

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



EFICACIA DE DESINFECTANTES DE SEMILLA EN LA PREVENCIÓN DE *Ustilago* sp., EN CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA, IMBABURA

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

AUTORA

Marisol Estefanía Benavides Puentestar

DIRECTOR

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

Ibarra-Ecuador 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EFICACIA DE DESINFECTANTES DE SEMILLA EN LA PREVENCIÓN DE
Ustilago sp., **EN CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA,**
IMBABURA

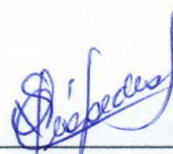
Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

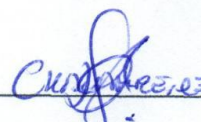
DIRECTORA



FIRMA

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

ASESORA



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:	0401991062		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Benavides Puentestar Marisol Estefanía		
DIRECCIÓN:	Canchaguano, Montúfar- Carchi		
EMAIL:	mebenavidesp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0991532638

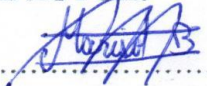
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EFICACIA DE DESINFECTANTES DE SEMILLA EN LA PREVENCIÓN DE <i>Ustilago</i> sp., EN CEBADA MALTERA (<i>Hordeum vulgare</i> L.) EN CHALTURA, IMBABURA
AUTOR (ES):	Benavides Puentestar Marisol Estefanía
FECHA DE APROBACIÓN:	21/05/2025
PROGRAMA:	☒ PREGRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

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 esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de mayo de 2025

EL AUTOR:


.....

Marisol Estefanía Benavides Puentestar

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Benavides Puentestar Marisol Estefanía, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 21 días del mes de mayo de 2025



Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 21 días del mes de mayo del 2025

Marisol Estefanía Benavides Puentestar: EFICACIA DE DESINFECTANTES DE SEMILLA EN LA PREVENCIÓN DE *Ustilago* sp., EN CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA, IMBABURA

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

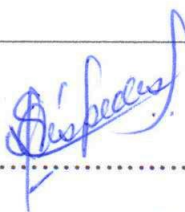
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 21 días del mes de mayo del 2025, con 64 páginas.

DIRECTORA: Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar la eficacia de desinfectantes de semilla en la prevención de *Ustilago* sp. en cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar la respuesta agronómica de líneas promisorias y variedades mejoradas de cebada maltera bajo los tratamientos en estudio.
- Analizar la patogenicidad de *Ustilago* sp. en los materiales genéticos evaluados con el uso de desinfectantes.



.....
Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

Directora de Trabajo de Grado



.....
Marisol Estefanía Benavides Puentestar

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía a lo largo de este proceso académico.

A mis padres, Julio Benavides y Fabiola Puentestar y hermanos por ser el faro que siempre me han guiado, por su amor incondicional y su apoyo constante. Su sacrificio ha sido la base sobre la que he construido mis sueños.

A mi directora, la MSc, Ima Sánchez por su orientación, apoyo y dedicación. Su guía experta ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y compañeros. Agradezco a Cristian Guerrero por su apoyo incondicional y su cariño en todo este proceso.

Y como no agradecer a mis docentes que me apoyaron en este proceso a mi asesora, la Doctora Doris Chalampunte, el Ing Francisco Encalada y al Inge, Alexis Pijuango por su tiempo, dedicación, comentarios y sugerencias que han sido de gran valor.

Quiero expresar mis agradecimientos, a la empresa Cervecería Nacional y al Ingeniero Xavier Mera y su equipo, por el apoyo y las facilidades brindadas, su experiencia y conocimientos que han sido esenciales para guiar mi investigación y mejorar significativamente la calidad del trabajo.

¡Gracias a todos!

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres Julio y Fabiola y hermanos: Edison, Aracelly y Adriana que me brindaron apoyo en todo momento.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Importancia del cultivo de cebada y su producción.....	5
2.2 Importancia de los desinfectantes de semilla en la prevención de enfermedades ..	6
2.3 Tipos de fungicidas químicos.....	6
2.3.1 Fungicidas de contacto.....	6
2.3.2 Fungicidas sistémicos	6
2.3.3 Fungicidas translaminares	7
2.4 Clasificación taxonómica de la cebada.....	7
2.5 Descripción botánica del cultivo.....	8
2.5.1 Raíz.....	8
2.5.2 Tallo.....	8
2.5.3Hojas.....	8
2.5.4Flor.....	9
2.5.5 Espiga	9
2.5.6 Grano	9
2.6 Etapas fenológicas.....	10
2.6.1 Germinación.....	10
2.6.2 Macollamiento.....	10

2.6.3 Encañado.....	10
2.6.4 Espigamiento y floración.....	10
2.6.5 Formación del grano	11
2.6.6 Indicadores de la maduración de la cebada.....	11
2.7 Manejo del cultivo de cebada	11
2.7.1 Preparación del suelo	11
2.7.2 Siembra.....	11
2.7.3 Calidad y cantidad de semilla	12
2.7.4 Fertilización	12
2.7.5 Cosecha.....	12
2.8 Principales enfermedades.....	12
2.8.1 Roya amarilla	12
2.8.2 Roya de la hoja	12
2.8.3 Carbón	13
2.9 Marco legal	13
CAPITULO III.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Caracterización del área de estudio.....	15
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas	15
3.3 Métodos.....	16
3.3.1 Factor en estudio.....	16
3.3.2 Tratamientos.....	17
3.3.3 Diseño experimental	17
3.3.4 Características del experimento	18
3.3.5 Análisis estadístico	19
3.4 Variables evaluadas	19
3.4.1 Días a la emergencia	19

3.4.2 Días al espigamiento.....	19
3.4.3 Días a la madurez fisiológica.....	20
3.4.4 Altura de planta	20
3.4.5 Tamaño de la espiga(cm)	21
3.4.6 Peso de mil granos(g).....	21
3.4.7 Evaluación de roya	21
3.4.8 Evaluación de helminthosporiosis.....	21
3.4.9 Severidad de carbón.....	22
3.4 Manejo específico del experimento	22
3.4.1 Esterilización del sustrato.....	22
3.4.2 Recolección y preparación del inóculo.....	23
3.4.3 Inoculación.....	23
3.4.4 Preparación y aplicación de los tratamientos	24
3.4.5 Siembra.....	24
3.4.6 Seguimiento y control en el desarrollo de las unidades experimentales.....	25
3.4.7 Cosecha.....	25
CAPÍTULO IV.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Días a la emergencia.....	26
4.2 Días al espigamiento.....	27
4.3 Días a la madurez fisiológica.....	29
4.4 Altura de la planta	31
4.5 Longitud de la espiga.....	33
4.6 Peso 1000 granos.....	35
4.7 Severidad de roya (<i>Puccinia hordei</i> Otth).....	36
4.8 Severidad de helminthosporiosis (<i>Helminthosporium</i> spp.).....	38
4.9 Severidad del carbón (<i>Ustilago nuda</i> f. sp. <i>hordei</i>).....	40

CAPITULO V.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5. 1 Conclusiones.....	43
5.2 Recomendaciones.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación taxonómica de la cebada	7
Tabla 2	Características agroclimáticas de Chaltura.....	15
Tabla 3	Materiales utilizados durante la experimentación.....	16
Tabla 4	Descripción de los tratamientos de los factores de estudio.....	17
Tabla 5	Modelo del análisis de varianza.....	19
Tabla 6	ADEVA de la variable días a la emergencia del cultivo de cebada.....	26
Tabla 7	ADEVA de la variable días al espigamiento de las líneas de cebada	27
Tabla 8	ADEVA de la variable días a la madurez fisiológica del cultivo de cebada	30
Tabla 9	ADEVA para la variable altura de planta de las líneas tratadas.....	32
Tabla 10	Análisis de varianza para la variable longitud de la espiga.....	34
Tabla 11	ADEVA para la variable peso 1000 granos.....	35
Tabla 12	Resultados de la variable peso de 1000 granos (g) para el factor línea.....	35
Tabla 13	ADEVA de la variable severidad de roya bajo los tratamientos en estudio	37
Tabla 14	ADEVA de la variable severidad de heminthosporiosis en el cultivo	39
Tabla 15	Fuente de variación de la variable severidad del carbón.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Partes de la hoja de la cebada	8
Figura 2	Partes de la flor de la cebada	9
Figura 3	Diversidad de semillas en la cebada.....	10
Figura 4	Ubicación geográfica de la Granja Experimental la Pradera.....	15
Figura 5	Diseño en bloques completamente al azar	18
Figura 6	Unidad experimental del diseño.....	18
Tabla 5	Modelo del análisis de varianza.....	19
Figura 7	Días a la emergencia de la unidad experimental	19
Figura 8	Fase de espigamiento del cultivo	20
Figura 9	Maduración de la cebada maltera.....	20
Figura 10	Peso de mil granos de las unidades experimentales.....	21
Figura 11	Escala de Cobb modificada, para la evaluación de severidad de la roya.....	21
Figura 12	Escala de Saari- Prescott para evaluar severidad de macha en red en cebada.....	22
Figura 13	Escala para medir la severidad del carbón	22
Figura 14	Esterilización del sustrato bajo el método de solarización	23
Figura 15	Recolección del carbón de plantas contaminadas.....	23
Figura 16	Inoculación del hongo en las semillas de cebada.....	24
Figura 17	Desinfección de la semilla de cada uno de los tratamientos.....	24
Figura 18	Siembra de semillas en las fundas	25
Figura 19	Seguimiento de la fase de crecimiento durante todo el ciclo del cultivo	25
Figura 20	Días a la emergencia del cultivo de cebada, factor desinfectante	27
Figura 21	Días al espigamiento de las líneas de cebada, factor desinfectante	28
Figura 22	Días al espigamiento de las líneas tratadas, factor Línea	29
Figura 23	Días a la madurez fisiológica de la cebada, factor Desinfectante	30
Figura 24	Días a la madurez fisiológica con el factor Línea.....	31

Figura 25	Altura de planta, factor Línea	32
Figura 26	Altura de la planta, factor Desinfectante.....	33
Figura 27	Longitud de la espiga de los diferentes tratamientos	34
Figura 28	Peso de 1000 granos (g), factor desinfectante	36
Figura 29	Porcentaje de severidad de roya en cebada maltera durante el ciclo del cultivo .	37
Figura 30	Porcentaje de severidad de roya en cebada maltera, bajo los tratamientos en estudio	38
Figura 31	Porcentaje de severidad de mancha en red bajo los tratamientos en estudio	40
		40
Figura 32	Porcentaje de severidad de Ustilago sp. en el cultivo de cebada maltera	41
Figura 33	Porcentaje de severidad de carbón en cebada maltera, bajo tratamientos en estudio	41

EFICACIA DE DESINFECTANTES DE SEMILLA EN LA PREVENCIÓN DE *Ustilago* sp., EN CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA, IMBABURA

Benavides Puentestar Marisol Estefanía

Universidad Técnica del Norte

mebenavidesp@utn.edu.ec

RESUMEN

La cebada (*Horedeum vulgare* L) es uno de los granos más importantes a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar después del trigo (*Triticum aestivum* L), maíz (*Zea mays* L) y arroz (*Oryza sativa* L). Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia de desinfectantes de semilla en la prevención de *Ustilago* sp. en cebada maltera en Chaltura, Imbabura. Para el estudio se implementó un diseño en bloques completamente al azar con parcelas divididas, donde la parcela principal fue el desinfectante y la subparcela fueron las líneas de cebada, incluyéndose tres bloques y 24 tratamientos y un total de 72 unidades experimentales. Las variables estudiadas fueron características agronómicas (6) y tres relacionadas con enfermedades. En cuanto a los resultados no hubo interacción entre tipo de desinfectante y líneas evaluadas para las variables: días a la emergencia, espigamiento, madurez fisiológica, altura de planta y peso de 1000 semillas, sin embargo si hubo efecto para longitud de la espiga, siendo la línea 2IK16-0671 la que presentó el valor más alto (9.50cm) entre las líneas tratadas con el desinfectante 1 (Carboxin+Thiram); además para la evaluación de enfermedades, hubo diferencias significativas entre tipo de desinfectante y líneas evaluadas las cuales no presentaron presencia de carbón (*Ustilago* sp), sin embargo el material testigo mostró un porcentaje de severidad de carbón de 0.28 a 1.58% . Este estudio identificó que las semillas que fueron desinfectadas antes de su siembra tuvieron una respuesta positiva ante la infección de *Ustilago* sp, por lo que se requiere de evaluaciones a nivel de campo para corroborar los resultados alcanzados en la investigación.

Palabras clave: desinfección, línea, cereal, carbón, variedad.

EFFICACY OF SEED DISINFECTANTS IN PREVENTING *USTILAGO* SP. IN MALTED BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) IN CHALTURA, IMBABURA

Benavides Puentestar Marisol Estefanía

Universidad Técnica del Norte

mebenavidesp@utn.edu.ec

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most important grains worldwide, ranking fourth after wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and rice (*Oryza sativa* L.). This research aimed to determine the effectiveness of seed disinfectants in preventing *Ustilago* sp. in malting barley in Chaltura, Imbabura. For the study, a completely randomized block design with split plots was implemented, where the main plot was the disinfectant and the subplot was the barley lines. Three blocks and 24 treatments were included, totaling 72 experimental units. The variables studied were six agronomic characteristics and three disease-related variables.

Regarding the results, there was no interaction between the type of disinfectant and the lines evaluated for the variables: days to emergence, heading, physiological maturity, plant height, and 1000-seed weight. However, there was an effect on spike length, with line 2IK16-0671 showing the highest value (9.50 cm) among the lines treated with disinfectant 1 (Carboxin + Thiram). Additionally, for disease evaluation, significant differences were observed between the type of disinfectant and the lines evaluated, which showed no presence of smut (*Ustilago* sp.); however, the control material showed a smut severity percentage ranging from 0.28 to 1.58%. This study identified that seeds disinfected prior to sowing had a positive response against *Ustilago* sp. infection, indicating the need for field-level evaluations to corroborate the results achieved in this research.

Keywords: disinfection, line, cereal, smut, variety.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los cereales más cultivados en el mundo corresponden a algunas especies como: sorgo (*Sorghum bicolor* L.), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). La cebada es uno de los granos más importantes a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar después del trigo, maíz y arroz (*Oryza sativa* L.). Es un cultivo muy difundido y representa el 8% de la producción mundial de cereales. (Farras, 2019).

El cultivo de cebada es una de las actividades agrícolas más antiguas y extendidas en el mundo. Su importancia radica no solo en su valor económico, sino también en su papel como fuente de alimento para humanos y animales, así como en su uso en la producción de cerveza y otros productos industriales. Sin embargo, el cultivo de cebada enfrenta desafíos significativos, como la variabilidad climática, las enfermedades y las plagas, que afectan su productividad y sostenibilidad.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estimó que la producción mundial de cebada para la campaña 2022/23 fue de 147.7 millones de toneladas, un ligero aumento con respecto a la producción anterior de 145 079 millones de toneladas en 2021/22. Para la campaña 2024/25 se caracterizó una producción global menor de 142 millones de toneladas con una reducción en superficie sembrada y rendimientos afectados por condiciones climáticas y enfermedades, llegando a ser una producción que no es suficiente para restablecer los stocks mundiales de manera satisfactoria.

