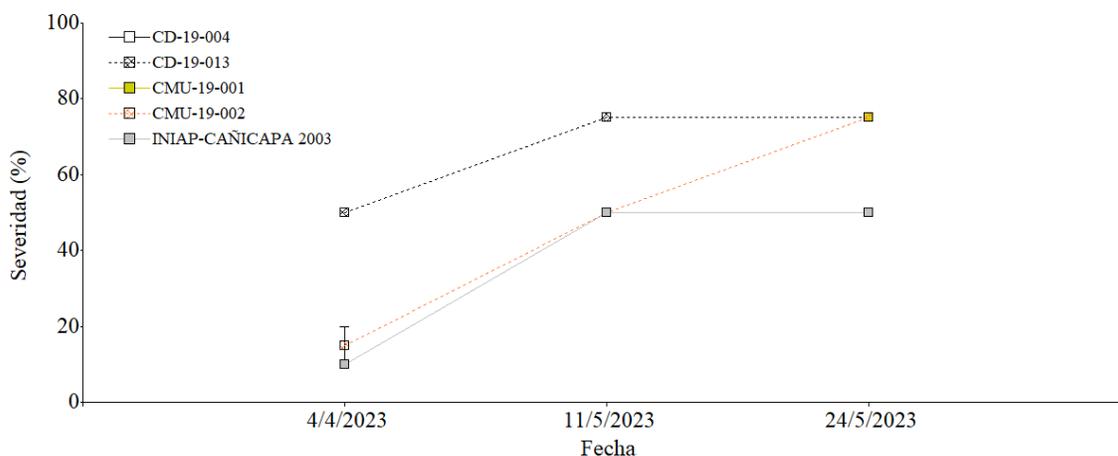
Análisis de varianza para la variable escaldadura (Rhynchosporium secalis J.) en (%) de superficie afectada

Fuente de variación	glFv	glE.E	F-valor	P-valor
Fecha	2	26	1886,39	<0,0001
Materiales en estudio	4	26	168,23	<0,0001

La figura 22 muestra como las líneas promisorias CD-19-004 , CMU-19-001 y CMU-19-002 inician con un bajo porcentaje de superficie afectada de 10, 10 y 15% respectivamente, pero este va incrementando en relación a las fecha de toma de datos de esta variable presentando en su última fecha un porcentaje de 75%, a diferencia de la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 la cual inicia con un 10% de superficie afectada y termina con un 50%, mientras que la línea promisorio CD-19-013 desde la primera toma de datos presenta un alto porcentaje de superficie afectada de 50% y termina con un porcentaje de 75% en su segunda y tercera toma de datos.

Figura 22

Porcentaje de superficie afectada por escaldadura (Rhynchosporium secalis J.) en las líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



4.3 Análisis de los parámetros de calidad de grano de las líneas promisorias y variedad de cebada

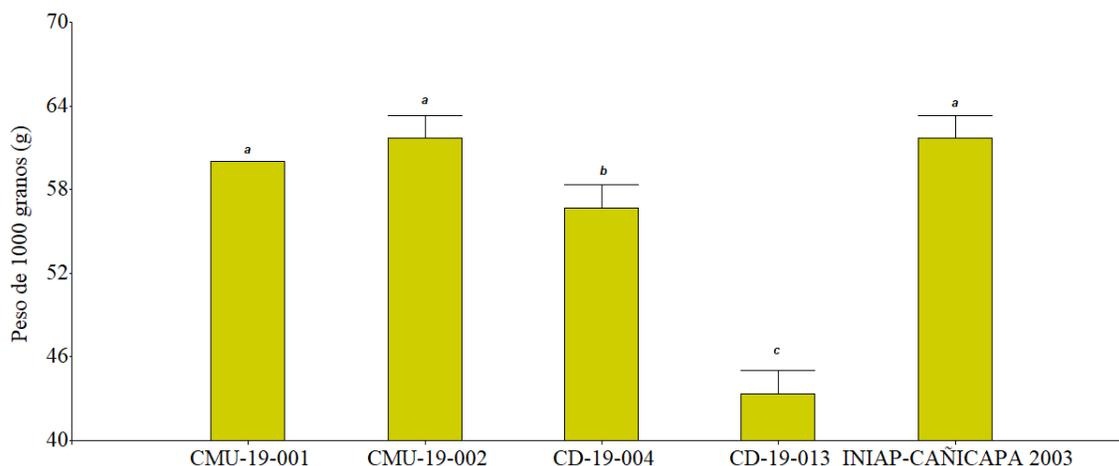
4.3.1 Peso de mil granos

En base a los análisis estadísticos de varianza realizados para la variable peso de mil granos, si existe diferencia significativa ($F=26.88$; $Gl=4, 8$; $P=<0.0001$) entre las líneas promisorio y la variedad mejorada.

