

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CERVECERA BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA, IMBABURA

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

AUTOR:

Anderson Martín Cevallos Recalde

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

Ibarra, 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

**“SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)
CERVECERA BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA, IMBABURA”**

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

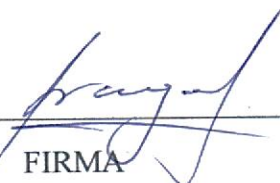
DIRECTORA



FIRMA

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004242101		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cevallos Recalde Anderson Martín		
DIRECCIÓN:	González Suárez, Otavalo		
EMAIL:	amcevallosr@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062919168	TELÉFONO MÓVIL:	0969037322

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Segundo ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de cebada (<i>Hordeum Vulgare</i> L.) cervecera bajo las condiciones de Chaltura, Imbabura
AUTOR:	Anderson Martín Cevallos Recalde
FECHA DE APROBACIÓN:	18/07/2024
PROGRAMA:	☒ PREGRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTORA:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 18 días del mes de Julio de 2024.

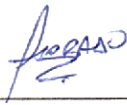
EL AUTOR:


Anderson Martín Cevallos Recalde

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Anderson Martín Cevallos Recalde, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 18 días del mes de Julio del 2024.



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 18 días del mes de Julio del 2024.

Anderson Martín Cevallos Recalde: “SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CERVECERA BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA, IMBABURA”. Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 18 días del mes de Julio del 2024 con X páginas.

DIRECTORA: Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de cebada cervecera bajo condiciones de la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar las características morfológicas a través de descriptores varietales de los materiales de cebada Voyager, INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alpha 2021, bajo las condiciones de la Granja La Pradera.
- Comparar el efecto de la aplicación de fungicida sobre la severidad de enfermedades en las tres variedades de cebada.
- Analizar la productividad de las variedades de cebada evaluadas bajo condiciones de la Granja La Pradera.



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

Directora del Trabajo de Grado



Anderson Martín Cevallos Recalde

Autor

SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CERVECERA BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA, IMBABURA

Anderson Martín Cevallos Recalde

Universidad Técnica del Norte

amcevallosr@utn.edu.ec

RESUMEN

El cultivo de cebada es esencial para el consumo humano, la alimentación animal y la producción de malta. Se adapta muy bien a diferentes climas, en Ecuador, se cultiva principalmente en la región interandina, un 60% destinado para consumo humano y un 40% para uso maltero. Destacando la importancia de reactivar el cultivo a través de los programas de cereales del INIAP en colaboración con la Cervecería Nacional. En el presente ensayo, se evaluaron tres variedades de cebada cervecera; INIAP Cañicapa, INIAP Alpha y Voyager, en un segundo ciclo de adaptabilidad, utilizando 14 descriptores varietales (tanto cuantitativos como cualitativos). Para ello, se implementó un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas, se obtuvieron datos de dos nuevas de las variables; vigor tipo 3 (regular) y hábito de crecimiento tipo 2 (intermedio). INIAP Cañicapa destacó en altura de planta con 110 cm, tamaño de espiga de 10.86 cm, INIAP Alpha lo hizo en días al espigamiento con 57, granos por espiga con 65 y Voyager en espigas/m² con 264. Se aplicó un fungicida para comparar el efecto sobre la severidad en enfermedades, lo cual resultó positivo en variedades CON aplicación, que tuvieron una afectación a escaldadura del 33%, al contrario, SIN aplicación llegaron hasta el 75%. El material genético de mayor rendimiento en la presente investigación fue INIAP Alpha CON 9.61 Tn/ha y SIN 4.27 Tn/ha; INIAP Cañicapa destacó en peso de mil granos CON 63 g y SIN 56 g, Voyager en el peso hectolítrico obtuvo 65.74 kg/hl CON y 61.08 kg/hl SIN.

Palabras clave: maltera, variedades, enfermedades, adaptabilidad, rendimiento.

SECOND CYCLE OF EVALUATION OF THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF THREE VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) BREWERY UNDER THE CONDITIONS OF CHALTURA, IMBABURA

ABSTRACT

The cultivation of barley is essential for human consumption, animal feed and the production of malt. It adapts very well to different climates, in Ecuador, it is mainly grown in the inter-Andean region, 60% intended for human consumption and 40% for malting use. Highlighting the importance of reactivating cultivation through the INIAP cereal programs in collaboration with the National Brewery. In the present trial, three varieties of malting barley were evaluated: INIAP Cañicapa, INIAP Alpha and Voyager, in a second cycle of adaptability, using 14 varietal descriptors (both quantitative and qualitative). To do this, a complete randomized block design with divided plots was implemented; data on two new variables were obtained; vigor type 3 (regular) and growth habit type 2 (intermediate). INIAP Cañicapa stood out in plant height with 110 cm, spike size of 10.86 cm, INIAP Alpha did so in days to bolting with 57, grains per spike with 65 and Voyager in spikes/m² with 264. A fungicide was applied to compare the effect on the severity of diseases, which was positive in varieties WITH application, which had a scald incidence of 33%, on the contrary, WITHOUT application they reached 75%. The genetic material with the highest yield in this research was INIAP Alpha WITH 9.61 Tn/ha and WITHOUT 4.27 Tn/ha; INIAP Cañicapa stood out in thousand grain weight WITH 63 g and WITHOUT 56 g, Voyager in hectoliter weight obtained 65.74 kg/hl WITH and 61.08 kg/hl WITHOUT.

Keywords: malthouse, varieties, diseases, adaptability, performance.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema de investigación	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Hipótesis o preguntas directrices	7
1.5.1 Hipótesis nula.....	7
1.5.2 Hipótesis alternativa	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Cultivo de cebada.....	8
2.1.1 Clasificación taxonómica	8
2.1.2 Descripción botánica del cultivo	9
2.1.3 Etapas fenológicas.....	10
2.1.3.1 Germinación.....	10
2.1.3.2 Macollamiento.....	10
2.1.3.3 Encañado.....	11
2.1.3.4 Espigamiento y floración.....	11
2.1.3.5 Formación del grano.....	11
2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos	12
2.1.4.1 Suelo	12
2.1.4.2 Temperatura	12
2.1.4.3 Requerimientos hídricos.....	13
2.1.4.4 Época de siembra	13
2.1.5 Manejo del cultivo.....	13
2.1.5.1 Preparación del suelo	13

2.1.5.2	Siembra y cubrimiento de semillas.....	14
2.1.5.3	Riego.....	14
2.1.5.4	Fertilización	15
2.1.5.5	Control de malezas.....	15
2.1.5.6	Cosecha y trilla.....	16
2.1.5.7	Almacenamiento	16
2.1.6	Enfermedades.....	16
2.1.6.1	Enfermedades del cultivo	16
2.1.7	Componentes en el rendimiento de la cebada.....	21
2.1.8	Variedades de cebada cervecera sembradas en el Ecuador.....	22
2.1.9	Características organolépticas de la cebada cervecera.....	25
2.1.9.1	Calidad	25
2.1.9.2	Color y brillo del grano	26
2.1.9.3	Olor	26
2.1.9.4	Porcentaje de cáscaras	26
2.1.10	Características de la calidad comercial de la cebada cervecera	26
2.1.10.1	Humedad.....	26
2.1.10.2	Pureza varietal.....	27
2.1.10.3	Poder germinativo	27
2.1.10.4	Sensibilidad al agua.....	27
2.1.10.5	Peso hectolítrico	28
2.1.10.6	Clasificación por tamaño.....	28
2.1.10.7	Porcentaje de proteína	28
2.2	Marco legal	28
CAPÍTULO III.....		30
MARCO METODOLÓGICO.....		30
3.1	Descripción del área de estudio.....	30
3.1.1	Características de la ubicación del ensayo de cebada	31
3.1.2	Características climáticas y edáficas	31
3.2	Materiales	32
3.3	Factores de estudio.....	32
3.4	Códigos de aplicaciones.....	33
3.5	Diseño del experimento.....	33
3.6	Características del experimento	34
3.7	Análisis estadístico.....	35

3.8 Variables a evaluarse	35
3.8.1 Emergencia	35
3.8.2 Vigor	36
3.8.3 Hábito de crecimiento	37
3.8.4 Días al espigamiento	37
3.8.5 Altura de planta.....	38
3.8.6 Tipo de paja	38
3.8.7 Número de espigas por metro cuadrado	39
3.8.8 Tamaño de espiga.....	40
3.8.9 Número de granos por espiga.....	40
3.8.10 Reacción a enfermedades	41
3.8.11 Rendimiento de grano	44
3.8.12 Peso de mil granos	45
3.8.13 Peso hectolítrico	46
3.8.14 Tipo de grano	46
3.9 Manejo del experimento.....	47
CAPÍTULO IV.....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Objetivo específico 1	50
4.1.1 Emergencia	50
4.1.2 Vigor	52
4.1.3 Hábito de crecimiento	54
4.1.4 Días al espigamiento	55
4.1.5 Tipo de paja	58
4.1.6 Tipo de grano	59
4.1.7 Altura de planta.....	60
4.1.8 Número de espigas por metro cuadrado	62
4.1.9 Tamaño de espiga.....	64
4.1.10 Número de granos por espiga.....	66
4.2 Objetivo específico 2	68
4.2.1 Escaldadura (<i>Rhynchosporium secalis</i>).....	68
4.2.2 Virus del enanismo BYDV	71
4.2.3 Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>).....	72
4.2.4 Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>)	73
4.3 Objetivo específico 3	74