Los cereales son la base de la alimentación humana, en la actualidad, los cereales corresponden en la dieta diaria de las personas, gracias a su cantidad de fibra y su alto contenido de energía. El cultivo de cebada está distribuido alrededor de 89 países a nivel mundial en, donde el mayor rendimiento se concentra en la Unión Europea ocupando el 46% de la producción, aunque el 50% lo conforman los países como China, Alemania, Estados Unidos y Brasil (Andrade, 2020).

Uno de los países con mayor producción de la región de los Andes, es Perú quien fue el mayor productor con 201 mil toneladas, 1.4t/ha^{-1} , mientras que Colombia fue 2.3t/ha^{-1} . El USDA, en su último informe, ha reducido nuevamente la estimación de producción mundial para la nueva campaña 2024/25 a 141.8 millones de toneladas (anterior 142.9M), en línea con estimaciones privadas, valor por debajo de la cosecha de la campaña anterior y más de 10 millones por debajo de la campaña 2022/23.

En Ecuador, la producción de cebada en el año 2024/2025 ha mostrado un crecimiento significativo en comparación con años anteriores, impulsada principalmente por programas de siembra por contrato y apoyo institucional y privado para aumentar la productividad y reducir la dependencia de importaciones.

Ecuador posee zonas con condiciones agroclimáticas diversas en la Sierra, en la cual encontramos zonas de 2 400 a 3 300 m s.n.m. con precipitaciones de 400 a 600 mm durante el ciclo productivo. Sin embargo, con estos sitios no es suficiente para satisfacer la demanda de este cereal en el país debido a los problemas del manejo integral del cultivo como el uso de semilla reciclada, semillas de mala calidad y el principal factor limitante que son las enfermedades de origen fúngico lo que a la larga se ve reflejado como una baja productividad (Ponce et al., 2020).

Una de las enfermedades que ataca al cultivo es el carbón (*Ustilago* sp), hongo perteneciente al género *Ustilago*, que se transmite directamente por la semilla, mostrando una morfología casi similar a la de aquellas que se encuentran sanas. Esta afección se relaciona con una amplia variedad de cereales incluyendo la cebada maltera, en la que se caracteriza la formación de esporas oscuras que reemplazan a los granos de cebada (Larran, 2022).

De la misma forma existe una amplia gama de fungicidas tópicos populares sistémicos que ayudan a controlar las enfermedades transmitidas por la semilla y ofrecen algún tipo de control a nivel de las plántulas. Sin embargo, en condiciones de alta presión de la enfermedad, a menudo éstos pueden fallar. En ese sentido la eficiencia de control del fungicida curasemilla depende de la incidencia del patógeno en la semilla, o sea, cuanto más elevado sea el porcentaje de infección, menor será la eficiencia de control (González, 2013).

1.2 Problema

El área destinada a la siembra de cebada en la zafra 2023-2024 alcanzó las 231 263 ha, lo que representa un crecimiento de 10% en relación con la zafra anterior. La productividad del cultivo se ubicó entre las más altas de la serie, mientras que el volumen alcanzó un récord de 1,1 millón de toneladas, lo cual implicó desafíos logísticos. A pesar del abultado volumen cosechado, el rendimiento en toneladas de cebada maltera fue sustancialmente menor. Los problemas de calidad fueron relevantes, principalmente en lo vinculado al parámetro calibre (Díaz y Rava, 2024).

En los últimos años, el cultivo de cebada ha presentado un aumento gradual en las superficies sembradas y exportaciones. Sin embargo, hay un grave problema que causa una disminución

en el rendimiento del grano. Las enfermedades son el principal factor limitante del rendimiento y la baja calidad del grano, principalmente las enfermedades de origen fúngico como el oídio (*Blumeria graminis* DC), la rinosporiosis (*Rhynchosporium secalis* Oud), fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum* Schwabe), el carbón de la cebada (*Ustilago* sp.), entre otros.

En los últimos años, el carbón ha ganado mucha importancia debido a su rápida propagación y alto umbral de daño económico, causando pérdidas de casi el 1% en las espigas, aunque se ha observado una pérdida del 27% en algunos casos graves. El carbón es un hongo agresivo que puede destruir toda la espiga. Al sembrar una semilla infectada, la enfermedad se desarrollará sistemáticamente junto con el ápice, afectando la parte superior de la espiga sin síntomas visibles antes de la floración. Las plantas enfermas son más pequeñas que las sanas y, al momento de espigar, están cubiertas por una especie de polvo negro. La espiga carbonizada aparece antes que las de las plantas sanas, pero el carbón no afecta la germinación, sino que requiere la germinación de las semillas para asegurar la infección (Larran, 2022).

Las consecuencias de un tratamiento inadecuado de las semillas pueden provocar una reducción en la germinación, el vigor y un desarrollo desigual, plantas enfermas e incluso el deterioro del cultivo, lo que lleva a obtener bajos rendimientos. Para prevenir el carbón de la cebada, es necesario utilizar desinfectantes de semillas que hayan demostrado ser efectivos en la prevención de la enfermedad (Larran, 2022).

1.3 Justificación

La cebada es el cereal más cultivado a nivel mundial después del trigo, maíz y arroz siendo esta utilizada históricamente como un importante ingrediente en la industria alimentaria. La cebada se basa en su uso diversificado como alimento para consumo humano. Una de las razones de su gran importancia se debe a la amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones (Esquisabel, 2015). Además, es un componente básico en la dieta en algunas regiones ecuatorianas que contribuye en la seguridad alimentaria de una población (Rember et al., 2020).

En Ecuador, la elaboración y consumo de cervezas artesanales ha tomado gran importancia en los últimos años. Tienen características específicas según la técnica de preparación y la variedad de cebada utilizada. Por esta razón, se ha comenzado a cultivar cebada con características malteras para la producción de cervezas artesanales (Ponce et al., 2020).

A pesar de la importancia de la cebada para la economía agrícola, en Ecuador se producen solo 24 000 toneladas al año, con una productividad promedio de 0.60 toneladas por hectárea y con

costos de producción de hasta US\$ 700 por hectárea. El 40% de la producción ecuatoriana se utiliza para producir cerveza, mientras que los excedentes se comercializan en mercados locales y sirven para generar subproductos para la alimentación animal y humana (Velásquez et al., 2022).

Cervecería Nacional a través de su programa “Siembra por Contrato” tiene como objetivo permitir que los productores tengan un mercado seguro para su producción, desarrollar cultivos en nueve provincias del país, entre las que se incluyen Guayas, Los Ríos, Bolívar, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Tulcán y Azuay, manejando ajustes tecnológicos que permitan obtener una relación rendimiento/calidad óptima para cada sector del país (Correa, 2024).

El carbón puede llegar a causar pérdidas significativas en el rendimiento del grano y la calidad de la semilla. El programa Cervecería Nacional ha optado por probar diferentes desinfectantes de semilla contra el carbón, buscando así los más efectivos en la reducción de esta enfermedad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la eficacia de desinfectantes de semilla en la prevención de *Ustilago* sp. en cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura, Imbabura.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Comparar la respuesta agronómica de líneas promisorias y variedades mejoradas de cebada maltera bajo los tratamientos en estudio.
- Analizar la patogenicidad de *Ustilago* sp. en los materiales genéticos evaluados con el uso de desinfectantes.

1.5 Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en la eficacia de desinfectantes de semillas en la prevención de carbón en cebada maltera.

Ha: Existe una diferencia significativa en al menos en uno de los desinfectantes de semillas en la prevención de carbón en cebada maltera.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia del cultivo de cebada y su producción

La cebada maltera es un cultivo estratégico para la industria cervecera y alimentaria, por lo que mantener la sanidad de las semillas es fundamental para garantizar altos rendimientos y calidad del grano.

La demanda global de cebada se mantiene fuerte y muestra un leve aumento para la campaña 2024/25, siguiendo la tendencia general de los cereales secundarios. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el uso total de cereales secundarios, que incluye la cebada, se estima en 1 534 millones de toneladas, lo que representa un crecimiento del 1.1 % respecto al año anterior, impulsado principalmente por un mayor uso como alimento para animales en países como China y Rusia. Aunque el comercio internacional de estos cereales, incluida la cebada, ha experimentado una ligera disminución, la demanda para consumo y producción industrial, especialmente en la industria cervecera y de alimentación animal, sigue siendo considerable (FAO, 2025).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (2024) menciona que, en Ecuador, la demanda de cebada se centra en la industria cervecera, que tradicionalmente ha dependido de importaciones. No obstante, el país está implementando un programa ambicioso para reemplazar estas importaciones con producción nacional. Se espera que para 2030 se cultiven más de 20 000 hectáreas de cebada maltera a nivel nacional, creando aproximadamente 175 000 empleos en el sector agrícola y permitiendo que la industria cervecera local se abastezca por completo con cebada producida en Ecuador.

Actualmente, la producción nacional de cebada cervecera no satisface completamente la demanda interna, por lo que la industria continúa dependiendo de importaciones. Sin embargo, gracias a iniciativas como el programa "Siembra por Contrato" de Cervecería Nacional, que ya beneficia a 2.000 agricultores, la productividad ha aumentado notablemente, pasando de 1.4 toneladas por hectárea en 2021 a 4 toneladas por hectárea en 2023. La meta es que para 2030 toda la cebada maltera utilizada en la elaboración de cervezas ecuatorianas provenga de cosechas nacionales, disminuyendo así la dependencia de importaciones y fortaleciendo la cadena productiva local (El universo, 2024).

2.2 Importancia de los desinfectantes de semilla en la prevención de enfermedades

Los fungicidas utilizados para el tratamiento de semillas son fundamentales para proteger los cultivos desde sus etapas iniciales, ya que ayudan a controlar las enfermedades causadas por hongos que pueden afectar la germinación y el crecimiento temprano de las plantas. Estos productos pueden ser sistémicos, penetrando en la plántula para ofrecer protección interna, o de contacto, actuando directamente sobre la superficie de la semilla para impedir la infección por hongos (Andrade, 2002).

Ponce et al. (2021) en su manual explica que la aplicación de productos químicos para el control de patógenos transmitidos por semilla es el método más seguro, barato y efectivo. La ventaja principal de los tratamientos químicos de semillas consiste en que, cuando se logra fijar el producto con exactitud, uniformidad y seguridad, éste queda ubicado en el sitio donde su acción es más eficaz.

Estudios en cereales como trigo y cebada han demostrado que la aplicación de fungicidas específicos a la semilla puede disminuir la infección por hongos patógenos, como *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (causante de la pudrición radical) y *Ustilago* sp. (causante de carbolla), lo que se traduce en un aumento significativo del rendimiento y calidad del grano (Andrade, 2002).

2.3 Tipos de fungicidas químicos

El papel fundamental de los fungicidas es matar e inhibir el crecimiento de hongos que causan enfermedades en las plantas, su función principal es proteger a la planta de infecciones fúngicas que causan una disminución en el rendimiento y calidad de los cultivos. Se pueden clasificar en tres tipos: fungicidas de contacto, sistémicos y translaminares (Jebagro, 2023).

2.3.1 Fungicidas de contacto

Los fungicidas de contacto son los que actúan sobre la superficie de la planta, formándose una barrera protectora lo que impide el desarrollo del hongo. Se lo utiliza para controlar enfermedades superficiales y como medidas preventivas. Algunos fungicidas de contacto se encuentran el azufre, cobre y mancozeb (Smeap, 2024).

2.3.2 Fungicidas sistémicos

Los fungicidas sistémicos son efectivos para controlar infecciones internas. Estos fungicidas son absorbidos por las plantas y se desplazan a través del sistema vascular, brindando protección interna y eliminando infecciones establecidas. Ejemplos de fungicidas sistémicos incluyen azoxistrobina, propiconazol y tebuconazol (Smeap, 2024).

2.3.3 Fungicidas translaminares

Estos fungicidas combinan los beneficios de los fungicidas sistémicos y de contacto. Son aplicados en la superficie de la planta, penetran la cutícula de la hoja y se distribuyen dentro del tejido foliar, proporcionando protección en la superficie de la hoja como en su interior (Jebagro, 2023).

Entre los fungicidas más frecuentes y efectivos para la desinfección de semillas se encuentran combinaciones como carboxin con captan (Vitavax), piraclostrobina con tiofanato-metilo (como Acronis), difenoconazol (Dividend Formula M), entre otros. Estos fungicidas protegen contra patógenos como *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium* y *Phytophthora*, responsables de enfermedades como pudriciones y damping-off, que pueden afectar la salud y vigor de las plántulas (ADAMA, 2022).

La efectividad de estos productos se optimiza al aplicarlos en las dosis recomendadas y, en algunos casos, combinándolos para ampliar el espectro de acción y disminuir la posibilidad de resistencia. Por ello, el tratamiento químico de semillas es una práctica clave para garantizar un establecimiento rápido y saludable de los cultivos, especialmente en condiciones desfavorables de suelo y clima.

2.4 Clasificación taxonómica de la cebada

La cebada recibe el nombre científico de *Hordeum vulgare* L. y pertenece a la familia de las gramíneas. Su taxonomía se describe a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación taxonómica de la cebada

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

Fuente: Ponce et al (2020).

2.5 Descripción botánica del cultivo

2.5.1 Raíz

La cebada presenta un sistema radicular fasciculado y de consistencia fibrosa y sus raíces no alcanzan gran profundidad en comparación con otros cereales. La planta presenta dos tipos de raíces: Raíces seminales y adventicias. Las primeras se desarrollan en la etapa de germinación hasta el macollamiento. Las raíces adventicias se desarrollan desde la base del tallo una vez que la planta madura (Rember et al., 2020).

2.5.2 Tallo

El tallo de esta planta es hueco y erecto y no se distingue el floema de xilema, contiene de 5 a 7 entrenudos, que, dependiendo de la variedad, pueden tener una altura entre 0.6 a 1.3 m de altura de donde emergen las hojas formando un follaje muy denso. El tallo al completar su desarrollo termina en una inflorescencia denominada espiga (Suárez y Villavicencio, 2010).

2.5.3 Hojas

Las hojas de la cebada constan de dos partes: la vaina y la lámina; estas nacen de los nudos del tallo y se encuentran dispuestas de manera alterna; la parte inferior de la hoja envuelve al tallo, mientras que la parte superior termina en una prolongación membranosa de forma ovalada, llamada lígula (Figura 1) (Suárez y Villavicencio, 2010).