En la figura 23 se puede observar que los materiales en estudio que presentaron mayor peso en los mil granos fueron la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 y las líneas promisorias CMU-19-002 y CMU-19-001 con un peso de 61.67 g y 60 g, seguidos de la línea promisoriosa CD-19-004 que presentó un peso de 56.67 g. Mientras que la línea promisoriosa CD-19-013 con 43.33 g fue la que tuvo menor peso.

Figura 23

Peso de mil granos en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



Los datos obtenidos en este estudio concuerdan con la investigación realizada por Naranjo (2023), donde la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 fue la que presentó el mayor peso en los mil granos y la línea promisoriosa CD-19-013 la que obtuvo el menor peso. Para Pulles (2024), en su investigación realizada en Chaltura, la variedad que obtuvo el mayor peso de mil granos fue la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 con un peso de 60 g, dato similar al obtenido en la presente investigación donde la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 presentó un peso de 61.67 g siendo la que presentó el mayor peso.

4.3.2 *Peso hectolítrico*

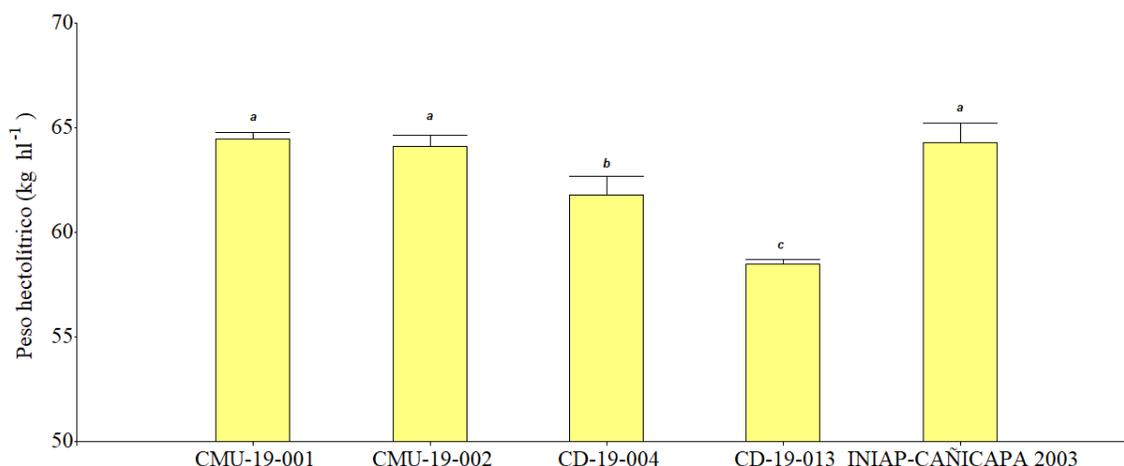
En base a los análisis estadísticos de varianza realizados para la variable peso hectolítrico, si existe diferencia significativa ($F=18.85$; $Gl=4, 8$; $P=0.0004$) entre las líneas promisorias y la variedad mejorada de cebada (*Hordeum vulgare* L.).

En la figura 24 se puede observar que los materiales en estudio que tuvieron mayor peso hectolítrico fueron las líneas promisorias CMU-19-001, CMU-19-002 y la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 con un promedio de 64.28 kg hl⁻¹, mientras que la línea promisoriosa

que presento menor peso hectolítico fue la CD-19-013 con un peso de 58.48 kg hl⁻¹, 3.32 kg hl⁻¹ menos que la línea promisorias CD-19-004 que presento 61.80 kg hl⁻¹.

Figura 24

Peso hectolítico en líneas promisorias y variedad mejorada de cebada cubierta



Según Naranjo (2023), en su investigación menciona que los materiales que obtuvieron mayor peso hectolítico fueron las líneas promisorias CMU-19-001, CMU-19-002 y la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003, lo cual concuerda con los datos obtenidos en la actual investigación. Los resultados obtenidos en esta investigación, son similares a los obtenidos por Vivas (2024), en la primera fase de evaluación realizada en Chaltura, para las líneas promisorias CMU-19-001 y CMU-19-002 que en las dos investigaciones se muestran como las que mejor peso hectolítico tiene, demostrando que estas líneas promisorias se adaptan y presentan un buen resultado de rendimiento en la zona de Chaltura.