4.3.1 Peso de mil granos	74
4.3.2 Peso hectolítrico	76
4.3.3 Rendimiento Tn/ha.....	78
CAPÍTULO V	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1 CONCLUSIONES	81
5.2 RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Roya amarilla (Puccinia striiformis) en cultivo de cebada</i>	17
Figura 2 <i>Síntomas y daños de roya amarilla del cultivo de cebada</i>	18
Figura 3 <i>Roya de la hoja presente en el cultivo de cebada</i>	19
Figura 4 <i>Escaldadura de la cebada (Rincosporiosis)</i>	20
Figura 5 <i>Virus del enanismo amarillo de la cebada – BYDV</i>	21
Figura 6 <i>Área de estudio asignado para la evaluación de cebada - Chaltura</i>	30
Figura 7 <i>Diseño experimental del ensayo de cultivo de cebada</i>	34
Figura 8 <i>Escala de Zadoks para evaluar emergencia de la planta de cebada</i>	36
Figura 9 <i>Escala de Zadoks para evaluar días al espigamiento en cebada</i>	37
Figura 10 <i>Etapa fenológica de la cebada para medir la altura de planta</i>	38
Figura 11 <i>Instrumento para evaluar el número de espigas por metro cuadrado</i>	39
Figura 12 <i>Evaluación con cinta métrica para el tamaño de la espiga</i>	40
Figura 13 <i>Evaluación mediante conteo para el número de granos por espiga</i>	40
Figura 14 <i>Escala de Zadoks para la evaluación de severidad en enfermedades</i>	41
Figura 15 <i>Escala de evaluación para severidad en roya amarilla o lineal</i>	42
Figura 16 <i>Escala de evaluación para severidad en roya de la hoja</i>	42
Figura 17 <i>Escala de Stubbs R. W et al.,1986 para evaluar la intensidad a escaldadura</i>	43
Figura 18 <i>Escala descrita por Schaller y Qualset (1980) para severidad en virosis</i>	44
Figura 19 <i>Grano de cebada en condiciones óptimas para la industrialización</i>	45

Figura 20 <i>Pesaje en la balanza de mil granos de cebada</i>	45
Figura 21 <i>Pesaje en la balanza específica para obtener el peso hectolítrico</i>	46
Figura 22 <i>Porcentaje de emergencia en las variedades de cebada del ensayo</i>	51
Figura 23 <i>Vigor de la planta del ensayo realizado en Chaltura</i>	69
Figura 24 <i>Hábito de crecimiento del ensayo realizado en Chaltura</i>	69
Figura 25 <i>Días al espigamiento de variedades de cebada por aplicación de fungicida</i>	72
Figura 26 <i>Tipo de paja del ensayo realizado en Chaltura</i>	74
Figura 27 <i>Tipo de grano del ensayo realizado en Chaltura</i>	75
Figura 28 <i>Altura de planta alcanzada por variedades de cebada maltera</i>	77
Figura 29 <i>Número de espigas/m² alcanzado por variedades de cebada maltera</i>	79
Figura 30 <i>Tamaño de espiga alcanzado por variedades de cebada maltera</i>	81
Figura 31 <i>Número de granos por espiga alcanzado por variedades de cebada maltera</i>	83
Figura 32 <i>Severidad frente a la aplicación y no aplicación de fungida</i>	85
Figura 33 <i>BYDV presente en el ensayo realizado en Chaltura</i>	87
Figura 34 <i>Roya amarilla en condiciones favorables</i>	88
Figura 35 <i>Roya de la hoja en condiciones favorables</i>	89
Figura 36 <i>Peso de mil granos de variedades de cebada por aplicación de fungicida</i>	91
Figura 37 <i>Peso hectolítrico de variedades de cebada por aplicación de fungicida</i>	93
Figura 38 <i>Rendimiento de variedades de cebada por aplicación de fungicida</i>	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del cultivo de cebada</i>	9
Tabla 2 <i>Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebada</i>	12
Tabla 3 <i>Requerimientos nutricionales del cultivo de cebada</i>	15
Tabla 4 <i>Características morfológicas de las variedades malteras mejoradas en el Ecuador</i>	25
Tabla 5 <i>Ubicación del área de estudio del ensayo de cebada cervecera</i>	31
Tabla 6 <i>Características climáticas y edáficas de Chaltura</i>	31
Tabla 7 <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en el estudio</i>	32

Tabla 8 <i>Características de la unidad experimental.</i>	33
Tabla 9 <i>Escala para evaluar la emergencia en cebada.</i>	34
Tabla 10 <i>Escala para evaluar el vigor en cebada</i>	35
Tabla 11 <i>Escala para evaluar el hábito de crecimiento en cebada.</i>	36
Tabla 12 <i>Escala para evaluar el tipo de paja en cebada (acame)</i>	37
Tabla 13 <i>Escala para evaluar el tipo de grano en cebada.</i>	42
Tabla 14 <i>Cantidades de fertilizantes utilizados en el ensayo</i>	46
Tabla 15 <i>Análisis de varianza para la variable emergencia.</i>	50
Tabla 16 <i>Emergencia frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar)</i>	67
Tabla 17 <i>Análisis de varianza para la variable días al espigamiento.</i>	68
Tabla 18 <i>Días al espigamiento frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).</i>	75
Tabla 19 <i>Análisis de varianza para la variable altura de planta.</i>	76
Tabla 20 <i>Altura de planta frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).</i>	77
Tabla 21 <i>Análisis de varianza para la variable número de espigas/m².</i>	78
Tabla 22 <i>Número de espigas/m² frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).</i>	79
Tabla 23 <i>Análisis de varianza para la variable tamaño de espiga en cebada.</i>	80
Tabla 24 <i>Tamaño de espiga frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).</i>	81
Tabla 25 <i>Análisis de varianza para la variable número de granos por espiga en cebada</i>	82
Tabla 26 <i>Número de granos por espiga frente a fungicida (media $\pm$ error estándar)</i>	83
Tabla 27 <i>Análisis de varianza para la variable severidad a escaldadura.</i>	84
Tabla 28 <i>Escaldadura frente a fungicida (media $\pm$ error estándar)</i>	86
Tabla 29 <i>Análisis de varianza para la variable peso de mil granos de cebada</i>	90
Tabla 30 <i>Peso de mil granos frente a fungicida (media $\pm$ error estándar)</i>	91
Tabla 31 <i>Análisis de varianza para la variable peso hectolítrico de cebada.</i>	92
Tabla 32 <i>Peso hectolítrico frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).</i>	93
Tabla 33 <i>Análisis de varianza para la variable rendimiento de cebada.</i>	95
Tabla 34 <i>Rendimiento frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).</i>	95

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El cultivo de cebada ha sido esencial para la supervivencia humana a lo largo de la historia, siendo una de las primeras especies agrícolas. Según El Hashash y El Absy (2019), la cebada, junto con el maíz, el arroz y el trigo, destaca como uno de los cereales más relevantes globalmente debido a su amplio espectro de aplicaciones, que van desde alimento para el ganado hasta bebidas de malta, pasando por su consumo humano y propiedades medicinales. La cebada exhibe una notable adaptabilidad a diversos climas alrededor del mundo, con numerosas variedades cultivadas a altitudes que oscilan entre los 350 y 4050 msnm. Falconí y Castillo (2010), señalan que, en Ecuador la cebada ocupa el segundo lugar en distribución después del maíz en la región interandina, siendo cultivada principalmente entre los 2400 y 3500 msnm, en la sierra ecuatoriana. Sin embargo, este cultivo se lleva a cabo en superficies agrícolas reducidas y con un bajo nivel de incorporación tecnológica.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) (2023), el cultivo de cebada ha sido de gran importancia en los últimos años para la población local en varias provincias del país. Destacan áreas sembradas en provincias como Cotopaxi (2640 ha), Carchi (2419 ha), Pichincha (1197 ha) e Imbabura (976 ha). Sin embargo, para Ponce y Molina (2020), la producción nacional de cebada alcanza apenas 1.4 Ton/ha, muy por debajo del promedio regional de 3.0 Tn/ha. Este déficit productivo lleva al Ecuador, según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC) (2021), la importación de 7.4 millones de dólares en cebada a partir del 2021 para satisfacer la demanda local, lo que sitúa al país en el puesto número 53 a nivel mundial en importación de este cereal.