Figura 1

Partes de la hoja de la cebada

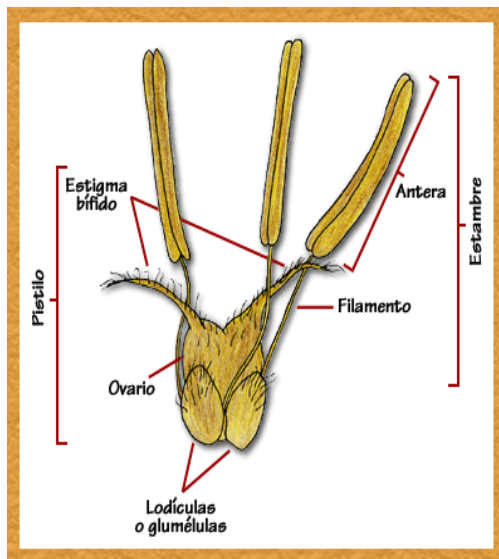


Fuente: Suárez y Villavicencio (2010).

2.5.4 Flor

Cada flor tiene tres estambres y un pistilo, compuesto por un ovario y un estigma bífido o dividido. En la figura 2 nos muestra que, en la base del pistilo, entre el ovario y la lemma, se encuentran dos lodículas, las cuales se hinchan durante la polinización, ayudando a la apertura de la flor (Caiza, 2023).

Figura 2
Partes de la flor de la cebada



Fuente: Caiza (2023).

2.5.5 Espiga

La espiga puede presentar diferentes características, como la presencia o ausencia de barbas, así como su textura, que puede ser lisa o dentada. Está compuesta por espiguillas dispuestas en grupos de tres a lo largo del raquis. Si todas las espiguillas son fértiles, se forma una espiga de seis hileras, mientras que, si solo son las espiguillas centrales, se origina una espiga de dos hileras (Ponce et al., 2020).

2.5.6 Grano

El grano de cebada es un fruto tipo cariósipside ovalada, con surcos y extremos redondeados, que generalmente está cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, aunque también puede ser desnudo. Este fruto es seco, no se abre espontáneamente y contiene una sola semilla que se compone de dos partes: el embrión y el endospermo. Puede presentar diferentes colores, como blanco, amarillo, negro entre otros, como se indica en la Figura 3.

Figura 3
Diversidad de semillas en la cebada



Fuente: Caiza (2023).

2.6 Etapas fenológicas

2.6.1 Germinación

La germinación de la cebada ocurre en un lapso de 1 a 5 días y este proceso está influenciado por la temperatura y la humedad del suelo. Durante la germinación, la semilla se hidrata y el germen activa las reservas nutritivas del embrión. La germinación termina con la emergencia del coleóptilo por encima del suelo (Flores, 2023).

2.6.2 Macollamiento

La cebada puede desarrollar tallos secundarios o macollos a partir de yemas axilares y del primer tallo, la densidad del cultivo influye en el número de macollos por planta, aunque también se ven afectados por los factores ambientales. Normalmente, la planta puede llegar a madurar entre uno y seis tallos, pero en condiciones favorables pueden criar hasta ocho tallos (Castillo, 2020).

2.6.3 Encañado

El encañado de la cebada comienza con la aparición del primer nudo, que se puede visualizar antes de que la planta emerja de la superficie del suelo. En esta etapa, se puede observar la futura espiga, que tendrá un tamaño de 5mm. A partir de este momento, los tallos crecen rápidamente y se estructuran en base a la formación de nuevos nudos y entrenudos. Durante el encañado se puede observar las aurículas de la hoja bandera y las aristas o barbas en la espiga (Castillo, 2020).

2.6.4 Espigamiento y floración

Cuando la espiga emerge es porque se ha dado una emergencia completa de la vaina de la hoja bandera en el 50% de la población formándose la espiguilla apical. Aldaba (2013), explica que el inicio de la floración se da en las florecillas centrales de la espiga y continuando tanto hacia arriba como hacia debajo de la misma. A continuación, el acercamiento a la antesis, lodículos

de la base del ovario se hincha, se abre la flor y filamentos se alargan, a medida que emerge la flor las anteras emergen, esparciéndose polen sobre el estigma, podría presentarse una polinización cruzada si se abre la flor antes de que dichas anteras derramen el polen.

2.6.5 Formación del grano

Después de la polinización, el grano experimenta un rápido crecimiento en longitud, finalizando este proceso al séptimo día, momento al que comienza a aumentar la materia seca. En el caso de las cebadas cerveceras, al noveno día las glumas se adhieren al grano y este adquiere un tono amarillento. A las dos semanas, inicia el estadio de grano pastoso, coincidiendo con el máximo contenido de agua y el cese del aumento de materia seca. Durante esta etapa, la palea comienza a amarillar desde el centro de su parte dorsal. El llenado del grano depende del suministro de carbohidratos y citoquininas y se completa aproximadamente 30 días después de la antesis (Andrade, 2020).

2.6.6 Indicadores de la maduración de la cebada

La madurez del grano se manifiesta cuando las glumas y el pedúnculo pierden por completo su color verde, y la humedad del grano disminuye hasta alcanzar un treinta o cuarenta por ciento. En este punto, el grano ha alcanzado su máximo peso y no acumulará más materia seca. En el campo, se considera que el grano está listo para la trilla cuando la humedad ha disminuido a un trece o catorce por ciento. Este proceso es fundamental para determinar el rendimiento final del cultivo (Sánchez, 2023).

2.7 Manejo del cultivo de cebada

2.7.1 Preparación del suelo

La preparación del terreno es fundamental para el cultivo de la cebada. Si no se va a emplear la plantación directa, es necesario preparar lo que implica la incorporación del rastrojo o residuos presentes en el lote seleccionado mediante el uso del arado, con uno o dos meses de antelación a la siembra. Además, se deben realizar dos pases de rastra para que el suelo quede bien mullido o suelto antes de colocar la semilla. La bioseguridad en cultivos, por otro lado, consiste en una serie de prácticas de gestión diseñadas para prevenir, minimizar o controlar la introducción y la propagación de las plagas de las plantas, incluidas las enfermedades, las malas hierbas y los insectos (Ponce et al., 2020).

2.7.2 Siembra

La siembra de la cebada se recomienda hacer al inicio de la época lluviosa planificando que para la cosecha coincida en la época seca. Existen diferentes métodos de siembra y los más utilizados son: manual o al voleo y mecanizada (sembradora o boleadora). Para tener una

excelente germinación se debe tener en cuenta que la semilla no quede muy profunda o superficial, siendo los 5cm de profundidad lo ideal (Ponce et al., 2020).

2.7.3 Calidad y cantidad de semilla

Es importante utilizar una semilla de buena calidad, que sea certificada, que el porcentaje de germinación sea superior al 85% y debe estar desinfectada para evitar enfermedades transportadas por la semilla. La cantidad recomendada para la siembra es de 150 kg ha⁻¹ (Farras, 2019).

2.7.4 Fertilización

La fertilización de la cebada debe adaptarse a las condiciones climáticas y edafológicas, así como a la rotación de cultivos. En el caso de la cebada cervecera, que se caracteriza por un bajo contenido de nitrógeno y un alto contenido de almidón, se requiere un suministro significativo de potasio y fósforo. La dosis óptima de abonado y el momento de aplicación deben ser cuidadosamente planificados, teniendo en cuenta factores como la absorción de nutrientes, la disponibilidad de elementos en el suelo y la eficacia real del abonado (Sánchez, 2023).

2.7.5 Cosecha

La cebada tiene un ciclo vegetativo de alrededor de 150 días, desde su germinación hasta su madurez fisiológica, representada en una espiga con granos secos, amarillos y llenos de almidón. Es importante que la humedad del grano cosechado no supere el 18%. En la sierra ecuatoriana, la cosecha se realiza manualmente con la ayuda de una hoz para los cortes de espigas y formación de gavillas para ser agrupadas. Es fundamental tener en cuenta las épocas secas para que el grano pueda conservarse en buenas condiciones de almacenamiento (Sánchez, 2023).

2.8 Principales enfermedades

2.8.1 Roya amarilla

La roya amarilla es una enfermedad que afecta a la cebada y es causada por el hongo *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*. Este patógeno puede atacar tanto al follaje como a las espigas, y se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo o estriado en dirección de las nervaduras de las hojas. La roya amarilla puede reducir el rendimiento de la cebada hasta en un 70%, por lo que es importante combatirla utilizando variedades resistentes a este patógeno.

2.8.2 Roya de la hoja

También conocida como roya parda generada por el hongo, *Puccinia horedi* Otth que surge en forma de pústulas pequeñas de color amarillo parduzco ladrillo sobre las hojas de las plantas.

El hongo permanece generalmente en los residuos de cosecha, se esparce por el viento permanentemente y ataca a los nuevos cultivos (Sánchez, 2023).

2.8.3 Carbón

La cebada puede ser afectada por el hongo *Ustilago* sp, conocido como carbón desnudo, el cual infecta las semillas durante la floración y se convierte en la fuente primaria de inóculo para el siguiente cultivo. El hongo sobrevive dentro de la semilla y, al germinar, su micelio se propaga hacia arriba dentro de la planta hasta la yema apical y el primordio seminal. La enfermedad se manifiesta desde la época de la floración, antes de que las espigas salgan de la vaina que las rodea, y solo es visible tras la emergencia de la espiga. Las espigas infectadas emergen antes que las demás y son fácilmente reconocibles, ya que están sustituidas por una masa de esporas de carbón tipo hollín.

Las teliosporas que se forman en semillas infectadas sistemáticamente infectan a su vez a las semillas nuevas adyacentes o cercanas. La forma de combatir esta enfermedad es a través del uso de semilla de calidad y la desinfección de esta (Ponce et al., 2020).

2.9 Marco legal

La presente investigación tiene su fundamentación en base a las leyes y estatutos emitidos por el estado ecuatoriano, siendo los más importantes:

Que, el artículo 57 número 12, de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce como derecho de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora. Se prohíbe toda forma de apropiación sobre sus conocimientos, innovaciones y prácticas.

Artículo 57.- Rige sobre la protección y manejo sostenible de los suelos destinados para la producción agropecuaria.

Artículo 73.- Dicta las normativas sobre el uso y manejo de productos químicos en la actividad agrícola, asegurando la protección ambiental.

La Asamblea Nacional del Ecuador mediante la Ley Orgánica de Régimen Alimentario, en 2011 misma que estableció implementar políticas agroalimentarias con el objetivo de fortalecer la agrobiodiversidad, respetando las normas, conocimientos y métodos de producción

tradicionales y ancestrales. Estas políticas incluyen la protección a través de la asociación de cultivos, la investigación, la conservación de especies y la creación de bancos de semillas que fomentan la agrobiodiversidad.

El nexo entre el PND y la Agenda 2030 permite realizar la alineación con el resto de los instrumentos del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa en los niveles sectorial, institucional, territorial y presupuestario. En relación con lo expuesto, la Secretaría Nacional de Planificación ha trabajado en el diseño de metodologías y herramientas técnicas para la vinculación de los ODS con la planificación nacional.

El Plan de Desarrollo Para el Nuevo Ecuador se ha vinculado con el Estado donde PND cuenta con 5 ejes: Social, desarrollo económico, infraestructura, energía y medio ambiente.

El objetivo del PND es fomentar a la incorporación y modernización de infraestructuras para la producción en los ámbitos energético, vial, tecnológico, entre otros, en un marco de sostenibilidad ambiental y conservación de los recursos naturales, con énfasis en mecanismos de adaptación y resiliencia frente a los efectos del cambio climático.

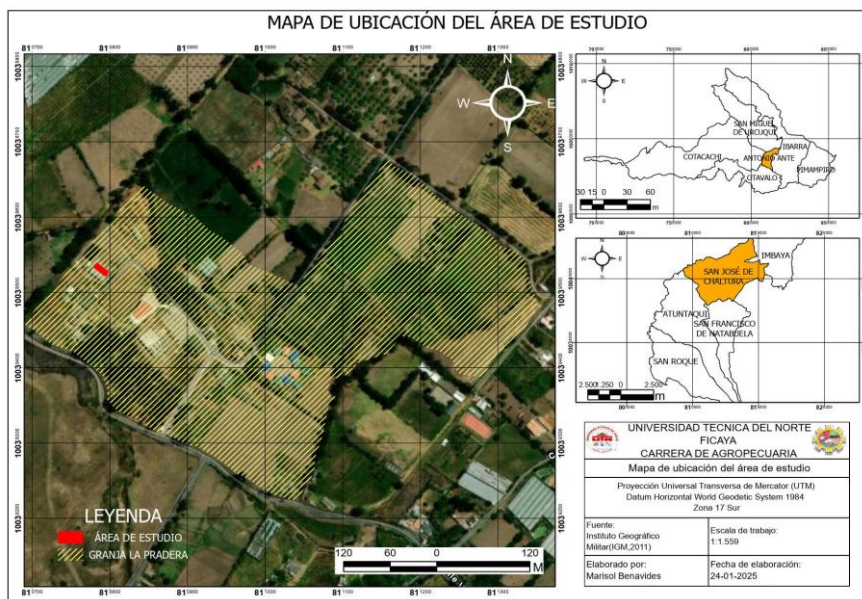
CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental “La Pradera”, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la parroquia de San José de Chaltura en el cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura (Figura 4).

Figura 4
Ubicación geográfica de la Granja Experimental la Pradera



En la Tabla 2 se muestran las características edáficas y climáticas de Chaltura-Imbabura.

Tabla 2
Características agroclimáticas de Chaltura

Característica	Detalle
Altitud	2300 m s.n.m.
Latitud	N°21'19.1"
Longitud	O78°12'20.7"
Temperatura máxima	25°C
Temperatura mínima	14°C
Precipitaciones	700-950 mm anuales
pH del suelo	7.6

Fuente: Correa (2024)

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron en el desarrollo del experimento, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3*Materiales utilizados durante la experimentación*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libreta de campo	Computadora	Fertilizantes	Azadón
Carteles	Celular o Cámara	Semillas de cebada	Bomba
Cinta métrica		Sustrato esterilizado	Implementos para las labores culturales
Estacas			
Piola			
Fundas			

3.3 Métodos

La metodología utilizada fue proporcionada por el programa de Siembra por Contrato de Cervecería Nacional detallada en su protocolo de investigación 2023, misma que se ha venido consolidando a través de los años, estableciendo las variables de interés, las escalas de referencia y objetivos a conseguir; esto se ha logrado y definido específicamente de acuerdo con resultados obtenidos en investigaciones previas a la presente.

3.3.1 Factor en estudio

Para la presente investigación se tuvo dos factores de estudio, desinfectante (3) y las líneas de cebada (6).

1. Desinfectante de semilla

- D1: Carboxin + Thiram
- D2: Thiamethoxam + Thiram + Carboxin
- D3: Thiram
- D4: Testigo

2. Líneas promisorias con la variedad

- L1: INIAP-ALFA 2021
- L2: ABI-VOYAGER
- L3: 2IK16-0671
- L4: 2IK16-0710
- L5: 2IK16-0812
- L6: ANDREIA

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos son los resultados de la interacción entre los factores en estudio (Tabla 4) en relación con los niveles de cada factor que fueron aplicados de manera aleatoria en distintas unidades experimentales.