4.3.3 Tipo de grano

En los análisis de datos cualitativos de la tabla de contingencia realizada para la variable tipo de grano, se puede observar que no existe una relación ($G1=4$; $X^2=0.4838$) entre los materiales evaluados y el tipo de grano. Sin embargo, mientras que las líneas promisorias CD-19-013, CMU-19-001 y CMU-19-002 presentaron en un 100% una escala 2 en tipo de grano (grano mediano, redondo, blanco o amarillo), la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003 y la línea promisorias CD-19-004 presentaron un 67% con estas características y un 33% en escala 3 (grano mediano, alargado, crema o amarillo).

Según Vivas (2024), en su investigación realizada en la granja experimental La Pradera, las líneas promisorias CD-19-013 y CMU-19-001 presentaron una escala 2 en relación al tipo de grano, dato que concuerda con los obtenidos en la segunda evaluación de estas líneas promisorias dentro de la granja experimental la Pradera perteneciente a Chaltura. Mientras que al comparar con los datos obtenidos por Lasluisa (2022), en su investigación realizada en Cotopaxi, se puede determinar que las líneas promisorias CD-19-004, CD-19-013, CMU-10-001 y la variedad mejorada INIAP-CAÑICAPA 2003, se adaptan mejor al sector de Chaltura, ya que en la presente investigación se obtuvo un tipo de grano en escala 2, mientras que en la investigación de Cotopaxi estos mismos materiales presentaron una escala de 3 en su tipo de grano.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La presente investigación permitió seleccionar las líneas promisorias de cebada dística que presentan mejores características de adaptación, resistencia a enfermedades y rendimiento de grano en su segundo ciclo de evaluación, para posteriormente tomarlas en cuenta como futuras variedades aptas para el cultivo en la zona de Chaltura-Imbabura.

- Bajo las condiciones ambientales de Chaltura-Imbabura, todos los materiales en estudio presentaron buen porcentaje de emergencia. Las líneas promisorias que presentaron un buen comportamiento agronómico fueron la CD-19-013 con un apropiado tipo de paja, tamaño y número de granos por espiga y la CMU-19-002 presentando pocos días al espigamiento, alto número de espigas por m² y un buen rendimiento de grano.
- Todos los materiales en estudio no mostraron afecciones por roya en su periodo de cultivo. En relación al BYDV las líneas promisorias que presentaron menor escala fueron CD-19-004, CD-19-013 y CMU-19-001 las cuales presentaron una escala de 1 donde las plantas muestran trazas de amarillamiento, pero mantienen su apariencia vigorosa. Debido a las condiciones climáticas presentadas durante el ciclo de cultivo, todos los materiales se vieron afectados por la escaldadura, siendo la línea promisoría CD-19-013 la más afectada.
- En relación a los parámetros de calidad de grano, la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 y la línea promisoría CMU-19-002 fueron las que presentaron mayor peso de mil granos. La línea promisoría CMU-19-001 presentó mayor peso hectolítrico y el tipo de grano fue el mismo en todos los materiales en estudio presentando granos medianos y redondos.

5.2 Recomendaciones

- Realizar nuevas investigaciones con las líneas promisorias CD-19-013 y CMU-19-002 relacionadas con fertilización y tecnificación del cultivo, para comprobar su nivel productivo en distintas zonas agroclimáticas, para así conocer si pueden ser consideradas como futuras variedades de amplia adaptación.
- Continuar con las investigaciones de nuevos materiales resistente de cebada dística, para proveer a los agricultores semillas de calidad que ayuden a mejorar su nivel de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. . Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Bernardi, L. (2019). *PERFIL DE LA CEBADA*. MAGYP. Obtenido de magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf
- Bustamante, J., Allés, A., Espadas, M., & Muñoz, J. (1997). *Densidad de siembra en cebadas de ciclo corto*. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias (CCEA). https://www.cime.es/webeditor/pagines/file/butlleti_dinformacio_tecnica_centre_capacitacio/02.pdf
- Cajamarca, B., & Montenegro, S. (2015). *Selección de una línea promisorio de cebada (Hordeum Vulgare L.) bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido de fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana*. Universidad de Cuenca.
- Castañeda, M., López, C., Molina, J., Colinas, T., & Livera, A. (2004). *Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo*.
- Castro, A. (2023). *Cebada cervecera: calidad*. Universidad Nacional de La Plata (EDULP). https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156550/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CIMMYT. (enero de 2019). *WheatDoctor*. WheatDoctor.: <https://www.cimmyt.org/es/tag/cebada/page/5/>
- 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*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13682>
- Gassen, D. (2024). *Herbario Virtual. Cátedra de Fitopatología*. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. <https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/>
- Guañuna, G. (2014). *ESTUDIO DE VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE ACCESIONES DE TRIGO*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2857/1/T-UCE-0004-90.pdf>
- Jiménez, J. (2011). *GUÍA PRÁCTICA PARA LOS PRODUCTORES DE CEBADA DE LA SIERRA SUR*. INIAP. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1106/1/404.PDF>
- Lasluisa, J. (2022). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) DÍSTICA DEL INIAP BAJO CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL CAMPUS SALACHE UTC 2021 – 2022*". UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9457>