Ponce y Campaña (2020), también mencionan que, la cebada se destina principalmente al consumo humano, la alimentación animal y el malteo debido a su contenido rico en vitaminas y minerales. Falconí et al. (2010), indica que, en Ecuador, el 40% de la producción nacional de cebada se utiliza para la elaboración de cerveza, mientras que el 60% restante se comercializa a nivel nacional y también se emplea en la fabricación de concentrados o balanceados para la alimentación animal. Ponce et al. (2020), señalan, las variedades de cebada con alto contenido de almidón y proteínas se utilizan para la producción de bebidas de malta, aunque las variedades con mayor valor proteico tienen un uso prioritario en la alimentación. Lema y Basantes (2017), argumentan que la industria maltera en Ecuador demanda especificaciones precisas en cuanto a manejo e industrialización para garantizar los estándares de calidad necesarios para su procesamiento y comercialización.

Según Álava y Sánchez (2016), en Ecuador, la Cervecería Nacional ha sido una figura destacada en la promoción del cultivo de cebada maltera, colaborando con el Gobierno Nacional en proyectos que buscan impulsar la reactivación económica local. Albán (2011), señala que, en 2009, el Programa de Cereales del INIAP, en colaboración con Cervecería Nacional, seleccionó la variedad Metcalfe después de un extenso estudio de tipos de cebada, con el objetivo de utilizarla como cebada cervecera debido a su contenido proteico del 10 al 12%. Por su parte, Falconí et al. (2010), mencionan que, en el país se cultivan diversas variedades malteras como la INIAP Cañicapa 03, Metcalfe, Scarlett, Clipper, Grit, INIAP Calicuchima y Duchicela. Lema et al. (2017), argumentan que, Cañicapa y Scarlett son las variedades malteras más comunes en los campos de la Sierra ecuatoriana debido a su adaptación óptima a las condiciones agroclimáticas locales.

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Agrocalidad del Ministerio de Agricultura (MAG) (2022), en colaboración con la Cervecería Nacional, se han introducido variedades de cebada maltera adaptadas a las condiciones de la sierra ecuatoriana, como la INIAP Cañicapa 2003, INIAP Alpha 2021 y nuevas variedades inducidas de otros países, como son el caso de Andreia y Voyager. Las investigaciones mediante ensayos para estas variedades muestran que la cosecha de cebada Andreia supera el promedio nacional con 3.5

Tn/ha y la variedad Voyager produce un rendimiento de 2.5 Tn/ha, lo que representa un aumento de un 30% de cebada forrajera para su industrialización.

Por otro lado, según Caluguillín (2023), en la investigación realizada sobre la evaluación agronómica de líneas prometedoras de cebada maltera en la Granja Experimental "La Pradera" en Chaltura, Imbabura, durante el período de abril-agosto de 2021, se observó que 144 líneas mostraron adaptabilidad. Sin embargo, el 47% de estas líneas mostraron susceptibilidad al acame, lo que dificulta la cosecha del cultivo y puede resultar en la atrofia de las espigas, reduciendo así el rendimiento. Los rendimientos observados en estas líneas muestran que, en cuanto a la variable número de granos, todas las accesiones alcanzan valores óptimos (20 granos). Sin embargo, en cuanto al peso hectolítrico, el 42% de las líneas obtuvieron valores por debajo del adecuado (58 kg/hl). Respecto al calibre de 2.5 mm, el 42% de las accesiones mostraron valores inferiores al óptimo (80 g), mientras que ninguna de las líneas superó el valor óptimo (45 g) en cuanto al peso de mil granos. De las 144 líneas evaluadas, 30 fueron consideradas prometedoras al demostrar buenos rendimientos y presentar características óptimas para su uso como variedad cervecera, además de no mostrar susceptibilidad al acame.

En la investigación sobre la evaluación del desempeño agronómico y la adaptabilidad de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la Granja Experimental "La Pradera", Chaltura, Imbabura, realizada por Flores (2023), se demostró que las tres variedades estudiadas (INIAP Cañicapa, INIAP Alpha y Andreia) mostraron una alta adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de Chaltura. El análisis de las 23 variables estudiadas reveló que las plantas se desarrollaron en un menor número de días en comparación con los parámetros establecidos por el INIAP (130 días), debido a que los procesos fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que aumenta la temperatura y que hay disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo.

En cuanto a los rendimientos finales, Flores (2023), señala que la variedad INIAP Alpha obtuvo el mayor rendimiento promedio con 11.02 Tn/ha, seguida por INIAP Cañicapa con 8.95 Tn/ha y Andreia con 8.61 Tn/ha. Respecto al porcentaje de acame, INIAP Cañicapa mostró el mayor porcentaje (76.67%), seguido de INIAP Alpha (16.67%) y Andreia, que no presentó acame. Al comparar las características cualitativas, se encontró que la diferencia más notable fue en la

densidad de espiga, donde INIAP Alpha mostró una espiga muy densa debido a sus 4 hileras, seguida por Andreia con una densidad intermedia de dos hileras, y finalmente INIAP Cañicapa, con un genotipo de dos hileras y una baja densidad de espiga. En estas mismas condiciones, se identificó que INIAP Alpha tuvo el mayor rendimiento final; sin embargo, la ausencia de acame en Andreia y su rendimiento final similar a INIAP Alpha, variedad con mejor adaptabilidad y potencial productivo dentro de las condiciones agroclimáticas de Chaltura.

1.2 Problema de investigación

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2020), el rendimiento del cultivo de cereales a nivel nacional en Ecuador ha sido notablemente bajo en comparación con países vecinos, oscilando apenas entre 1.2 y 1.4 Tn/ha. Ponce et al. (2020), señalan que el 50% de la superficie de la región interandina se ve afectada por procesos erosivos, lo que conlleva a pérdidas anuales de entre 200 y 500 Tn/ha según estudios previos. La FAO considera que estas pérdidas son muy elevadas y representan un desafío significativo para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, mencionando a los principales factores limitantes para este cultivo que son las enfermedades fúngicas que reducen la productividad hasta un 80%.

Lema et al. (2017), señalan en su investigación que, en la sierra ecuatoriana, existe una amplia diversidad de genotipos de cebada, pero muchas de las variedades utilizadas en la región no cumplen con las características agroproductivas necesarias, como rendimiento, porcentaje de proteína, tamaño del grano, número de macollos por planta y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Esto conlleva a que no se alcancen las expectativas requeridas por la industria. Los principales factores que han impedido una productividad eficiente en el cultivo de la cebada incluyen la calidad de la semilla, el manejo de nutrientes en el suelo, la adecuada distribución del agua y el deterioro del suelo.

Según los datos del INEC - ESPAC (2019), en el año 2018, la superficie dedicada al cultivo de cebada fue de 10.124 ha, con una producción anual de 13.674 Tn, mientras que las importaciones superaron las 66.000 Tn/año. Según Ponce et al. (2020), menciona que los promedios estimados

de pérdidas por enfermedades oscilan entre 20% y 30% de la producción, dependiendo del genotipo, características del patógeno y de las condiciones ambientales. En Ecuador se han registrado pérdidas de hasta el 50%, en variedades susceptibles principalmente a las royas, el virus del enanismo de la cebada, la septoria y el carbón. Para contrarrestar los efectos de las enfermedades en el cultivo de cebada, es necesario invertir en insumos agrícolas, lo cual puede resultar costoso. Es importante tener en cuenta que la mayoría de los productores son minoristas y no tienen acceso directo a los mercados locales. Esto conduce a bajos márgenes de beneficio y a menudo a la falta de liquidez, lo que puede impedir la adopción de nuevas tecnologías o técnicas de cultivo que podrían mejorar el rendimiento en el proceso de cosecha.

1.3 Justificación

En la presente investigación se propuso estudiar tres variedades de cebada cervecera (INIAP Cañicapa 2003, INIAP Alpha 2021 y Voyager), junto con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ya que existe el interés principalmente de agricultores en la región interandina por identificar variedades de cebada maltera para la producción en mayores cantidades. A través del programa "Siembra con Nosotros" de Cervecería Nacional se ha podido implementar un plan de gestión adecuado de siembra con los agricultores para la buena producción de cebada en nueve provincias del país (región interandina), dentro de este programa se proporciona asesoramiento técnico, maquinaria, insumos de calidad y financiamiento para reactivar la economía de la localidad entre agricultores y CCNN, asesorados también por personal del INIAP que es fundamental dentro de esta cadena productiva.

Según Ponce et al. (2020), el INIAP prioriza la generación de tecnologías que contribuyan a garantizar la seguridad alimentaria en Ecuador. Esto incluye el desarrollo de variedades mejoradas de cebada que sean precoces, resistentes a enfermedades, de alta calidad y rendimiento. Estas variedades no solo benefician a los agricultores, sino también a la industria cervecera, que es una industria en crecimiento en el país. La meta es que, a mediano plazo la industria cervecera en Ecuador dependa completamente de la materia prima nacional y no tenga que importar cebada. Esto eliminaría los intermediarios entre los agricultores y Cervecería Nacional, lo que ha resultado en un círculo virtuoso donde se están sumando esfuerzos para

impulsar la transformación de la agricultura. Las variedades de cebada mencionadas fueron evaluadas en la Granja Experimental "La Pradera" de la Universidad Técnica del Norte, junto con otras universidades del centro del país, para estudiar su comportamiento en diferentes zonas de la sierra ecuatoriana.