Tabla 4

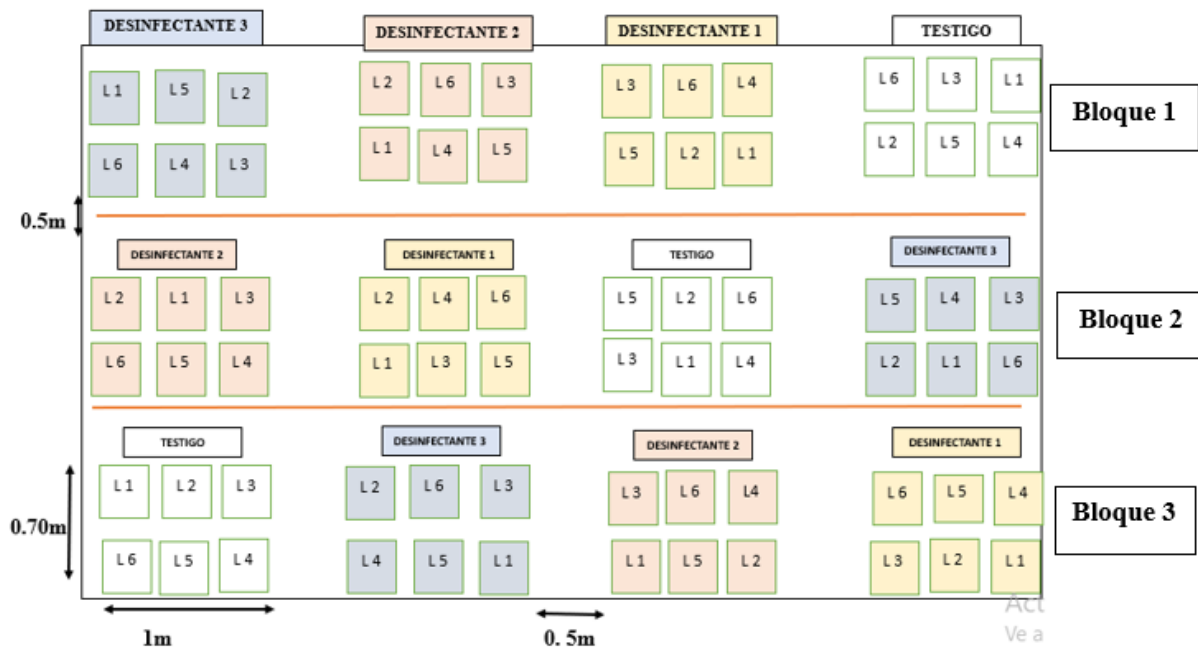
Descripción de los tratamientos de los factores de estudio

Tratamiento	Codificación	Descripción
T1	D1 L1	Carboxin+Thiram+ INIAP-ALFA 2021
T2	D1 L2	Carboxin+Thiram+ABI-VOYAGER
T3	D1 L3	Carboxin+Thiram+ 2IK16-0671
T4	D1 L4	Carboxin+Thiram+ 2IK16-0710
T5	D1 L5	Carboxin+Thiram+ 2IK16-0812
T6	D1 L6	Carboxin+Thiram+ ANDREIA
T7	D2 L1	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ INIAP-ALFA 2021
T8	D2 L2	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ ABI-VOYAGER
T9	D2 L3	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ 2IK16-0671
T10	D2 L4	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ 2IK16-0710
T11	D2 L5	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ 2IK16-0812
T12	D2 L6	Thiamethoxam+Thiram+Carboxin+ ANDREIA
T13	D3 L1	Thiram+ INIAP-ALFA 2021
T14	D3 L2	Thiram+ ABI-VOYAGER
T15	D3 L3	Thiram+ 2IK16-0671
T16	D3 L4	Thiram+ 2IK16-0710
T17	D3 L5	Thiram+ 2IK16-0812
T18	D3 L6	Thiram+ ANDREIA
T19	T L1	Testigo+ INIAP-ALFA 2021
T20	T L2	Testigo+ ABI-VOYAGER
T21	T L3	Testigo+ 2IK16-0671
T22	T L4	Testigo+ 2IK16-0710
T23	T L5	Testigo+ 2IK16-0812
T24	T L6	Testigo+ ANDREIA

3.3.3 Diseño experimental

La unidad experimental fue determinada por diez semillas y posteriores semillas distribuidas en dos macetas (5 semillas en cada maceta). El experimento se condujo bajo un Diseño Completamente al Azar Con Parcelas Divididas, siendo la parcela principal el tipo de desinfectante y las subparcelas las líneas de cebada, con un total de 72 unidades experimentales, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5
Diseño en bloques completamente al azar



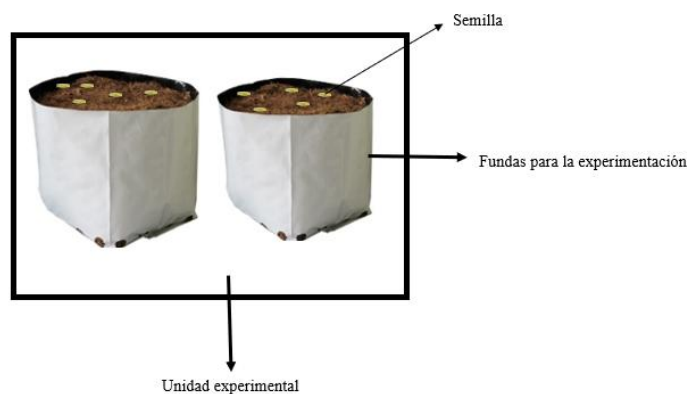
3.3.4 Características del experimento

Las principales características del ensayo fueron las siguientes:

- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 72
- Ancho total: 6.5 m
- Largo total: 8 m

3.3.4.1 Características de la unidad experimental. En cada unidad experimental se colocaron dos fundas de 15x20 cm y en cada funda se sembró 5 semillas de cebada como indica la Figura 6.

Figura 6
Unidad experimental del diseño



3.3.5 Análisis estadístico

Se comprobaron los supuestos de homogeneidad de varianzas con el uso del método estadístico de Levene. Por otro lado, el supuesto de normalidad de errores se evaluó mediante el uso del método de Shapiro Wills. Para finalmente, determinar la significancia estadística en el estudio utilizando la comparación múltiple de LSD Fisher (p-valor 0.05) mediante el programa estadístico InfoStat versión 2020 (Tabla 5).

Tabla 5
Modelo del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Desinfectantes	3
B(D)	6
Líneas de cebada	5
B(L)	10
D(L)	15
Error experimental	30
Total	72

3.4 Variables evaluadas

3.4.1 Días a la emergencia

Para días a la emergencia se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que aproximadamente el 50% de las plantas de cada unidad experimental emergieron (Figura 7).

Figura 7
Días a la emergencia de la unidad experimental



3.4.2 Días al espigamiento

Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la que cada unidad experimental presentó el 50% de sus plantas con espiga (Figura 8).

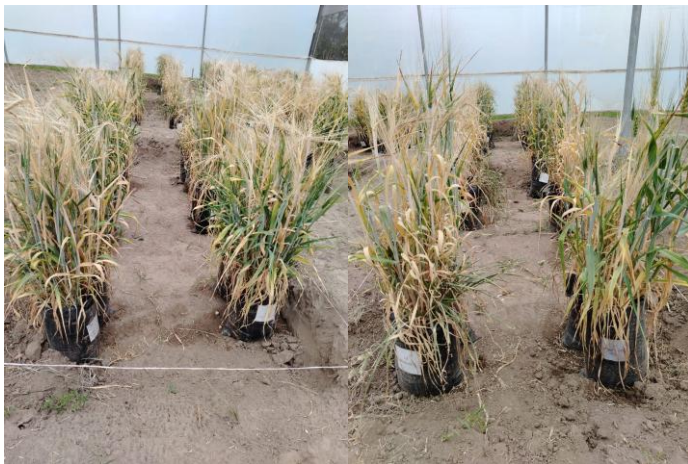
Figura 8
Fase de espigamiento del cultivo



3.4.3 Días a la madurez fisiológica

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% del endospermo de los granos de la espiga de cada unidad experimental haya perdido toda coloración verdosa (Figura 9).

Figura 9
Maduración de la cebada maltera



3.4.4 Altura de planta

A los 115 días, cuando la planta presentó una madurez completa se midió la distancia desde el suelo hasta el ápice de la espiga, incluyendo las aristas (barbas), de 6 plantas seleccionadas al azar. El dato de cada lectura se registró en centímetros.

3.4.5 Tamaño de la espiga(cm)

La evaluación se realizó, midiendo en centímetros desde la base de la espiga hasta el extremo de esta sin tomar en cuenta las aristas, para ello se tomaron al azar 6 espigas dentro de cada unidad experimental y se promedió su tamaño.

3.4.6 Peso de mil granos(g)

De la producción obtenida de cada unidad experimental se tomaron 1000 granos al azar y cada muestra obtenida fue pesada en una balanza convencional (Figura 10).

Figura 10

Peso de mil granos de las unidades experimentales

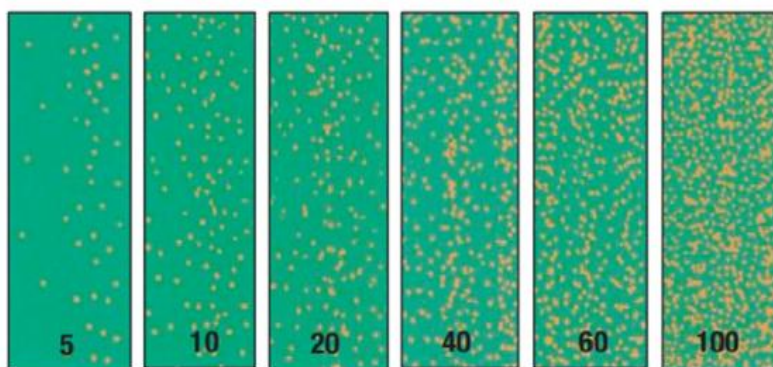


3.4.7 Evaluación de roya

Se monitoreo mediante la escala de Cobb modificada, como se muestra en la Figura 11. Este método permitió una medición precisa de la intensidad de la enfermedad en las muestras analizadas.

Figura 11

Escala de Cobb modificada, para la evaluación de severidad de la roya

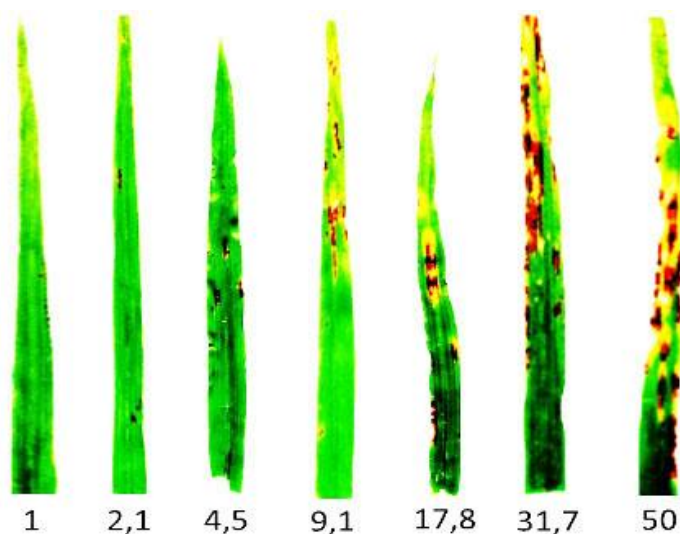


3.4.8 Evaluación de helminthosporiosis

Para la evaluación de la mancha en red se registró con ayuda de la escala de Saari-Prescott (Figura 12), que se basa en la proporción de tejido afectado, considerando tanto la severidad como la extensión de los síntomas en la planta.

Figura 12

Escala de Saari- Prescott para evaluar severidad de macha en red en cebada

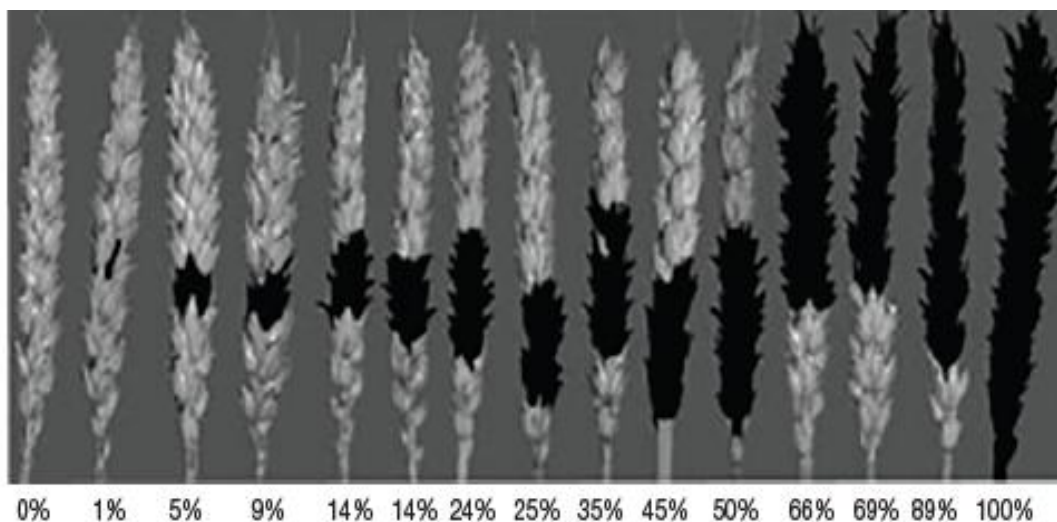


3.4.9 Severidad de carbón

Se registró el porcentaje de daño con ayuda de la escala de índice de severidad de carbón (Figura 13), de cada una de las unidades experimentales y se realizó el conteo de plantas enfermas.

Figura 13

Escala para medir la severidad del carbón



3.4 Manejo específico del experimento

3.4.1 Esterilización del sustrato

El sustrato que se lo realizó (mezcla de tierra, pomina, abono orgánico y abono químico) fue sometido a esterilización bajo el método de solarización (Figura 14) (Aguirre, 2013).

Figura 14

Esterilización del sustrato bajo el método de solarización



3.4.2 Recolección y preparación del inóculo

La colecta se lo realizó de las espigas de cebada afectadas por carbón y en las que se mostraron los síntomas característicos de la enfermedad. El material infectado fue colocado en recipientes y en un lugar seco (Figura 15).

Figura 15

Recolección del carbón de plantas contaminadas



3.4.3 Inoculación

La inoculación del hongo de carbón se realizó de forma manual (Figura 16). Para ello se mezclaron las semillas con el material infectado, previamente recolectado. Esta mezcla se llevó a cabo tres días antes de la siembra, lo que permitió que el hongo se integre de manera efectiva en las semillas (García et al., 2018).

Figura 16

Inoculación del hongo en las semillas de cebada



3.4.4 Preparación y aplicación de los tratamientos

Para la desinfección de la semilla se utilizó un recipiente y se colocó 0.06 ml de desinfectante en 40 g de semilla de cebada, se mezcló y se esperó aproximadamente 10 minutos (Figura 17). Luego del proceso de desinfección a las semillas contaminadas se procedió a la siembra.