- León, D. (2010). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES MEJORADAS Y UNA TRADICIONAL DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) EN TUNSHI, PARROQUIA LICTO, CANTON RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/668/1/13T0691%20.pdf>
- León, D. (2010). *Evaluación del rendimiento de dos variedades mejoradas y una tradicional de cebada (Hordeum vulgare L.) en Tunshi, parroquia Licto, coanton Riobamba, provincia de Chimborazo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/668/1/13T0691%20.pdf>
- Moreyra, F. (2016). *Atributos de calidad en la red nacional de cebada cervecera*. II Reunión del Mercosur.
- Naranjo, D. (2023). "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL SECTOR QUEROCHACA". [repositorio.uta.edu.ec](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38263/1/037%20Agronom%c3%ada%20-%20Naranjo%20Freire%20Diego%20Alejandro.pdf).
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38263/1/037%20Agronom%c3%ada%20-%20Naranjo%20Freire%20Diego%20Alejandro.pdf>
- Orús, A. (2023). *Producción mundial de cebada 2011-2021*. statista.
<https://es.statista.com/estadisticas/522117/produccion-mundial-de-cebada/>
- Perez, J. (2010). *Morfología y taxonomía de la cebada*. Universidad Privada "San Juan Bautista".
<http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>
- Ponce-Molina L., G. J. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. INIAP.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Noroña, P., & Campaña, D. (2021). *EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (Hordeum vulgare L.)*. INIAP.
https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6032/1/final_informe_anual_programa_de_cereales_2021.pdf
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., & Noroña, P. (2022). *Manual para la producción sostenible de cebada en la Sierra ecuatoriana*. INIAP(Manual No. 133), 47.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6015>
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2020). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.) Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- Pulles, B. (2024). *Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de cebada (Hordeum vulgare L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura. Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario*.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15462/2/03%20AGP%20400%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>

- Quelal, N. (2014). "EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIEDADES DE CEBADA MALTERA SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA". UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2814/1/03%20AGP%20172%20TESIS.pdf>
- Rember, P. T., Fidel, R. I., & Max, B. C. (2020). *CULTIVO DE CEBADA*. La Molina. https://proyeccion.lamolina.edu.pe/manuales/Manual_Cultivo_Cebada.pdf
- Sánchez, F., & Claudio, F. (2011). *Evaluación Participativa de cuatro Líneas y tes Variedades de Cebada (*Hordeum vulgare* L.), resistentes a Sequía en dos épocas de Siembra y en Invernadero en la ESPOCH, Riobamba, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/975>
- Stubbs R.W, P. J. (1986). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. *CIMMYT en cooperación con el Instituto de Inv. para la Protección Vegetal(IPO)*, 1-46.
- Vivas, J. (2024). *Comportamiento agronómico de líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) de grano cubierto en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura*. Universidad Tecnica del Norte . Repositorio institucional de la Universidad Tecnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15724/2/03%20AGP%20410%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>
- Zalba, C. (2023). *Análisis de calidad de granos en trigo candeal y cebada cervecera*. Universidad Nacional Del Sur. repositorio digital de la Universidad Nacional Del Sur. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/6696/ZALBA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1

*Riego por aspersión del área destinada para el ensayo, previo a la siembra de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)*



Anexo 2

Etapa de germinación de la cebada cubierta



Anexo 3

Toma de datos para la evaluación de presencia y severidad de enfermedades en cebada cubierta