Las variedades locales y mejoradas a través del tiempo han perdido la resistencia a enfermedades, provocando pérdidas en el rendimiento y la calidad, por esta razón, es necesario la generación continua de germoplasma mejorado cebada maltera con características deseables de resistencia, rendimiento y calidad industrial y para la maltería. Por lo tanto, es necesario el mejoramiento genético en cebada en el Ecuador, para incrementar la resistencia a enfermedades (severidad <20%) y aumentar el rendimiento (≥ 3 t/ha).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de cebada cervecera bajo condiciones de la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características morfológicas a través de descriptores varietales de los materiales de cebada Voyager, INIAP Cañicapa 2003 e INIAP Alpha 2021, bajo las condiciones de la Granja La Pradera.
- Comparar el efecto de la aplicación de fungicida sobre la severidad de enfermedades en las tres variedades de cebada.
- Analizar la productividad de las variedades de cebada evaluadas bajo condiciones de la Granja La Pradera.

1.5 Hipótesis o preguntas directrices

1.5.1 *Hipótesis nula*

Las características agronómicas y los rendimientos productivos de las tres variedades de cebada no presentaron diferencias estadísticas.

1.5.2 *Hipótesis alternativa*

Al menos una de las tres variedades de cebada presentó diferencias estadísticas en las características agronómicas y en el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de cebada

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) ha sido uno de los primeros cultivos domesticados por la humanidad en los albores de la agricultura. Estudios sugieren que este cereal tiene su origen en el suroeste de Asia. Sin embargo, en la actualidad, la cebada es reconocida a nivel mundial por sus cualidades nutricionales tanto para los seres humanos como para la alimentación animal, además de su relevancia económica como materia prima en la industria cervecera (Loor, 2014). Este cereal se cultiva en todo el mundo, adaptándose desde el invierno hasta el verano, y demostrando una notable capacidad de adaptación a suelos con poco drenaje, sin necesidad de ser altamente fértiles para su desarrollo (Pourkheirandish y Komatsuda, 2007).

A nivel mundial, la producción promedio de cebada alcanza las 142'840.251 Ton/m/año. Europa destaca como la región con la mayor producción, representando el 63.24% del total, mientras que Asia y América contribuyen con el 28.07%. Oceanía y África conforman la parte restante, con el 8.69% (INEC, 2009). En Ecuador, según datos del INEC (2012), la superficie destinada al cultivo de cebada abarca aproximadamente 20.824 ha, con una producción total de 10.962 Ton/m distribuidas en todas las provincias de la sierra ecuatoriana. Sin embargo, esta superficie se ha visto reducida principalmente debido a la aparición frecuente de la roya amarilla y a la falta de cultivares resistentes.

2.1.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica está descrita a continuación (Tabla 1), sobre el cultivo de cebada citada por Pérez (2014):

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cultivo de cebada.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub-clase	Monocotiledónea
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Sub-familia	Poaceae
Genero	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Vulgare</i>
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare</i> Linneo.
Nombre común	Cebada

Fuente: Pérez (2014).

2.1.2 Descripción botánica del cultivo

La cebada posee una raíz fasciculada, lo que significa que sus raíces están formadas por elementos agrupados en haces. En este tipo de raíz, se pueden distinguir las raíces primarias de las secundarias. Las raíces primarias se desarrollan a partir del crecimiento de la radícula y son eliminadas una vez que alcanzan la madurez. Por otro lado, las raíces secundarias presentan varias ramificaciones y se originan desde el tallo (Pérez, 2014).

La cebada es un cereal que se distingue por tener un tallo característicamente hueco. Este tallo cuenta con entre siete y ocho entrenudos dispersos a lo largo de su longitud. El crecimiento del tallo se debe a la elongación de estos entrenudos. Presenta un tallo cilíndrico y recto, con alturas que pueden variar entre 40 y 180 cm (Carrasco, 2015).

Las hojas de la cebada están compuestas por dos partes principales: la vaina y la lámina. Estas hojas emergen de los nudos del tallo y se disponen de manera alterna a lo largo del mismo. La parte inferior de la hoja envuelve al tallo, mientras que la parte superior termina en una prolongación membranosa de forma ovalada, conocida como lígula (Mellado, 2007).

La inflorescencia de la cebada se presenta en forma de espigas compactas y barbadas. Las flores se agrupan en conjuntos de 2 a 12 y se unen directamente al eje central, sostenidas por el tallo. Cada espiguilla contiene flores hermafroditas, y cada flor está protegida por dos hojas modificadas llamadas palea y lema (Box, 2014).

El grano de cebada es cariópsoide y está cubierto por glumillas adheridas. Es un fruto seco que tiende a ser ligeramente asimétrico. El ovario maduro, o grano, es un tejido rico en almidón conocido como endospermo. El pericarpio, que es la envoltura del grano, está compuesto por una capa de aleurona (Infocebada, 2011).

2.1.3 Etapas fenológicas

2.1.3.1 Germinación

La germinación de la cebada ocurre típicamente en un período de 5 a 10 días, y este proceso está estrechamente relacionado con la temperatura y la humedad del suelo. Durante la germinación, la semilla se hidrata y el embrión activa sus reservas nutritivas. Posteriormente, el coleóptilo emerge a la superficie junto con la primera hoja, que se enrolla alrededor de él de manera cilíndrica. Con el tiempo, estas hojas van envejeciendo hasta alcanzar su madurez, momento en el que el grano de cebada estará completamente desarrollado (Box, 2008).

2.1.3.2 Macollamiento

Los macollos de la cebada se originan a partir de las yemas axilares del tallo principal, y su número está influenciado por factores como la densidad de siembra, la genética del cultivar, las prácticas de manejo y las condiciones ambientales. Por lo general, la cebada es capaz de producir entre cinco y seis macollos, pero en condiciones favorables puede generar hasta ocho (Box, 2008). Según Arellano (2010), los macollos suelen empezar a emerger normalmente después de 15 a 25 días de la siembra, y su vigor está determinado por factores como el porcentaje de formación de espigas verdaderas y la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo.

2.1.3.3 Encañado

El proceso de encañado de la cebada comienza con la aparición del primer nudo en la base de la planta, lo que se conoce como tallo verdadero. En este punto, se puede observar la futura espiga, que puede alcanzar un tamaño de hasta 5 mm. Durante esta etapa, tanto el tallo como la espiga crecen simultáneamente, compitiendo por los nutrientes disponibles. Durante el proceso de encañado, se produce un crecimiento que forma nudos y entrenudos, y al finalizar esta etapa, se desarrollan aurículas en la hoja bandera y aparecen las aristas en la espiga (Arellano, 2010).

2.1.3.4 Espigamiento y floración

El espigamiento ocurre simultáneamente con el encañado y se caracteriza por la emergencia de las aristas y la aparición de pequeñas espiguillas primordiales. Después de varios días, aparece el primer estambre y las flores comienzan a abrirse. Cuando se observa que las aristas emergen por encima de la hoja bandera, indica que las flores han alcanzado el estado de flor fértil. Bajo condiciones favorables, más del 90% de las flores cuajan y dan lugar a la formación de granos de cosecha (González y Zamora, 2016).

2.1.3.5 Formación del grano

Luego de la antesis y la fecundación, comienza la etapa del llenado del grano, el crecimiento del grano dentro de la flor es muy rápido por lo general de 7 días; a las dos semanas empieza el estado de grano pastoso, en donde se concentra el máximo contenido de agua en el grano. El suministro de citoquininas y carbohidratos en las plantas se relaciona con el llenado y al final de la expansión de las células acumulan proteínas, carbohidratos; todo el proceso tiene un periodo de 30 días (González et al., 2016).

2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos

Fudesyam (2012), destaca la importancia de manejar de manera conjunta los factores agroclimáticos para un desarrollo adecuado del cultivo, ya que todos están estrechamente relacionados y cada uno influye en el otro de manera conjunta. Según el INIAP (2015), las características de los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebada se describen en la Tabla 2, a continuación:

Tabla 2

Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebada.

Condiciones edafoclimáticas	
Clima	Cálidas – Frías
Temperatura	10 – 20 °C
Precipitación	500 – 700 mm
Altitud	2 400 – 3 500 msnm
Tipo de suelo	Franco
pH	5.5 a 7.5

Fuente: INIAP (2015).

2.1.4.1 Suelo

Para lograr el éxito en el cultivo de cebada, se recomienda establecerlo en suelos que posean buenos contenidos de materia orgánica y estén libres de salinidad, con un pH que oscile entre 5.5 y 7.5. En caso de que el pH se encuentre fuera de este rango, es necesario realizar correcciones. La cebada se desarrolla de manera óptima en suelos francos y con un adecuado drenaje (Guamán, 2004).

2.1.4.2 Temperatura

La cebada se cultiva en zonas que abarcan desde moderadamente cálidas hasta frías, con temperaturas que oscilan entre 16 y 20°C. La gran adaptabilidad de algunas variedades ha permitido el establecimiento de cultivos que se desarrollan adecuadamente tanto en condiciones

de altas como de bajas temperaturas. Sin embargo, es importante destacar que este cultivo requiere temperaturas frescas para la fecundación de las flores (Gómez y Parra, 2005).