Figura 17

Desinfección de la semilla de cada uno de los tratamientos



3.4.5 Siembra

Las fundas (15x20 cm) fueron rellenas con el sustrato previamente esterilizado, sembrándose en cada una cinco semillas de cebada. Luego de la siembra las unidades experimentales se mantuvieron bajo cubierta (Figura 18).

Figura 18

Siembra de semillas en las fundas



3.4.6 Seguimiento y control en el desarrollo de las unidades experimentales

Después de la siembra se dio riego según las necesidades de la planta, sin embargo, desde el día 50 en adelante se procedió a regar diariamente. Además, es necesario indicar que se siguió la evolución fenológica y de crecimiento durante el ciclo del cultivo hasta la fase de espiga y cosecha, tomándose las medidas de las variables evaluadas (Figura 19).

Figura 19

Seguimiento de la fase de crecimiento durante todo el ciclo del cultivo



3.4.7 Cosecha

La cosecha se llevó a cabo de manera manual, empleando una hoz como herramienta fundamental para facilitar la recolección en cada una de las unidades experimentales. Este método tradicional de cosecha, que implica una recolección selectiva y cuidadosa de los productos, se implementó con el objetivo de minimizar el daño potencial a los especímenes y asegurar la integridad de los datos resultantes del experimento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se analizaron diferentes desinfectantes de semilla con la finalidad de disminuir la infección por hongos patógenos. Además, se analizaron 9 variables tanto agronómicas como severidad de enfermedades. Estas variables son indispensables para realizar un análisis crítico y fundamentado del comportamiento de desinfectantes ante el cultivo de cebada.

4.1 Días a la emergencia

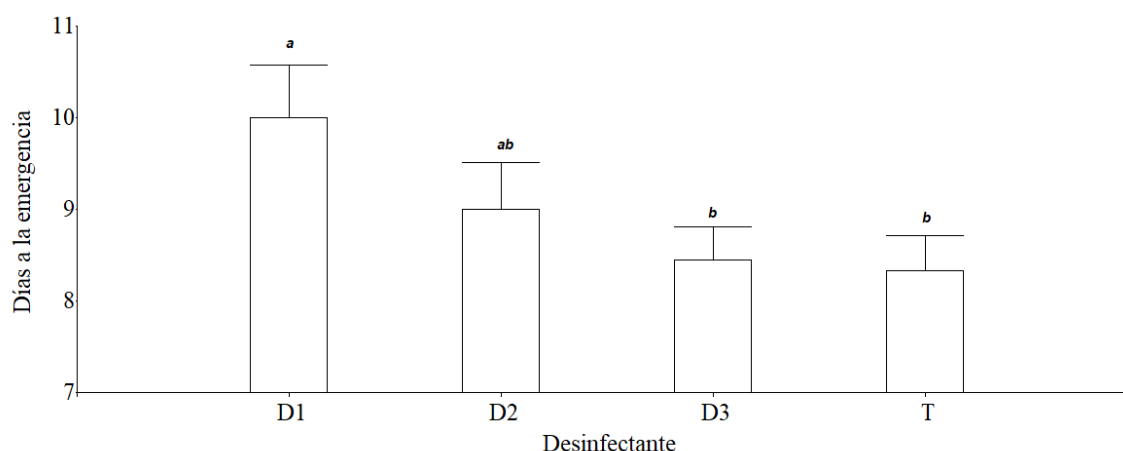
De acuerdo con los resultados de análisis ADEVA para la variable días a la emergencia descritos en la Tabla 6, se encontró que no existe interacción entre tipo de desinfectante y línea de cebada ($p=0.6838$). Sin embargo, al evaluar los factores de manera independiente, se encontró que solo existe diferencias significativas en el factor tipo de desinfectante ($p=0.0402$).

Tabla 6
ADEVA de la variable días a la emergencia del cultivo de cebada

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Desinfectante	3	46	2.65	0.0402
Línea	5	46	0.60	0.7027
Desinfectante: línea	15	46	0.79	0.6838

En la Figura 20 se muestra los resultados que indicaron que las semillas tratadas con el desinfectante 1 (Carboxin+Thiram) y desinfectante 2 (Thiamethoxam+Thiram+Carboxin) emergieron en un promedio de 9 y 10 días respectivamente, mientras que las tratadas con el desinfectante 3 (Thiram) y el testigo fueron más precoces con un promedio de 8 días.

Estos resultados son semejantes con estudios previos, como el de Sánchez (2023), que estudió 18 líneas promisorias obteniendo datos de emergencia de 10 y 11 días después de la siembra. Los dos trabajos coinciden ya que los días a la emergencia tiene un rango corto para los dos estudios (8 a 11 días), lo que muestra que las condiciones son óptimas para el cultivo. Sin embargo, las diferencias encontradas pueden deberse a las condiciones climáticas de cada uno de los ensayos, ya que el estudio de Sánchez se lo realizó a campo abierto lo que no ocurrió con el presente trabajo que fue en condiciones controladas.

Figura 20*Días a la emergencia del cultivo de cebada, factor desinfectante*

Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

Además, en el trabajo realizado por Flores (2023) donde analizó 3 líneas cerveceras se logró observar que los materiales evaluados tuvieron días de emergencia de 6 a 8 días siendo más precoces en comparación a las líneas tratadas en el estudio presente ya que tuvieron una emergencia de un promedio de 8 y 10 días, una de las diferencias encontradas pudo deberse al control fitosanitario ya que cada investigación utilizó diferentes productos para controlar enfermedades como también para el desarrollo del cultivo.

4.2 Días al espigamiento

A través del análisis de la variable días al espigamiento (Tabla 7), se observó que no existe una diferencia significativa entre el factor tipo de desinfectante y línea tratada ($p=0.7890$). Sin embargo, al evaluar independientemente los factores se encontró que hay diferencias significativas para las dos fuentes de variación con un valor de $p<0.0001$.

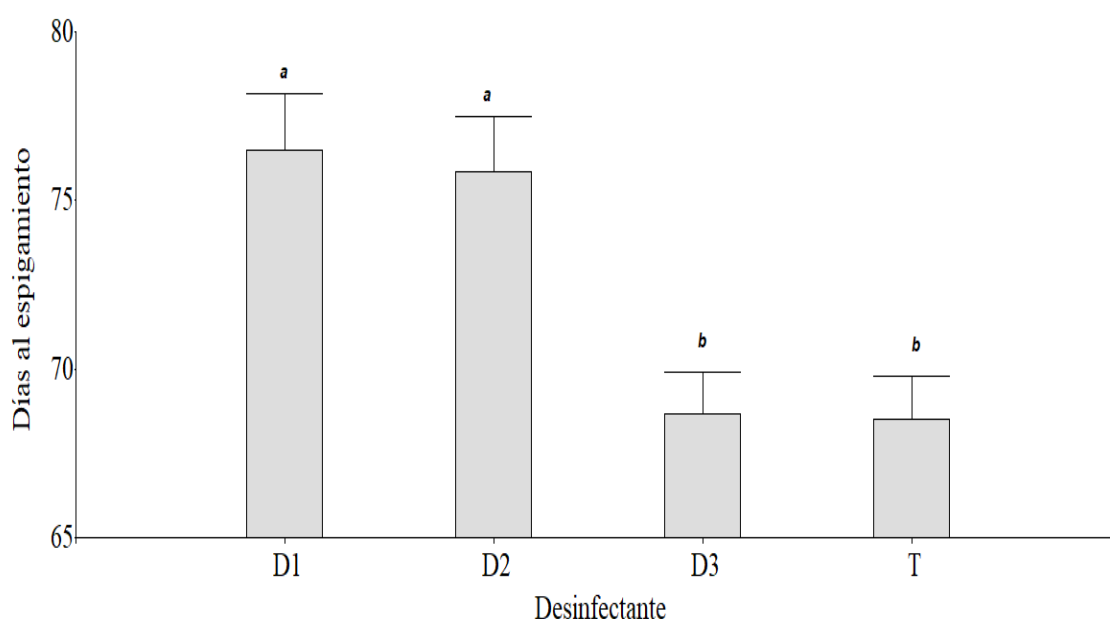
Tabla 7*ADEVA de la variable días al espigamiento de las líneas de cebada*

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Desinfectante	3	40	14.71	<0.0001
Línea	5	40	9.50	<0.0001
Desinfectante: línea	15	40	0.68	0.7890

Los resultados obtenidos indican que las semillas tratadas con los desinfectantes: D1 (Carboxin + Thiram) y D2 (Thiametoxam + Thiram + Carboxin) presentaron una notable similitud en el tiempo requerido para alcanzar el espigamiento, con una diferencia promedio de 0.64 días entre ambos tratamientos. Sin embargo, es relevante destacar que las semillas sometidas a estos tratamientos fueron las que mostraron el mayor retraso en comparación con las semillas tratadas con el desinfectante 3 (Thiram) y el testigo, las cuales alcanzaron el espigamiento en un período significativamente más corto de 68 días, como se ilustra en la Figura 21. Cabe mencionar que las semillas tratadas con el desinfectante 1 y 2 mostraron ser más tardíos en cuanto a la emergencia y al espigamiento, en comparación al desinfectante 3 y el testigo.

Figura 21

Días al espigamiento de las líneas de cebada, factor desinfectante

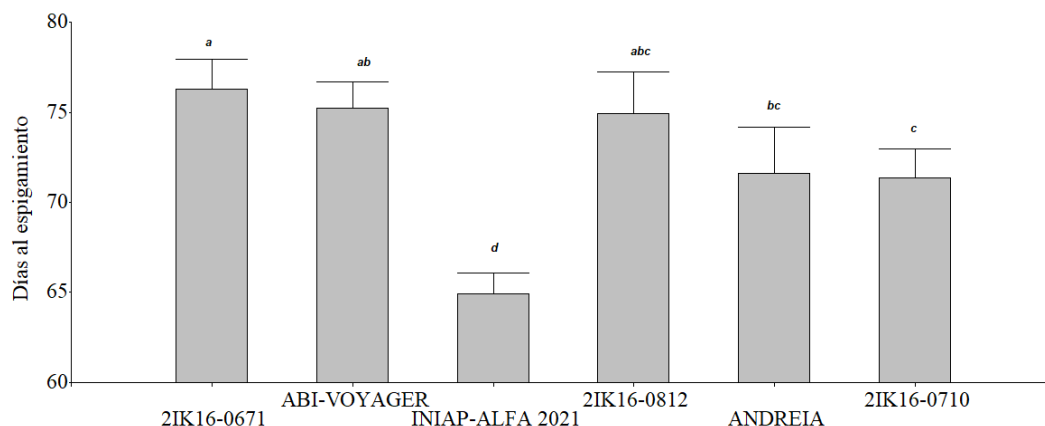


Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

En la Figura 22 se observa el comportamiento de las líneas tratadas con diferentes desinfectantes, con relación a los días al espigamiento, indicando que la línea 1 (INIAP-ALFA 2021) se destacó por su precocidad en comparación con las demás líneas tratadas, alcanzando el espigamiento a los 64.92 días. No obstante, las líneas 6 (ANDREIA) y 4 (2IK16-0710) mostraron similitud, espigando a los 71 días, mientras que, las más tardías fueron L2 (ABI-VOYAGER) espigando a los 75.25 días, la línea 3 (2IK16-0671) con 76.27 días y la línea 5 (2IK16-0812) espigando a los 74.90 días.

Figura 22

Días al espigamiento de las líneas tratadas para el factor línea



En un estudio realizado por Ceballos (2024) donde evaluó el comportamiento agronómico de tres variedades de cebada cervecera bajo las condiciones de Chaltura, mostro resultados que al aplicar fungicida tuvieron mayor precocidad en los días de espigamiento (61 días) en comparación a las líneas que no tuvieron aplicación de fungicida (63 días). Los resultados que presenta Ceballos en su investigación al compararlos con el presente trabajo presentan una mayor precocidad ya que el presente estudio tuvo días de espigamiento de 68 a 76 en líneas que fueron tratadas con desinfectantes.

Además, nos indica que la línea INIAP ALFA 2021 al aplicarle fungicida llegó a espigar al día 57 y la línea ABI VOYAGER espigo a los 60 días. En la presente investigación se obtuvo que la variedad INIAP ALFA 2021 y ABI VOYAGER fueron más tardías en comparación del estudio de Ceballos (64 y 75 días). Demostrando así que el desinfectante si afecta directamente en el comportamiento del cultivo.

Por otro lado, los resultados documentados por Benavides (2024) reportó un rango de tiempo de espigamiento más corto (66 y 69 días) en comparación con el presente estudio donde presento tiempos más tardíos (71 a 74 días) en las variedades 2IK16-0710, 2IK16-0671, ABI-VOYAGER y 2IK16-0812. Indicando que existe una gran influencia del desinfectante en cada una de las líneas tratadas.

4.3 Días a la madurez fisiológica

En la evaluación de la variable días a la madurez fisiológica se evidenció que no existen diferencias significativas entre el factor tipo de desinfectante y línea de cebada con un valor de $p=0.6849$, por otra parte, al evaluar los factores independientemente se observaron diferencias significativas para el desinfectante ($p<0.0001$) y la línea ($p=0.0269$) como se muestra en la

Tabla 8.

Tabla 8

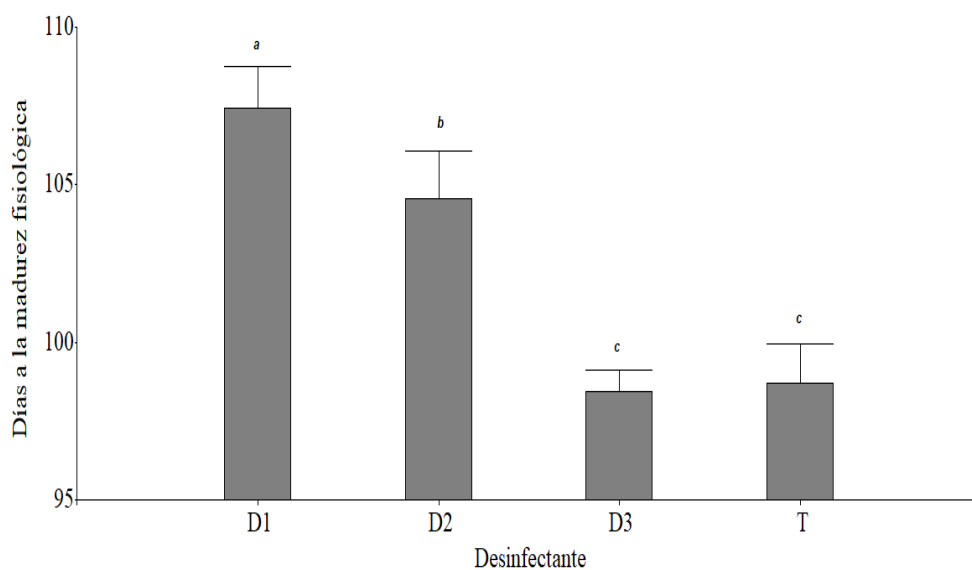
ADEVA de la variable días a la madurez fisiológica del cultivo de cebada

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Desinfectante	3	40	17.67	<0.0001
Línea	5	40	2.86	0.0269
Desinfectante: línea	15	40	0.79	0.6849

En los resultados obtenidos para la madurez fisiológica, se identificó que el tratamiento D1 (Carboxin+Thiram) presenta una diferencia con el D2 (Thiamethoxam+Thiram+Carboxin) llegando a la madurez a los 107.44 y 104.55. Lo anterior indica que las plantas obtenidas de semillas tratadas presentaron un retraso mayor en los días a la madurez en comparación con el D3 (Thiram) (98.44) y el Testigo (98.69). Existiendo entre las dos una gran similitud (Figura 23).