2.1.4.3 Requerimientos hídricos

El cultivo de cebada requiere inicialmente alrededor de 3.4 mm de agua desde la siembra. A medida que avanzan las etapas fenológicas del cultivo, el requerimiento hídrico aumenta, siendo mayor durante la etapa de floración, que coincide con el llenado del grano. En general, el ciclo de vida completo del cultivo requiere entre 500 y 700 mm de agua (INTA, 2017).

2.1.4.4 Época de siembra

El cultivo de cebada en Ecuador, tanto en la sierra norte como en la central, se lleva a cabo durante todo el año. Es una planta muy adaptable a los cambios climáticos y a las diferentes temporadas del año. Aunque no requiere una época específica de siembra, es importante tomar todas las medidas técnicas necesarias antes de establecer el cultivo (INIAP, 2010).

2.1.5 Manejo del cultivo

2.1.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se recomienda realizarla en el tercer día de luna menguante y en el tercer día de luna llena, lo que ayuda a evitar la presencia posterior de plagas. La cantidad de actividades antes de la siembra está influenciada por factores como el tipo de suelo, la topografía y el tipo de cultivo que se establecerá posteriormente en el área de trabajo. Esto permite aprovechar los restos del cultivo anterior al incorporar materia orgánica al suelo (Manqui y Allende, 2012).

La arada se lleva a cabo a una profundidad de 30 cm, lo que permite enterrar los restos de cultivos anteriores. Este proceso remueve el suelo para mejorar la penetración de las raíces y exponer a los insectos del suelo a sus controladores naturales.

La rastra, según Carrasco (2011), tiene como objetivo remover el suelo para facilitar las labores culturales antes del establecimiento del cultivo.

El surcado se utiliza para optimizar y aprovechar el agua de lluvia, permitiendo que llegue hasta las raíces del cultivo. Para el cultivo de cebada, el INIAP (2010), establece que el distanciamiento entre surcos debe ser de 20 a 25 cm.

2.1.5.2 Siembra y cubrimiento de semillas

El suelo debe tener la humedad adecuada para permitir una óptima germinación de las semillas. Para lograr una emergencia rápida, la siembra se realiza a una profundidad de 3 cm. Si se siembra en surcos, se recomienda un espaciado de 20 a 25 cm entre surcos. Posteriormente, se tapa la semilla con una pala o con el pie, asegurándose de que no quede enterrada demasiado profundamente. Alternativamente, se puede optar por el método de siembra al voleo (INIAP, 2010).

La densidad de siembra es un factor crucial para el rendimiento del cultivo, según el INIAP (2012). Se recomienda una densidad de siembra de 120 kg/ha si la siembra es manual y de 150 kg/ha si se realiza de manera mecanizada.

2.1.5.3 Riego

El cultivo de cebada maltera requiere menos agua en comparación con otras gramíneas. Para producir un kilo de materia seca, el cultivo necesita 425 litros de agua. Según el INTA (2018), es importante realizar un riego adecuado antes de establecer el cultivo para evitar encharcamientos y garantizar un buen drenaje del suelo. El riego debe adaptarse al estado de desarrollo del cultivo y al nivel de humedad del suelo. Durante el período de encañado y espigado, que son etapas críticas para el rendimiento de la cebada, se recomienda un riego frecuente y de bajo caudal.

2.1.5.4 Fertilización

El cultivo de cebada tiene una alta demanda de nitrógeno (N), una demanda moderada de fósforo (P) y potasio (K), y absorbe cantidades menores de otros nutrientes. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) proporciona en la Tabla 3, información detallada sobre los requerimientos nutricionales específicos del cultivo de cebada. Se ha observado que estos requerimientos pueden variar según las condiciones ambientales y edafoclimáticas de cada ubicación, lo que significa que las necesidades nutricionales de la cebada pueden ser distintas en cada caso particular.

Tabla 3

Requerimientos nutricionales del cultivo de cebada.

Análisis de Suelos	N (kh/ha)	P₂O₅	K₂O	S
Bajo	80 - 100	60 - 90	40 - 60	20 – 30
Medio	60 - 80	40 - 60	30 - 40	10 – 20
Alto	20 - 60	0 - 40	20 - 30	0 – 10

Fuente: (INIAP, 2009).

Según las recomendaciones del INIAP, durante la siembra de cebada se debe aplicar al voleo todo el fósforo (P), potasio (K), azufre (S) y la mitad del nitrógeno (N). La otra mitad del nitrógeno se debe aplicar al voleo durante el macollamiento de la cebada.

2.1.5.5 Control de malezas

Controlar las malezas es crucial para garantizar un rendimiento y una calidad adecuados en el cultivo de cebada. Se recomienda realizar un control efectivo de malezas durante la preparación del suelo, asegurando una densidad de siembra apropiada y utilizando semillas certificadas. Además, es importante aplicar una distribución adecuada de fertilizantes.

El control de malezas puede llevarse a cabo de forma manual, suprimiendo las malezas grandes, o a través de métodos químicos. En ambos casos, es fundamental realizar una vigilancia constante para evitar la competencia por nutrientes y asegurar un desarrollo óptimo del cultivo.

2.1.5.6 Cosecha y trilla

Para garantizar la calidad del grano de cebada, es esencial que su contenido de humedad sea inferior al 15% al momento de la cosecha. Si el grano presenta niveles de humedad superiores, se debe secar al sol antes de almacenarlo.

El proceso de trilla, que implica separar el grano de las espigas de cebada, puede llevarse a cabo de manera mecanizada para mejorar la eficiencia. Es fundamental que el grano esté limpio, seco y clasificado adecuadamente para poder comercializarlo con éxito.

2.1.5.7 Almacenamiento

El grano de cebada, una vez cosechado y debidamente seco, puede almacenarse en condiciones óptimas durante un período de 2 a 4 años en la sierra ecuatoriana, sin que se produzcan pérdidas significativas de germinación o de su valor nutritivo. Incluso se han registrado casos en los que el grano seco de cebada se ha conservado por más de 10 años sin experimentar variaciones importantes en su calidad.

2.1.6 Enfermedades

2.1.6.1 Enfermedades del cultivo

Zúñiga (2013), identifica varias enfermedades que afectan el cultivo de cebada. Algunas de las principales enfermedades mencionadas en su estudio son:

Roya amarilla (*Puccinia striiformis*). - Son pequeñas pústulas de tono amarillento, distribuidas en filas sobre las hojas y posteriormente transformándose en pústulas de color negro,

caracterizan la roya amarilla, una enfermedad común en los cereales (Figura 1). Su efecto principal es la pérdida parcial o total de las hojas, siendo este el daño más significativo causado por el hongo en la planta. Además, también puede afectar los granos. La roya amarilla prospera en un rango de temperatura de 10°C a 12°C y requiere que las hojas estén húmedas para desarrollarse óptimamente. Su crecimiento se detiene por debajo de los 2°C y su límite superior de temperatura es de 22°C, lo que la hace un patógeno especialmente asociado a temperaturas bajas.

Figura 1

Roya amarilla (Puccinia striiformis) en cultivo de cebada.



Fuente: AgroEs, (2023).

Los signos y consecuencias de la infestación de roya amarilla se ilustran en la Figura 2. Inicialmente, la enfermedad se manifiesta en áreas pequeñas con plantas altamente afectadas. A partir de estos focos, la roya se propaga al resto del cultivo.

En las hojas, se pueden observar pequeñas protuberancias alargadas de tono amarillento, dispuestas en líneas a lo largo de los nervios, lo que produce un patrón estriado en la hoja. Si la infestación es severa, las hojas se secan y pierden este patrón. La pérdida parcial o total de las hojas es el principal daño que causa este hongo en la planta. Además, los granos también pueden ser afectados. En zonas frescas y húmedas, la producción puede disminuir hasta en un 40% debido a esta enfermedad.

Figura 2

Síntomas y daños de roya amarilla del cultivo de cebada.



Fuente: AgroEs, (2023).

Las medidas preventivas recomendadas incluyen principalmente el uso de variedades resistentes. Aunque esta estrategia ha sido efectiva durante muchos años, se han observado nuevas variedades que pueden ser virulentas contra cepas que anteriormente eran resistentes. Es importante eliminar los rastrojos de cebada durante el periodo entre cultivos y evitar siembras tempranas. Además, se aconseja aplicar fertilización sin excesos de nitrógeno para ayudar a controlar la incidencia de la roya amarilla.

Roya de la hoja (*Puccinia hordei* Otth.). - Es una enfermedad foliar común en el cultivo de cebada, según Hunger (2017), rara vez alcanza niveles devastadores. Sus síntomas visuales incluyen pústulas redondas de color amarillo-naranja en las hojas y vainas de la planta (Figura 3), que son cuerpos fructíferos donde se producen las esporas llamadas urediosporas. El patógeno sobrevive en plantas hospedantes que actúan como inóculo primario, mientras que el inóculo secundario se desarrolla durante el ciclo de cultivo de la cebada, multiplicándose asexualmente y generando varios ciclos de infección. Bajo condiciones óptimas, el periodo de incidencia dura entre siete y 10 días.

Figura 3

Roya de la hoja presente en el cultivo de cebada



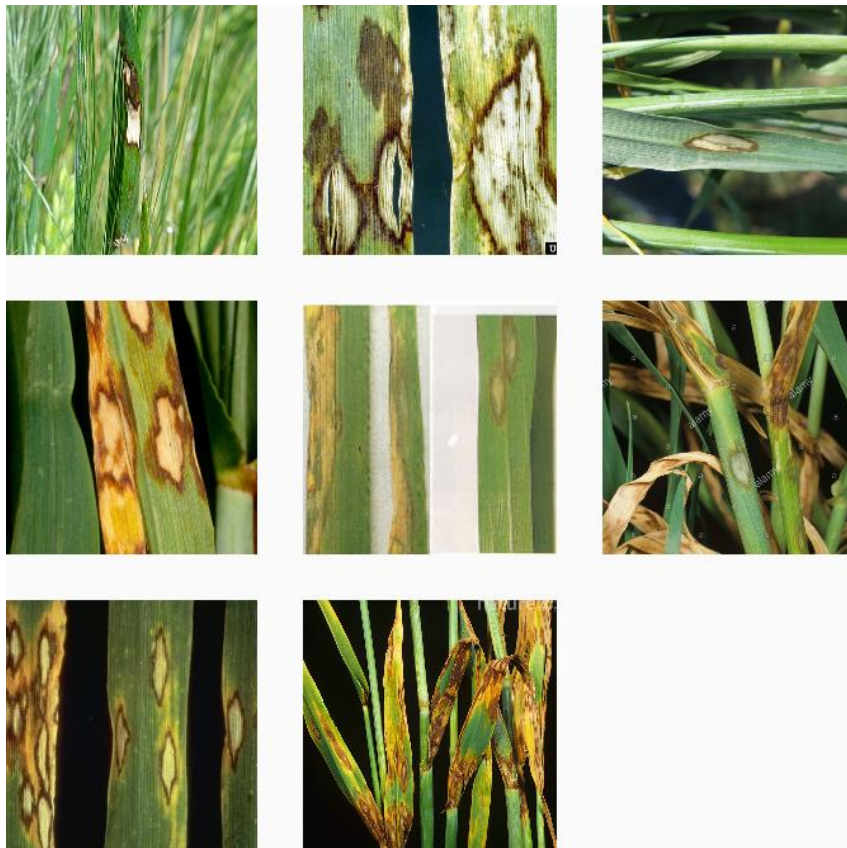
Fuente: Hunger, (2017).

Las lesiones son pequeñas, redondas y de tipo ampolla, que se agrupan para formar rayas en las hojas afectadas por la roya amarilla. Tienen un color amarillo-naranja y no causan ruptura en las capas exteriores del tejido vegetal.

Escaldadura (*Rhynchosporium secalis*). - La enfermedad se manifiesta inicialmente con un reblandecimiento del área afectada, seguido por la formación de una mancha gris azulado que se desarrolla, dejando una parte central de color pardo grisáceo y un borde marrón oscuro (Figura 4). Esta afección es común en cebadas, especialmente en áreas frescas.

Figura 4

Escaldadura de la cebada (Rincosporiosis).



Fuente: Agrobase, (2023).

El escaldado de la cebada, que principalmente afecta a las hojas, ocasiona lesiones que suelen fusionarse, cubriendo una gran parte de la superficie foliar. Con el tiempo, las hojas afectadas se secan y mueren. Este problema puede provocar pérdidas en la cosecha de hasta el 40%, debido a la reducción del número de hijuelos de la planta, la disminución en el número de granos en la espiga y, lo más común, la reducción del tamaño del grano debido a la disminución del área foliar disponible.

Virus del enanismo amarillo (BYDV). - Según Biurrun et al. (2010), en la cebada se manifiesta un amarillamiento que inicialmente aparece en la punta de las hojas desarrolladas. Estos síntomas suelen presentarse entre 15 y 30 días después de la inoculación en siembras tempranas de otoño o en siembras de primavera. En el caso de las siembras de otoño, los síntomas tienden a manifestarse hacia finales de enero o febrero, siendo más notables al final del período de

encañado o al inicio del espigado. Durante el encañado, se observa un enanismo excesivo y un aumento desproporcionado en el número de tallos laterales, lo que impide o dificulta la formación de espigas (Figura 5). En ocasiones, cuando se da el espigamiento, las semillas pueden desarrollarse de manera deficiente. La distribución irregular de las plantas enanas puede generar un aspecto agrupado en la parcela.

Figura 5

Virus del enanismo amarillo de la cebada – BYDV.



Fuente: Agrícola ITG, (2010).

Las hojas se tornan de un color amarillento, engrosada y rígidas; las plantas infectadas presentan un retraso en la formación de espigas, y pueden disminuir el rendimiento del cultivo hasta un 20%. Este virus es transmitido por una gran variedad de especies de pulgones y temperaturas próximas a un 20°C favorecen al desarrollo de la enfermedad.

2.1.7 Componentes en el rendimiento de la cebada

El fitomejoramiento a lo largo del tiempo ha buscado principalmente genotipos que ofrezcan adecuados rendimientos de grano, resistencia a enfermedades y buena calidad. El rendimiento, en particular, se destaca como la característica principal, ya que determina la viabilidad de un genotipo para los agricultores. En el cultivo de cebada, el rendimiento del grano está estrechamente ligado a rasgos como la longitud de la espiga y la altura de la planta. Investigaciones han revelado que alrededor del 72% de la variación en el rendimiento de muchos

cereales está asociada con el número de espigas fértiles, el número de granos por espiga y el peso del grano. Por lo tanto, estos componentes exhiben una correlación positiva con el rendimiento del cultivo. Según Castañeda et al. (2009), el factor que más contribuye al rendimiento en los cereales de grano pequeño es el número de espigas por metro cuadrado.

En el rendimiento del grano de cebada, el número de macollos juega un papel crucial como primer componente, ya que contribuye al aumento del área foliar y fotosintética de la planta. El segundo componente es el número de granos por espiga, el cual refleja la fase de crecimiento y estado reproductivo del cultivo; este número depende de la cantidad de flores polinizadas que se llenan y se convierten en grano. Por último, el tercer componente es el peso del grano, donde la asimilación de materiales representa aproximadamente el 30% del peso final del grano. La caracterización de las variedades y los factores asociados con la productividad y calidad del cultivo han permitido entender cómo el cultivo responde a las condiciones climáticas locales y a las irregularidades durante la formación del grano (Lizarraga, 2015).

2.1.8 Variedades de cebada cervecera sembradas en el Ecuador

Lorente (2007), destaca la importancia de considerar tres tipos de tipologías para establecer una variedad de cultivo adecuada: fertilidad, productividad y factores de regularidad del rendimiento, así como la calidad del grano, como se detalla en la Tabla 4. En el Ecuador, el INIAP ha introducido variedades malteras, entre las cuales se encuentra:

INIAP Cañicapa 2003. - Esta variedad de cebada de dos hileras es el resultado de la cruce INIAP SHYRI 89/3/GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E. Lanzada en el año 2003, puede ser cultivada en zonas del austro ecuatoriano que se encuentren entre 2.400 y 3.200 msnm, con una pluviosidad de 500 a 700 mm durante el ciclo de cultivo. Se destaca por su alto contenido de proteína y buen rendimiento del grano, lo que contribuye a mejorar la dieta de los campesinos en las zonas altas de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2003).

Metcalfe. - La cebada maltera actualmente es líder en Europa como cebada de primavera, ocupando aproximadamente la mitad del mercado. Destaca por su excelente combinación de

producción y calidad maltera, lo que la distingue entre otras variedades. Se caracteriza por tener un tamaño de grano grande y un alto peso específico, lo que la hace adecuada para diversos tipos de suelo. Además, madura precozmente y el grano se seca rápidamente, lo que contribuye a un rendimiento elevado que supera a otras variedades productivas. Es resistente al encamado y a enfermedades como el Oídio y la Roya enana, lo que la hace adaptable tanto a zonas frías como templadas (Agropoints, 2017).

Scarlett. - La cebada maltera, en la década de los 90, fue la cebada de primavera líder en Europa, inscrita en 1996, dominando aproximadamente el 50% del mercado en Francia y Alemania, y alcanzando hasta el 60% del mercado de malta en España. Destaca por su excelente combinación de producción y calidad maltera, lo que la distingue entre otras variedades. Sus granos son de gran tamaño y tienen un elevado peso específico. Es altamente resistente al oídio, encamado y roya enana, aunque puede ser algo sensible al *Rhynchosporium*. Se adapta a diversos tipos de suelos, aunque prefiere los frescales, y madura precozmente, con un secado rápido del grano. Su rendimiento es muy elevado, superando a otras variedades productivas, y muestra una gran polivalencia climática, siendo resistente tanto a zonas frías como templadas (INIAP, 2007).