Figura 23

Días a la madurez fisiológica de la cebada, factor desinfectante

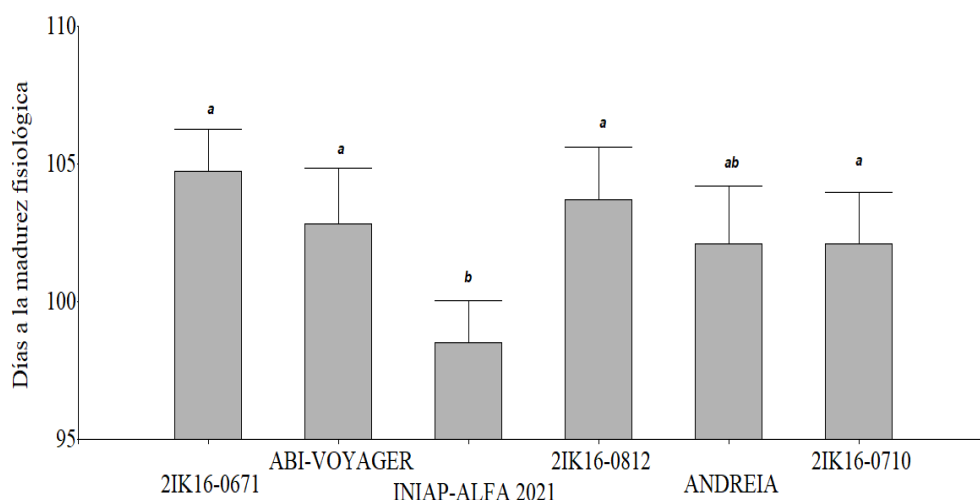


Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

En la Figura 24 se puede observar que la línea INIAP-ALFA 2021 presenta diferencias significativas (98.50 días) en comparación con las otras líneas tratadas, teniendo un rango de madurez de 102 a 104 días.

Figura 24

Días a la madurez fisiológica con el factor línea.



En el presente estudio la madurez fisiológica de la línea INIAP- ALFA-2021 fue la que se destacó por su precocidad, madurando a los 98 días, siendo similar con el estudio de Sánchez (2023) que indicó una maduración de 95 días, siendo la línea que presentó menor tiempo en madurar en comparación con las otras líneas, sin embargo, para las líneas ABI VOYAGER, 2IK16-0710, 2IK16-0812 y 2IK16-0671, Sánchez indicó un rango de 100 a 103 días.

Estos datos coinciden con el presente estudio, donde se reporta un rango de 102 a 104 días de madurez fisiológicas para las líneas ABI VOYAGER, 2IK16-0710, 2IK16-0812 y 2IK16-0671, lo cual reafirma que el genotipo de la línea juega un papel importante en el tiempo de maduración de la cebada.

Correa (2024) en su estudio de dos tipos de siembra (manual y mecanizada) mostró resultados de 104 y 105 días para las líneas 2IK16-0671, 2IK16-0710, 2IK16-0812 y ABI VOYAGER lo que coincide con el presente trabajo donde se muestran datos de 102 a 104 días, sin embargo, las diferencias observadas pueden deberse a factores externos como la metodología utilizada y diferentes tratamientos de estudio.

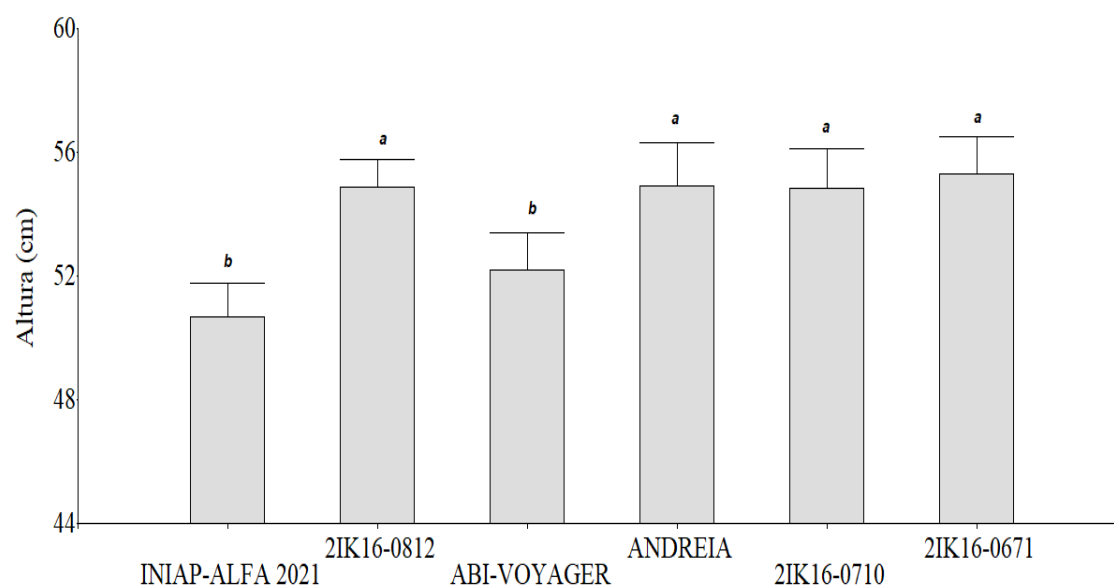
4.4 Altura de la planta

Los resultados a través de la ADEVA Tabla 9 indican que no existen diferencias significativas para los factores línea promisorio de cebada y tipo de desinfectante ($p=0.1289$). Sin embargo, al evaluar los factores independientemente, se encontró que tanto el factor línea ($p=0.0064$) como para el desinfectante ($p=0.0003$) existen diferencias significativas.

Tabla 9*ADEVA para la variable altura de planta de las líneas tratadas*

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	5	343	3.29	0.0064
Desinfectante	3	343	6.55	0.0003
Línea: Desinfectante	15	343	1.43	0.1289

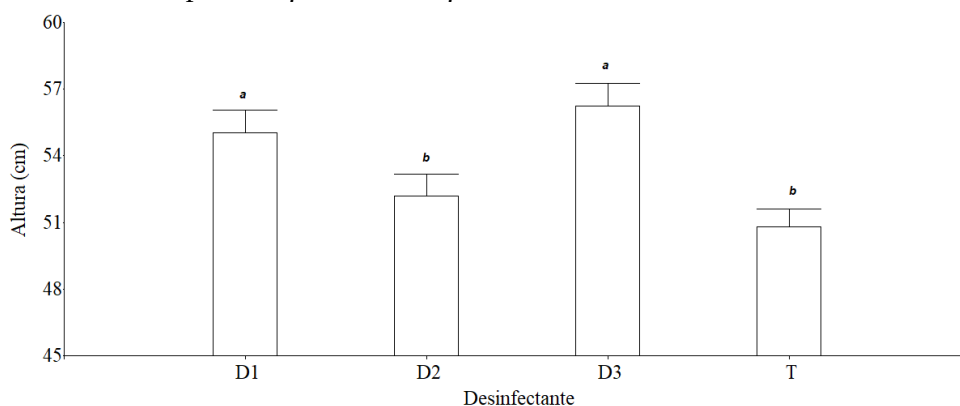
En la Figura 25 se muestran los resultados obtenidos identificándose que la línea 2IK16-0812, ANDREIA, 2IK16-0710 y 2IK16-0671 presentaron resultados similares (54.84 hasta 55.30 cm). Sin embargo, las líneas INIAP-ALFA 2021 y ABI-VOYAGER mostraron alturas menores (50.69 a 52.18 cm) en comparación con las líneas mencionadas anteriormente.

Figura 25*Altura de planta factor línea*

La Figura 26 muestra que las líneas tratadas con el desinfectante 3 (Thiram), alcanzaron la mayor altura, registrando 56.25cm mientras que el testigo exhibió el menor crecimiento con valores de 50.81cm. Es importante señalar que el D2 (Thiamethoxam+Thiram+Carboxin) (52.17cm) se alinea con el valor del testigo y el D1 (Carboxin+Thiram) (55.04 cm) mostró datos similares al D3.

Figura 26

Altura de la planta, factor desinfectante



Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

En el primer ciclo de evaluación agronómica realizada por Flores (2023) señaló que para la variedad ANFREIA obtuvo una altura de 78cm y para la variedad INIAP-ALFA 2021 una altura de 103cm, siendo plantas con mayor tamaño en comparación con el presente estudio.

Por otro lado, Caluguillin (2023) en su estudio reportó que la altura obtenida por cada una de las 30 líneas seleccionadas la de menor altura fue de 73 cm, la mayor altura se determinó en 112 cm, estos valores son mayores a los obtenidos en el estudio donde la de menor altura fue de 50 cm y la de mayor altura corresponde a 55cm, esto demuestra que la altura de planta esta influenciado por las condiciones climáticas y manejo del cultivo.

Los resultados encontrados en la experimentación realizada por Pereira & Rossi (2018) muestran que al aplicar desinfectantes en los tratamientos hubo un mayor tamaño en la altura de planta en comparación al testigo. Por otro lado, se obtuvo similares resultados en esta investigación ya que al aplicar el D1 y D3 se obtuvo una mayor altura de plantas en comparación con el testigo.

4.5 Longitud de la espiga

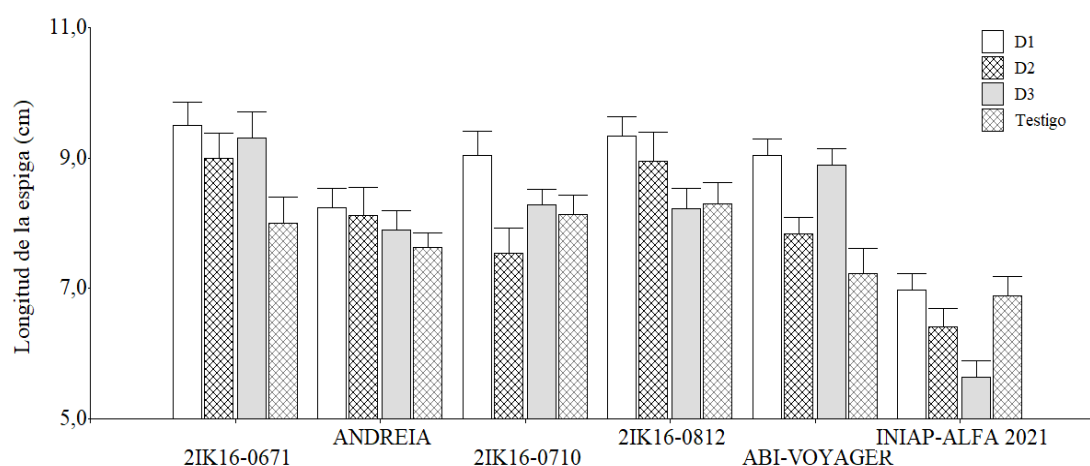
De acuerdo con el análisis de la variable longitud de espiga se encontró que existe una diferencia significativa ($p=0.0010$) entre línea de cebada y tipo de desinfectante (Tabla 10). De esta manera, se confirma la existencia de una variabilidad estadísticamente significativa en la longitud de la espiga entre las distintas líneas y desinfectantes de cebada que fueron objeto de estudio.

Tabla 10
Análisis de varianza para la variable longitud de la espiga

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Línea	5	340	31.14	<0.0001
Desinfectante	3	340	9.85	<0.0001
Línea: Desinfectante	15	340	2.61	0.0010

En la Figura 27 se evidencia que la Línea 2IK16-0671 obtuvo el valor más alto (9.50cm) entre las líneas tratadas con el D1, mientras que el valor más bajo lo obtuvo la línea INIAP-ALFA2021 con un valor de 5.64cm la cual fue tratada con el D3. La línea 2IK16-0671 tratada con el D2 obtuvo el tamaño más alto 9.00cm y la de menor tamaño fue para la línea INIAP-ALFA2021 (6.42cm). Por otro lado, al analizar al D3 se registró un mayor tamaño para 2IK16-0671 (9.30cm) lo que no sucedió con INIAP-ALFA2021 que obtuvo un valor muy bajo de 5.64cm. Finalmente al analizar el Testigo se encontró el valor más alto para 2IK16-0812 con un tamaño de 8.29cm y un valor bajo de 6.89 para INIAP-ALFA2021.

Figura 27
Longitud de la espiga de los diferentes tratamientos



En estudios realizados por Campoverde y Ciza (2023) en la evaluación de 18 accesiones de cebada maltera registraron un tamaño de espiga que abarcó desde los 7cm las de menor tamaño hasta 9cm para la de mayor tamaño, en comparación con las del presente estudio donde los datos presentan una mayor diferencia significativa ya que presentaron tamaños de 5.65cm llegando a promedios de 9.50cm. Demostrando que las condiciones climáticas influyen en el

tamaño de la espiga y factores como temperatura, suelo y las características genéticas de cada variedad también afectan a la variable (Garrido, 2017).

4.6 Peso 1000 granos

Los resultados de análisis de varianza indican que para la variable peso 1000 granos (Tabla 11), no existe interacción entre el factor tipo de desinfectante y línea de cebada ($p=0.5748$). Por otro lado, al evaluar independientemente los factores, se encontró que existe una diferencia con el factor desinfectante ($p=0.0424$); mientras que el factor línea no presentó diferencias significativas ($p=0.3353$).

Tabla 11
ADEVA para la variable peso 1000 granos

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Desinfectante	3	40	2.99	0.0424
Línea	5	40	1.18	0.3353
Desinfectante: Línea	15	40	0.90	0.5748

La Tabla 12 nos muestra que al evaluar las diferentes líneas no se encontró una diferencia significativa, estando el peso de 1000 granos en un rango de 49.50 a 55.55 g.