INIAP Calicuchima 92.- A través del programa de cereales del INIAP, se ha desarrollado la variedad lanzada en 1992 con el objetivo de mejorar el uso de la cebada en la industria maltera. Esta variedad presenta características similares a la variedad Clipper, pero a lo largo del tiempo ha mostrado una susceptibilidad creciente a enfermedades como las royas y los polvillos. A pesar de esto, sigue siendo una variedad con atributos de calidad maltera, que incluyen una buena adaptación a diferentes condiciones, tolerancia a enfermedades y un rendimiento de grano satisfactorio. Además, se adapta a una amplia gama de suelos, tiene un ciclo de madurez precoz y permite un secado rápido del grano (INIAP, 2009).

Duchicela. - Es una variedad desarrollada por el INIAP en la Estación Experimental Santa Catalina en 1977, con el propósito de ser utilizada tanto para consumo humano como para la producción de almidón destinado a la industria maltera. Esta variedad exhibe tolerancia a varias enfermedades y una susceptibilidad moderada a la roya. Demuestra un crecimiento y rendimiento aceptables incluso en condiciones de manejo óptimas. Su adaptabilidad es amplia,

siendo adecuada para altitudes que van desde los 2.800 hasta los 3.300 msnm, con precipitaciones entre 600 y 800 mm. Es especialmente adecuada para suelos francos, y su éxito requiere un manejo adecuado del cultivo y, en caso necesario, medidas fitosanitarias (INIAP, 2009).

INIAP Alpha 2021. - Alfa 2021 es una variedad de cebada desarrollada específicamente para la producción de malta o cerveza artesanal rubia. Destaca por su resistencia a enfermedades clave que afectan al cultivo de cebada, como la roya amarilla y la roya de la hoja, además de mostrar tolerancia al acame, que es la inclinación del tallo debido al viento. Esta nueva variedad alcanza su madurez para la cosecha en un período de 160 a 180 días desde la siembra, con un rendimiento promedio de 3.5 Tn/ha. Presenta una espiga de seis hileras y una altura de planta que oscila entre los 90 y 100 cm. Alfa 2021 está adaptada para su cultivo en regiones como Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo y Azuay, en altitudes que van desde los 2.000 hasta los 3200 msnm, con temperaturas que oscilan entre 13 y 24 °C (INIAP, 2022).

Voyager. - El uso de la variedad Abi Voyager de dos hileras, que presenta características más adecuadas para la industria cervecera, se ve afectado por su ciclo vegetativo más prolongado, que es de 20 a 30 días más largo que el de las variedades tradicionales de seis hileras. Sin embargo, en ensayos de campo donde se aplicaron biofertilizantes, esta variedad mostró una reducción en su ciclo vegetativo, lo que mitigó esta desventaja. Además, no se observó la presencia de pulgones, por lo que no fue necesario aplicar insecticidas. La implementación de estas tecnologías basadas en bioinsumos se vuelve crucial para mantener el suministro nacional de cebada y evitar depender de agroindustrias que procesan maíz, trigo y sorgo, y que cada vez más recurren a la importación de materias primas (Agroorganico, 2021).

Tabla 4

Características morfológicas de las variedades malteras mejoradas en el Ecuador.

Variedades	Germinación (%)	Altura de planta	Número de macollos	Días al espigado	Peso hectolítrico (kg/Hl)	P. mil semillas (g)	Rendimiento (kg/ha)
INIAP Cañicapa 03	100	103	5.75	97	62.6	63.7	4 573
Metcalfe	100	80	6.25	100	64.0	-----	4 542
Scarlett	100	63	7.5	101	56.5	36.2	4 500
Calicuchima 92	100	75	7.25	90	66.99	48.0	4 484
Duchicela	100	100	7.5	90	62.5	52.5	3 700

Fuente: Falconí, Garófalo y Vaca (2010).

Los estudios indican que el cultivo de cebada maltera prospera en suelos de textura franca, franco limoso y franco arcilloso, con un rango de pH de 6.0 a 8.5 y una temperatura óptima alrededor de 20°C. Es altamente tolerante a la sequía y puede crecer incluso en áreas con precipitaciones de hasta 1000 mm. Además, muestra flexibilidad frente a diferentes fotoperíodos. Por lo general, se recomienda una siembra a chorrillo mecanizado con una cantidad de semilla que varía entre 120 y 160 kg/ha (Suárez, 2010).

2.1.9 Características organolépticas de la cebada cervecera

2.1.9.1 Calidad

La cebada de calidad maltera debe exhibir una serie de características físicas y químicas ideales para su proceso de malteado. Físicamente, el grano debe ser grueso y redondeado, con un tamaño uniforme y un color amarillo claro. La cascarilla debe ser firme y rizada, y el grano debe estar libre de enfermedades. En cuanto a las características bioquímicas, la cebada maltera debe tener una baja capacidad de letargo y una buena capacidad de absorción de agua. Estas cualidades aseguran que una variedad de cebada cumpla con los estándares de calidad requeridos para la industria cervecera (Molina, 2002).

2.1.9.2 Color y brillo del grano

El proceso al que se somete el grano de cebada y los distintos grados de tostado están directamente vinculados con el color de la cerveza. Entre una amplia gama de colores, el dorado se considera el más representativo de un malteado de calidad óptima. El brillo y color del grano también son indicadores de las condiciones adecuadas para la cosecha, almacenamiento y procesamiento del grano (Tabuenca, 2015).

2.1.9.3 Olor

En cada país productor de cebada maltera pueden existir diferencias en el olor característico de la cebada, pero generalmente tiene un aroma a humedad y un olor típico de grano seco. Sin embargo, si un lote de grano almacenado presenta un olor a moho, es indicativo de que ha sido contaminado por hongos (Tabuenca, 2015).

2.1.9.4 Porcentaje de cáscaras

Las cebadas cerveceras deben contener entre un 7% y un 9% de cáscaras, ya que estas representan una parte importante de la materia seca del grano. Si el contenido de cáscaras está por encima o por debajo de estos parámetros, puede afectar el rendimiento del extracto y las sustancias presentes en el mosto, lo que influye en el sabor y la estabilidad de la cerveza (Tabuenca, 2015).

2.1.10 Características de la calidad comercial de la cebada cervecera

2.1.10.1 Humedad

Para mantener la calidad y la condición sanitaria del grano de cebada maltera, es crucial que la humedad no supere el 12% y que no contenga sustancias extrañas. Por lo tanto, se recomienda

almacenarla en lugares con una adecuada ventilación y controlar la temperatura del lugar de almacenamiento para evitar pérdidas económicas debido a problemas de calidad (INIAP, 2009).

2.1.10.2 Pureza varietal

La industria cervecera enfrenta el desafío de seleccionar una variedad de cebada maltera que se comporte de manera homogénea durante el malteado. Esto se debe a que cada variedad tiende a comportarse de manera diferente durante el proceso. Por lo tanto, es necesario identificar una variedad que garantice una producción de malta consistente y uniforme (INIAP, 2009).

2.1.10.3 Poder germinativo

La industria cervecera establece que el poder germinativo del grano durante el proceso de malteado no debe caer por debajo del 92%. Si esto sucede, los granos no germinan adecuadamente y no contribuyen al proceso enzimático, lo que los hace más susceptibles al ataque de microorganismos. En países como Europa y Brasil, se considera que un grano de calidad óptima debe cumplir con un poder germinativo del 95% (INIAP, 2009).

2.1.10.4 Sensibilidad al agua

La sensibilidad al agua del grano de cebada está estrechamente relacionada con su dormancia. Las variedades que muestran una alta sensibilidad al agua son aquellas que no han alcanzado su completa madurez germinativa. Sin embargo, en términos generales, la sensibilidad al agua está influenciada en un 15% por el genotipo y en un 55% por el medio ambiente. Esto significa que la energía germinativa del grano al entrar en contacto con el agua puede variar dependiendo de estos factores (INIAP, 2009).

2.1.10.5 Peso hectolítrico

La trilla desempeña un papel fundamental en el proceso de malteado al afectar el peso hectolítrico del grano de cebada. Una trilla vigorosa elimina completamente las aristas y parte de las cáscaras del grano. Esto facilita una rápida absorción de humedad durante la germinación, promoviendo así una uniformidad en el proceso, siendo un peso hectolítrico óptimo se tendrá buena calidad en el grano (Magliano y Prystupa, 2011).

2.1.10.6 Clasificación por tamaño

En la industria cervecera, el tamaño del grano de cebada es de gran importancia durante el procesamiento de la malta. Los granos que tienen un tamaño inferior a 2,2 mm tienden a tener una alta cantidad de proteína y un bajo contenido de almidón. En contraste, los granos que tienen un tamaño superior a 2,5 mm, considerados óptimos, presentan niveles bajos de proteína y una alta concentración de almidón. Por lo tanto, los granos más grandes producen una mayor cantidad de sustancias solubles durante la extracción (Magliano et al., 2011).

2.1.10.7 Porcentaje de proteína

El porcentaje de proteína desempeña un papel crucial en la calidad de la malta producida, ya que influye en el sabor de la cerveza, la estabilidad de la espuma y la nutrición de las levaduras. Actualmente, este porcentaje varía considerablemente entre diferentes países, pero se ha establecido un rango de 9 a 12% en sustancia seca como límite aceptable. Esto se debe a la relación entre el volumen y la superficie del grano: cuanto más redondo sea el grano, menor será el porcentaje de proteína y mayor será su contenido de almidón (Magliano et al., 2011).