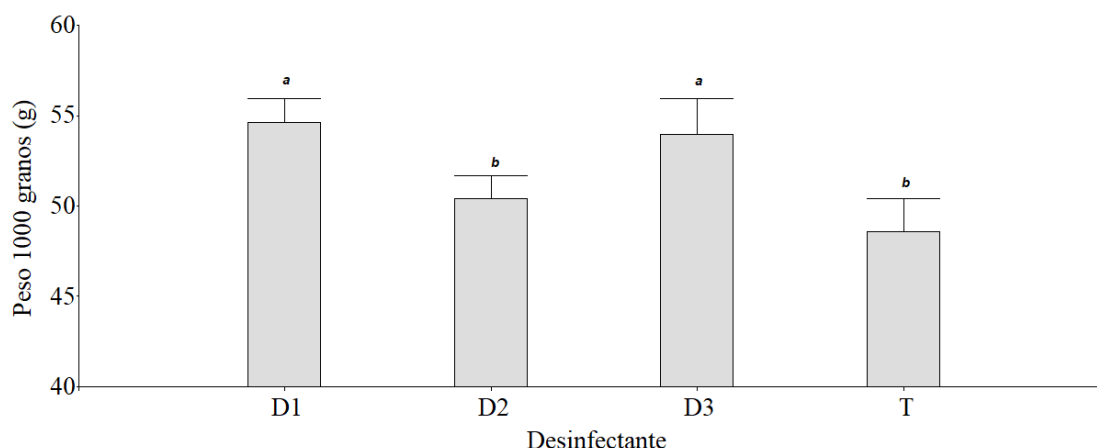
Tabla 12
Resultados de la variable peso de 1000 granos (g) para el factor línea

Línea	Medida (g)	E. E
L1	50.00	2.42
L2	51.92	2.18
L3	55.55	1.61
L4	52.18	2.21
L5	49.50	2.21
L6	53.40	1.89

En la Figura 28, se evidencia que las líneas tratadas con el D1 y D3 fueron las que obtuvieron el valor más alto con 54.61y 53.94 gramos. Mientras que las líneas tratadas con el D2 y el testigo fueron las que presentaron un valor más bajo (50.43 y 48.56g) lo que indica que hay una variación de valores entre el testigo y los desinfectantes.

Figura 28

Peso de 1000 granos (g) factor desinfectante



Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

Correa (2024) que evaluó dos sistemas de siembra obtuvo pesos menores en las distintas líneas evaluadas (ABI VOYAGER=41g, 2IK16-0671=43g, 2IK16-0710=44 y 2IK16-0812=42) en comparación con el estudio presente donde se registraron promedios muy significativos a los de Correa (ABI VOYAGER=51g, 2IK16-0671=55g, 2IK16-0710=52 y 2IK16-0812=49) evidenciando que las condiciones climáticas influyen directamente en el cultivo puesto que cada uno de los ensayos tuvieron condiciones climáticas muy distintas.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que las semillas tratadas con distintos desinfectantes tuvieron un mayor peso de 50 a 53 gramos, lo que no ocurre con el testigo en el que se obtuvo un menor peso (48 g). Sin embargo, estos resultados son significativos al compararlos con datos obtenidos en la investigación realizada en un cultivo de trigo en Chile, donde se reportaron pesos de 36 a 40 g en semillas tratadas con diferentes desinfectantes; por el contrario, en la misma investigación presentaron un mayor peso (41 a 46 g) las semillas que no fueron tratadas con desinfectantes (Testigo). El tener una menor efectividad en el peso del grano en un estudio del trigo, menciona que, puede deberse a los ingredientes activos utilizados y las condiciones climáticas de cada investigación (Andrade, 2002).

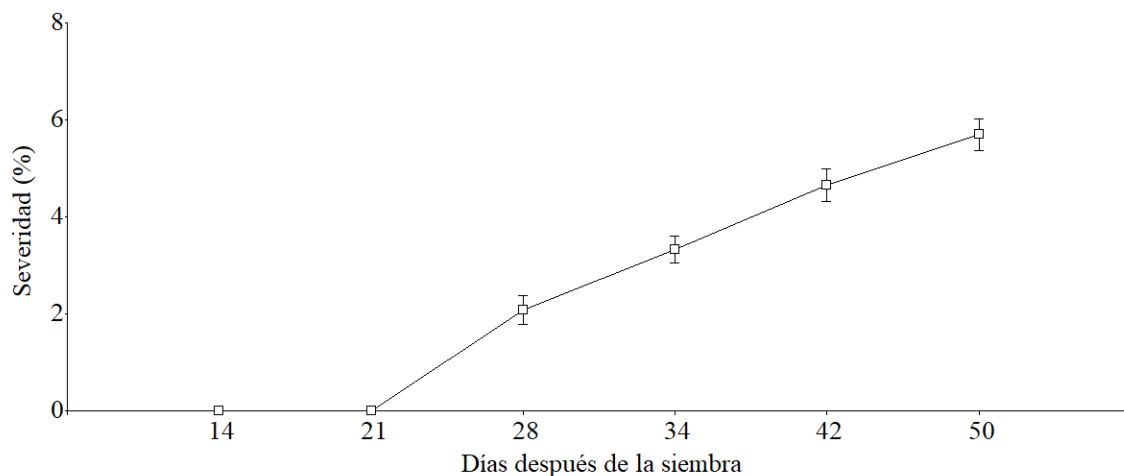
4.7 Severidad de roya (*Puccinia hordei* Otth)

En la Tabla 13 se observan los resultados del análisis de varianza, donde indica que no existe diferencias significativas para los factores días, tipo de desinfectante y línea tratada con un valor de $p=0.9995$. Sin embargo, al evaluarlos independientemente se encontró que hay interacción para el factor días con un valor de $p=<0.0001$ y de igual manera para el factor tipo de desinfectante y línea de cebada ($p=0.0202$).

Tabla 13*ADEVA de la variable severidad de roya bajo los tratamientos en estudio*

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor p
dds	5	286	81.25	<0.0001
Desinfectante	3	286	0.72	0.5383
Línea	5	286	2.13	0.0619
dds:Desinfectante	15	286	0.54	0.918
dds: Línea	25	286	0.61	0.9278
Desinfectante: Línea	15	286	1.93	0.0202
dds:Desinfectante:Línea	75	286	0.52	0.9995

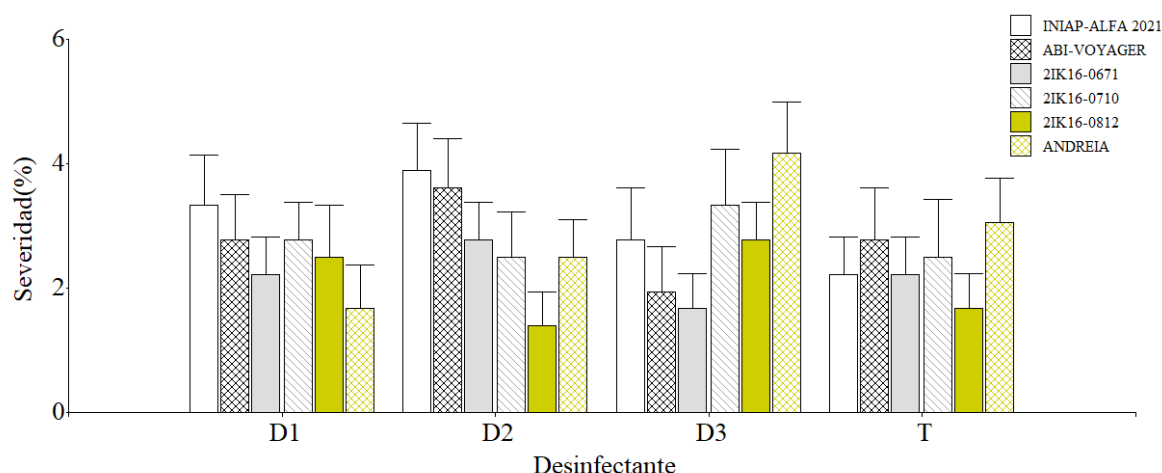
Como se puede observar en la Figura 29 los días 14 y 21 no se presentaron signos de roya, sin embargo, del día 21 en adelante se observa un pequeño aumento en la severidad de esta enfermedad (5.69% al día 50).

Figura 29*Porcentaje de severidad de roya en cebada maltera durante el ciclo del cultivo*

La Figura 30 refleja el porcentaje de severidad de la roya, mostrando que las líneas tratadas con diferentes desinfectantes tuvieron una variabilidad en el porcentaje teniendo datos de 1.39% hasta 4.17% de severidad de roya.

Figura 30

Porcentaje de severidad de roya en cebada maltera, bajo los tratamientos en estudio



La presencia de roya en el presente estudio se presentó en un porcentaje de incidencia muy bajo, de 2.08 a 5.69 % hasta el día 50 después de la siembra, datos que discrepan de los obtenidos en la investigación de Benavides (2024) que indicó al día 15 tenía un porcentaje de infección de 4 a 6 %, a los 30 días de evaluación obtuvo una severidad de 6 a 25% y para el día 45 la presencia de la enfermedad tuvo un mayor porcentaje (29 a 64% de severidad) mostrando que, al sembrar a campo abierto el cultivo es más susceptible a enfermedades.

En estudios realizados por Zarza y Gonzáles (2014) sobre el control químico de la roya amarilla se reportó que en semillas que no fueron tratadas con ningún desinfectante tuvieron porcentajes de incidencia hasta del 70%, por el contrario, en las variedades que fueron tratadas con algún desinfectante se redujo significativamente la severidad de la enfermedad y se aumentó el rendimiento en comparación con el testigo sin aplicación.

En comparación, los porcentajes de severidad observados en el presente estudio (1.39% a 4.17%) claramente es mucho menor al reportado por Zarza y Gonzáles (2014) ya que el presente estudio tuvo condiciones muy diferentes a las de la investigación citada y de las 6 líneas tratadas solo una fue igual. Lo que indica que al aplicar fungicida sin importar que producto sea, se reduce significativamente la severidad de la enfermedad y se aumenta el rendimiento en comparación con el testigo sin aplicación (Rodríguez-García et al., 2021).

4.8 Severidad de helminthosporiosis (*Helminthosporium* spp.)

Con relación a la severidad helminthosporiosis en cebada maltera durante el ciclo del cultivo, podemos señalar que al evaluar los factores días: tipo de desinfectante y línea tratada no se encontraron diferencias significativas ($p=0.9999$). Por otro lado, al evaluarlos individualmente

se determinó interacción para los factores días y tipo de desinfectante con un valor de $p=0.0002$ (Tabla 14).

Tabla 14
ADEVA de la variable severidad de heminthosporiosis en el cultivo

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor p
Dds	5	286	109.51	<0.0001
Desinfectante	3	286	11.05	<0.0001
Línea	5	286	0.08	0.9947
Dds:Desinfectante	15	286	2.98	0.0002
Dds:Línea	25	286	0.29	0.9997
Desinfectante: Línea	15	286	0.94	0.525
Dds:Desinfectante:Línea	75	286	0,48	0,9999

La Figura 31, refleja el comportamiento de la severidad de la mancha en red en los diferentes tratamientos, observándose que en los días 14, 21 y 28, el comportamiento de los desinfectantes fue similar. Al día 34 las semillas tratadas con el desinfectante 3 (Thiram) y el testigo tuvieron mayor incidencia (5.19 a 6.47%) de la enfermedad y de igual manera ocurrió para el día 42 y 50 (8.76 a 16.28% de severidad) al compararse con los desinfectantes 1 (Carboxin+Thiram) y 2 (Thiamethoxam+Thiram+Carboxin) en los que la incidencia de *Helminthosporium* spp. fue menor (4.99 a 10.23% de severidad) hasta el día 50.

Sánchez (2023), en su estudio se puede observar diferencias significativas para las líneas que fueron tratadas con fungida y las que no tuvieron control fitosanitario, reconoce un porcentaje de severidad es inferior al 10%, siendo las semillas tratadas con fungicida las de menor porcentaje de severidad (4%) y las que no tuvieron un control fitosanitario el porcentaje de severidad alcanzo el 5%. Sánchez afirma que al tener un control fitosanitario este reacciona de forma posita al momento de controlar enfermedades foliares.

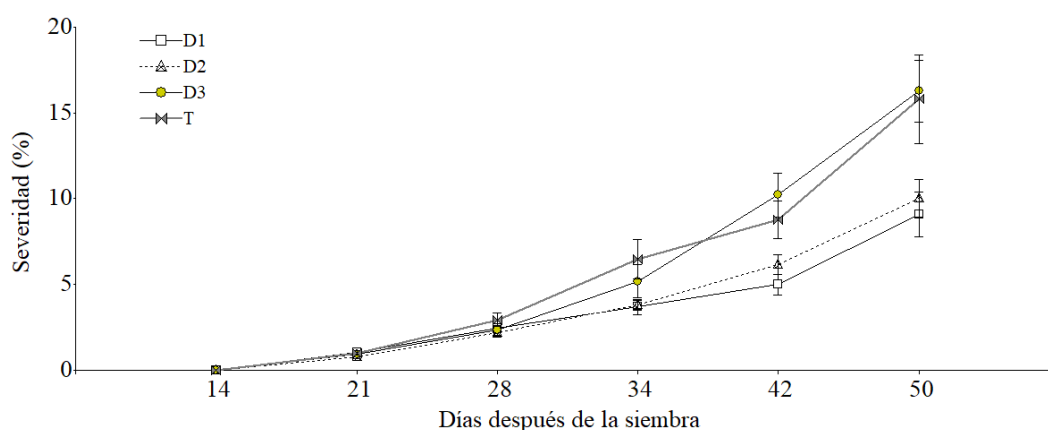
Benavides (2024), en su estudio presentó porcentajes de severidad bajos, al día 15 el porcentaje de afectación fue de 0.07 a 0.85%, mientras que al final de la evaluación (día 45) la severidad alcanzo el 1.18% de infección, estos datos discrepan al comprarlos con el estudio presente donde la severidad fue de 0.78 a 16.28% de severidad al final de la evaluación.

Los resultados obtenidos en este estudio, donde los desinfectantes mostraron un comportamiento similar hasta el día 28 y como avanzaba el tiempo la incidencia aumentaba, concuerdan con los de Correa (2024) quien menciona que al realizar dos tipos de siembra

(mecanizada y manual) encontró que, al avanzar el tiempo, la severidad aumentaba. Es importante resaltar que cada investigación se la realizó en diferentes condiciones ambientales y se utilizan diferentes productos para controlar enfermedades, lo que indica que no importa que tratamiento se utilice, la severidad aumentará.

Figura 31

Porcentaje de severidad de mancha en red bajo los tratamientos en estudio



4.9 Severidad del carbón (*Ustilago nuda f. sp. hordei*)

Al evaluar los factores evaluación, tipo de desinfectante y línea tratada no se encontró diferencia significativa ($p=0.0715$), por el contrario, al evaluar los factores independientemente se encontraron diferencias significativas para evaluación: desinfectante ($p= <0.0001$) y desinfectante: línea ($p= <0.0001$) como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15

Fuente de variación de la variable severidad del carbón

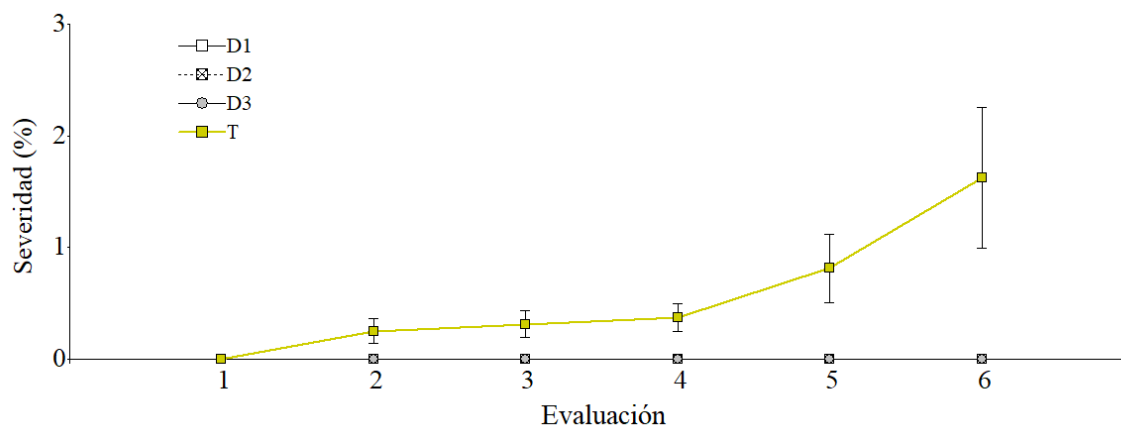
Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor p
Evaluación	5	250	4.89	0.0003
Desinfectante	3	250	25.89	<0.0001
Línea	5	250	3.32	0.0063
Evaluación: Desinfectante	15	250	5.09	<0.0001
Evaluación: Línea	25	250	1.12	0.3151
Desinfectante: Línea	15	250	3.82	<0.0001
Grupo cols:Desinfectante:L..	75	250	1.3	0.0715

Al realizar las 6 evaluaciones para determinar el porcentaje de severidad de carbón, se identificó que las semillas que no fueron tratadas con ningún desinfectante fueron las que se infectaron. En la Figura 32, se observa que, al pasar el tiempo, la severidad de la enfermedad aumenta para el testigo, mientras que para el resto de los tratamientos se mantiene en cero, cabe

recaltar que el aumento no fue tan significativo ya que al final de la evaluación alcanzó 1.85% de infección.

Figura 32

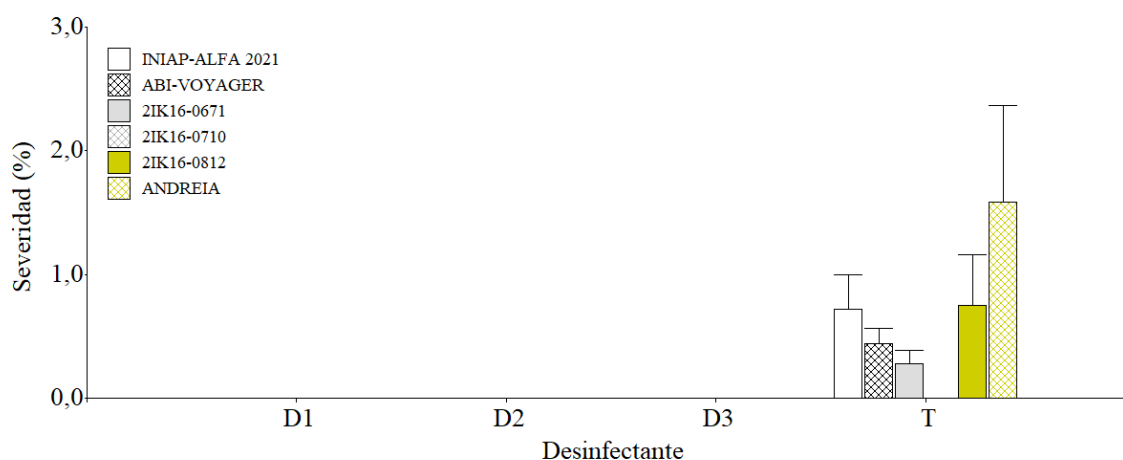
Porcentaje de severidad de Ustilago sp. en el cultivo de cebada maltera



La Figura 33, muestra que los tres desinfectantes reaccionaron de manera positiva en prevenir el carbón, lo que no ocurrió con el testigo que fue el que tuvo porcentajes de severidad de 0.28 a 1.58% y la línea que tuvo mayor incidencia fue Andreia (1.58% de severidad).

Figura 33

Porcentaje de severidad de carbón en cebada maltera, bajo tratamientos en estudio



Nota: D1: Carboxin+Thiram, D2: Thiamethoxam+Thiram+Carboxin, D3: Thiram y T: Testigo

Flores (2023) reportó una severidad del 1.6% para la variedad Andreia, datos que coinciden con los obtenidos en la presente investigación, donde se reporta que la variedad más afectada fue Andreia con 1.58%, cabe resaltar que 5 de las variedades que no fueron tratadas con desinfectantes presentaron carbón, pero en menor porcentaje en comparación con la línea

mencionada. Llegando a demostrar que los desinfectantes utilizados fueron eficaces en cuanto a la desinfección de las semillas contra el carbón.

Chalacán (2023), en sus resultados, identificó que al evaluar 18 líneas de cebada con dos tratamientos (con fungicida y sin fungicida) las líneas con mayor infección fueron las del tratamiento 2 (sin fungicida) lo que coincide con la presente investigación, las semillas que no fueron tratadas con desinfectante tuvieron mayor severidad de carbón, lo que no ocurrió con las semillas tratadas con desinfectantes, las que no tuvieron presencia de enfermedad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. 1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación no evidenciaron diferencias significativas entre el tipo de desinfectante y línea de cebada para las variables: días a la emergencia, espigamiento, madurez fisiológica, altura de planta y peso de 1000 semillas, pero al analizar los factores de manera independiente, se encontró diferencia significativa, indicando que semillas tratadas con el desinfectante 3 (Thiram) presentó una respuesta agronómica superior en comparación con los demás tratamientos evaluados, reflejándose en una menor precocidad en los materiales tratados con este desinfectantes.

Por otro lado, para la variable longitud de espiga si se observó una interacción significativa, destacándose que la línea 2IK16-0671 presentó la mayor longitud de espiga, con un valor de 9.50 cm, cuando fue tratada con el desinfectante 1 (Carboxin+Thiram).

Además, al evaluar la severidad de enfermedades, hubo diferencias significativas entre tipo de desinfectante y líneas evaluadas las cuales no presentaron carbón, sin embargo, las semillas que no fueron sometidas a ningún proceso de desinfección presentaron un mayor porcentaje de severidad de carbón, con valores que oscilaron entre 0.28% y 1.58%.

5.2 Recomendaciones

-Se sugiere implementar ensayos de campo que permitan determinar con mayor precisión la eficacia, impacto agronómico y económico del uso de fungicidas como desinfectantes en diferentes líneas o variedades de cultivo.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones más profundas sobre el comportamiento de las esporas del *ustilago* sp, para determinar si el proceso de desinfección de semilla elimina completamente estas esporas o si estas pueden seguir propagándose.

Por otro lado, es importante realizar investigaciones adicionales sobre la eficacia de diferentes desinfectantes de semillas en diversas localidades y bajo distintas condiciones agroclimáticas, así como en variedades específicas de cebada de tipo desnudo.

.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, N. (2013). *Métodos de desinfección de sustrato para el control de damping-offen semillero de Teca, bajo invernadero en la empresa Seragroforest, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Archivo digital.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2992>
- Aldaba, G. (2013). *Identificación de líneas mutantes de cebada (Hordeum vulgare L.) con valor agronómico y calidad en una población M8 de la variedad una-La Molina 96 desarrollada con radiación gamma* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Archivo digital.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/items/d4650f41-a293-422d-8f86-8df334fc3504>
- Amaguaya, F. (2022). *Evaluación de la adaptación y comportamiento productivo de ciento cuarenta y cuatro líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la estación experimental Tunshi*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17218>
- Andrade, D. (2020). *Caracterizaciones fisicoquímicas de nuevas líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) aplicando métodos tradicionales* [Tesis de grado, Universidad de las Américas]. Archivo digital.
<https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/13053>
- Andrade, O. (2002). Efectividad de diferentes desinfectantes de semilla sobre la pudrición radical (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) del trigo en el Sur de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*, 64(2), 112-125, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000200001
- ADAMA. (2022). Vitavax 300 WP. 3p
https://www.adama.com/colombia/sites/adama_colombia/files/product-documents/2023-09/FICHA%20TECNICA%20VITAVAX%20300%20.pdf
- Benavides, J. (2024). *Efecto de la fertilización química sobre el comportamiento agronómico de la variedad ABI VOYAGER y nuevas líneas de cebada (Hordeum vulgare L.) maltera en Chaltura- Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16568?locale=es>

- Caiza, C. (2023). *Evaluación productiva de seis variedades de cebada (Hordeum vulgare) en la comunidad de Sablog Chico, cantón Guamote, provincia de Chimborazo* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar]. Archivo digital.
<https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1158/1/140.pdf>
- Ceballos, M. (2024). *Segundo ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) cervecera bajo las condiciones de Chaltura, Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16242>
- Campoverde, L. & Ciza, G. (2023). *Valoración agronómica y sanitaria de dieciocho accesiones de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) con el uso de fungicida en la granja Experimental Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia de Bolívar* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar]. Archivo digital.
<https://dspace.ueb.edu.ec/>
- Castillo, L. (2020). *Adaptación de setenta y dos líneas promisorias de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) accesión 02-2019 ABE InBev en la granja experimental Tunshi, cantón Riobamba* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17175>
- Chalacán, D. (2023). *Respuesta agronómica del manejo fitosanitario de 18 líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la comunidad San Pedro, cantón Montúfar- Carchi* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15127>
- Correa, K. (2024). *Efecto del sistema de siembra sobre el comportamiento agronómico de la variedad ABI VOYAGER y nuevas líneas de cebada (Hordeum vulgare L.) maltera en Chaltura-Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16083>
- Caluguillín, E. (2023). *Evaluación agronómica de 144 líneas promisorias de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la Granja Experimental “La Pradera” Chaltura, Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13683>

- De Bernardi, L. (2015). *Perfil de la cebada*. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca.
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf
- Esquisabel, E. (2015). *Cebada: usos y comercialización*. Cereales de invierno.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156558/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ecuador dejará de importar cebada para la industria cervecera en 2030. (2022). *El Universo*.
<https://www.eluniverso.com/noticias/informes/consumo-cerveza-cebada-ecuador-nota/>
- Farras, T. (2019). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Instituto Nacional de semillas*, 1(1), 64-65.
https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180_2775.pdf
- 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* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13682>
- García, S., Catalán, Mynor, Lorenzo Hernández, & Ovalle, W. (2018). Inoculación de variedades promisorias CG10, CG09 e introducidas, con carbón, escaldadura foliar, roya marrón y roya naranja. *Memoria Presentación de resultados de investigación Zafra*, 1(1), 207-220.
<https://cengicana.org/files/20180919082911417.pdf>
- Garrido, B. (2017). *Evaluación del comportamiento agronómico y cinco niveles de fertilización en dos variedades de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en Tunshi, provincia de Chimborazo* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8177>
- González, A. (2003). Desinfección de semilla de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo granja asturiana con antifúngicos y antibacterianos. *Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario* 1, 461-470.
<https://www.fao.org/4/q2180s/Q2180S15.htm>
- González, S. (2013). Patología de semillas en trigo y cebada. *Manejo de enfermedades en trigo y cebada*. (pp. 63-70). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7585/1/UY.INIA.ST.189.p.63-73-GONZALEZ.pdf>

- Jebagro. (2023). Fungicidas: Protegiendo los cultivos y las plantas de enfermedades fúngicas.
<https://jj-jebagro.com/es/productos/fungicidas>
- Larran, S. (2022). Cebada cervecera: Manejo de enfermedades. In S. Larrán (Ed.), *Cereales de invierno* (pp. 341–371).
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156675>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2024). *Ecuador dejará de importar cebada para la industria cervecera en 2030*. MAG
<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-dejara-de-importar-cebada-para-la-industria-cervecera-en-2030/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2025). *Situación alimentaria mundial*. FAO.
<https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es>
- Pereira, A. & Rossi, C. (2018). Tratamiento de semillas en el cultivo de arroz. *Revista INIA*. 52(1), 30-50.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8963/1/Revista-inia-52-6.pdf>
- Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, & Cruz, E. (2020). *La cebada (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*. INIAP. Primera edición. 52p.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- Ponce, L., Garófalo, J., Nieto, María. (2021). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de trigo (Triticum aestivum L.) y cebada (Hordeum vulgare L.)*. INIAP. Primera edición. 120p.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6096/1/1%20GUIA%20CEREALES%202021.pdf>
- Ramírez, N., Mezzalama, M., Carballo, A., & Hernández, A. (2006). Efectos de fungicidas en la calidad de la semilla de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y su eficacia en el control de *Fusarium graminearum* schwabe [*Gibberella zae*(Schwein.)petch.] y *Bipolaris sorokiniana* (Saacc) Shoemaker[*Cochliobolus sativus* S. Ito y Kurib.]. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 24(2), 115-121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224205>

- Rember, P., Rojas, F. & Condori, B. (2020). *Cultivo de cebada*. (1era ed). Universidad Nacional Agraria La Molina.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-toribio-rodriguez-de-mendoza-de-amazonas/matematica-basica/manual-cultivo-cebada/97642415>
- Rodríguez-García, M. F., González-González, M., Huerta-Espino, J. & Solano-Hernández, S. (2021). Evaluación de fungicidas contra roya amarilla (*Puccinia striiformis* f.sp.*hordei*) en seis variedades de cebada. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(3).
<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-5>
- Sánchez, R. (2023). *Respuesta agronómica de 18 líneas de cebada maletera (Hordeum vulgare L.) con manejo fitosanitario en la granja experimental la Pradera, Chaltura-Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15115>
- Suárez, F. & Villavicencio, C. (2010). *Comportamiento agronómico de seis variedades de cebada (Hordeum vulgare) en San Vicente de Loja, cantón Santa Elena* [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/923/1/SU%C3%81REZ%20FLORES%20WALTER%20Y%20VILLAVICENCIO%20CAMACHO%20FRANCISCO.pdf>
- Smeap. (2024). Fungicidas, grupos y modos de acción.
<https://smeapmexico.org/manejo-de-fungicidas-en-la-agricultura-moderna/>
- Velásquez, J., Noroña, P., Jiménez, C., Garófalo, J. & Ponce, L. (2022). *Manual para la producción sostenible de cebada en la Sierra ecuatoriana* INIAP (1st ed.).
https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6015/1/MANUAL%20PARA%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20SOSTENIBLE%20DE%20CEBADA%20EN%20LA%20SIERRA%20ECUATORIANA_opt.pdf
- Zarza, R. & Gonzáles, S. (2014). *Uso de insecticidas y fungicidas curasemillas durante el almacenamiento y su efecto en la germinación y vigor de leguminosas forrajeras* (2da ed). Programa Pasturas y Forrajes, Manejo Agronómico. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7728/1/st-183-2010-p.123-136.pdf>