2.2 Marco legal

El Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Toda una Vida enfatiza la importancia de la investigación y la innovación en el logro del Objetivo 5, que se centra en impulsar la productividad y la competitividad de manera redistributiva y solidaria. Destaca que para alcanzar

este objetivo es fundamental promover la investigación, la transferencia tecnológica y la vinculación del sector educativo y académico con los procesos de desarrollo. Además, se subraya la importancia de la pertinencia productiva y laboral de la oferta académica, así como la necesidad de profesionalizar a la población para responder a las demandas del mercado y fomentar el crecimiento económico sostenible.

El Consejo Nacional para la Implementación para el Desarrollo Sostenible (2015) destaca que, los estados miembros de la ONU, en colaboración con ONGs y ciudadanos de todo el mundo, establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para abordar de manera equilibrada las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible. Uno de estos objetivos es el Objetivo 12: Producción y consumo responsables, que busca promover modalidades de consumo y producción sostenibles. Se enfatiza que, si no se modifican las actuales modalidades de consumo y producción, se corre el riesgo de causar daños irreversibles al medio ambiente.

CAPÍTULO III

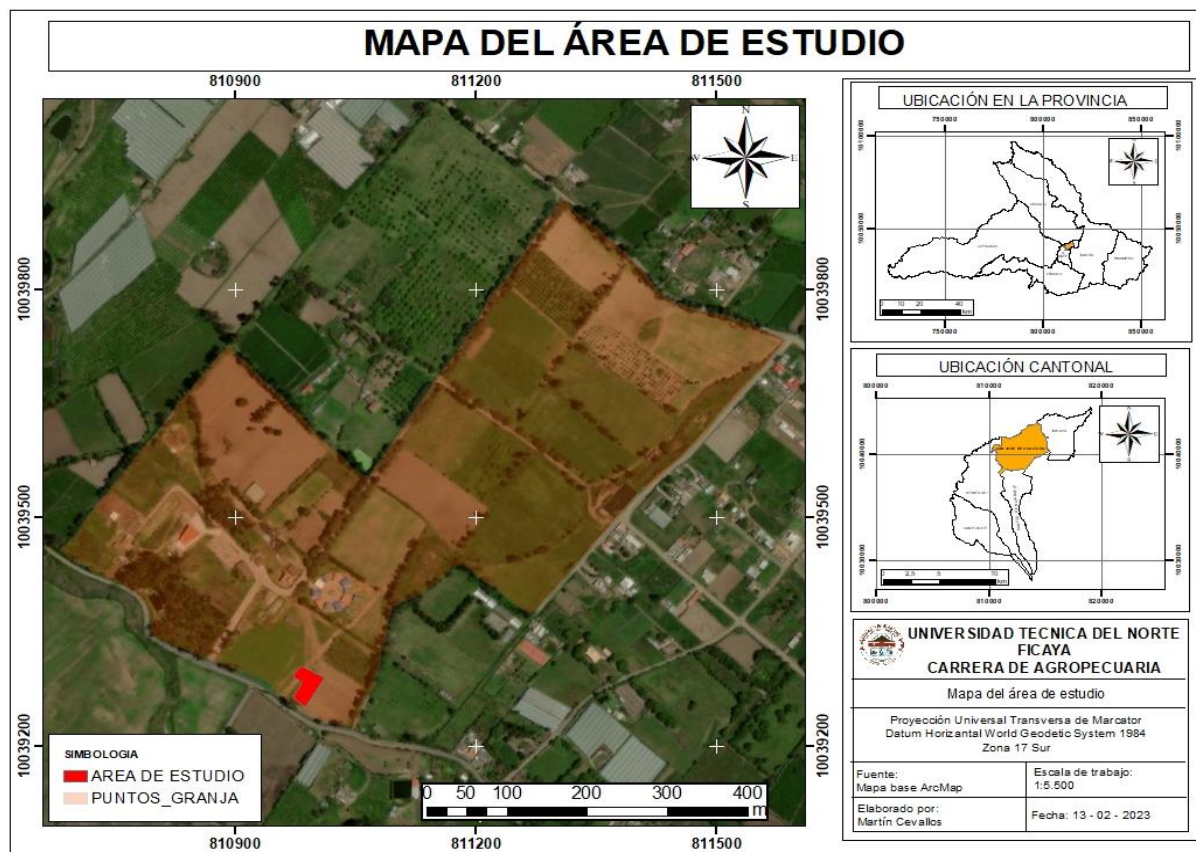
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se estableció en la “Granja Experimental La Pradera”, ubicada en la parroquia San José de Chaltura del cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura (Figura 6).

Figura 6

Área de estudio asignado para la evaluación de cebada - Chaltura.



3.1.1 Características de la ubicación del ensayo de cebada

La ubicación geográfica del área de estudio se encuentra constituida por las siguientes características geográficas, las cuales se presentan a continuación (Tabla 5).

Tabla 5

Ubicación del área de estudio del ensayo de cebada cervecera

Detalles de la ubicación geográfica del ensayo	
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	Chaltura
Ubicación	Granja Experimental "La Pradera"
Altitud	2342 m.s.n.m.
Latitud	00°21'17.818921'' Norte
Longitud	78°12'22.49352'' Oeste

3.1.2 Características climáticas y edáficas

Las condiciones climáticas en la Granja Experimental "La Pradera" son altamente favorables para el cultivo, tanto para los de ciclo corto como para los de ciclo extendido. Estas condiciones propicias incluyen aspectos como el tipo de suelo, el riego y la fertilización, entre otros factores, que contribuyen al desarrollo óptimo de gramíneas, hortalizas, tubérculos, cereales y otros cultivos. La Tabla 6, proporciona detalles específicos sobre las características climáticas y del suelo en el área donde se llevará a cabo el ensayo.

Tabla 6

Características climáticas y edáficas de Chaltura.

Características	Detalles
Temperatura máxima	25 °C
Temperatura mínima	14 °C
Clima:	Sub - húmedo
Precipitación:	700 – 950 mm anuales
Textura:	Franco
pH:	7.6

3.2 Materiales

A continuación, se detallan en la Tabla 7, los materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron durante la investigación.

Tabla 7

Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en el estudio.

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libro de campo	Computadora	Fungicida	Azadón
Rótulos	Celular (cámara)	Fertilizantes	Pala
Cinta métrica	Impresora	(minerales)	Rastrillo
Estacas	Balanza		Hoz
Piola			Bomba de fumigar
Costales			
Cementina			
Semillas de cebada			
(Voyager, Cañicapa, Alpha)			

3.3 Factores de estudio.

Factor 1. El factor consiste en el estudio de la aplicación de fungicida en tres variedades de cebada cervecera en subparcelas separadas. Se establecen dos comparaciones: una subparcela donde se aplica fungicida y otra donde no se aplica. El producto que se utilizó fue el Propiconazole (liquido) en 4 dosis de 100 cc en 20 lt/agua para los 30 m² del ensayo.

Las aplicaciones que se utilizaron en el ensayo de la cebada son:

- Aplicación de un fungicida proporcionado por el INIAP, Propiconazole. Para evaluar el efecto de las tres variedades de cebada en cada parcela.
- Aplicación de buenas prácticas culturales. Para evaluar las tres variedades de cebada por cada parcela sin aplicación de fungicida para comparar rendimientos.

Factor 2. Las variedades que se evaluarán agrónomicamente son Abi Voyager, INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alpha 2021:

Voyager. Es una nueva variedad de cebada maltera que se originó en México. Se caracteriza por su capacidad para crecer en áreas de altitud elevada y por su resistencia a enfermedades. Esta variedad es considerada óptima para la industria cervecera cuando se cultiva en condiciones de producción favorables. En el ensayo de cebada maltera, se sembraron un total de 3.24 g, distribuidos equitativamente con 0.54 g en cada subparcela.

INIAP Cañicapa 2003. Es una variedad nacional de cebada maltera que se ha implementado en el país desde el año 2003. Se destaca por su buen rendimiento en áreas de altitud y su resistencia a enfermedades. Esta variedad se considera óptima para la industria cervecera cuando se cultiva en condiciones de producción favorables. En el ensayo de cebada maltera, se sembraron un total de 3.24 gramos, distribuidos equitativamente con 0.54 gramos en cada subparcela.

INIAP Alpha 2021. Es una variedad nacional de cebada maltera que se ha implementado en el país desde el año 2021. Se caracteriza por tener buenos rendimientos en áreas de altitud y mostrar una buena resistencia a enfermedades. Esta variedad se considera óptima para la industria cervecera cuando se cultiva en condiciones de producción favorables. En el ensayo de cebada maltera, se sembraron un total de 3.24 g, distribuidos equitativamente con 0.54 g en cada subparcela.

3.4 Códigos de aplicaciones

CON. Aplicación de fungicida en las tres variedades de cebada, 9 subparcelas izquierda.

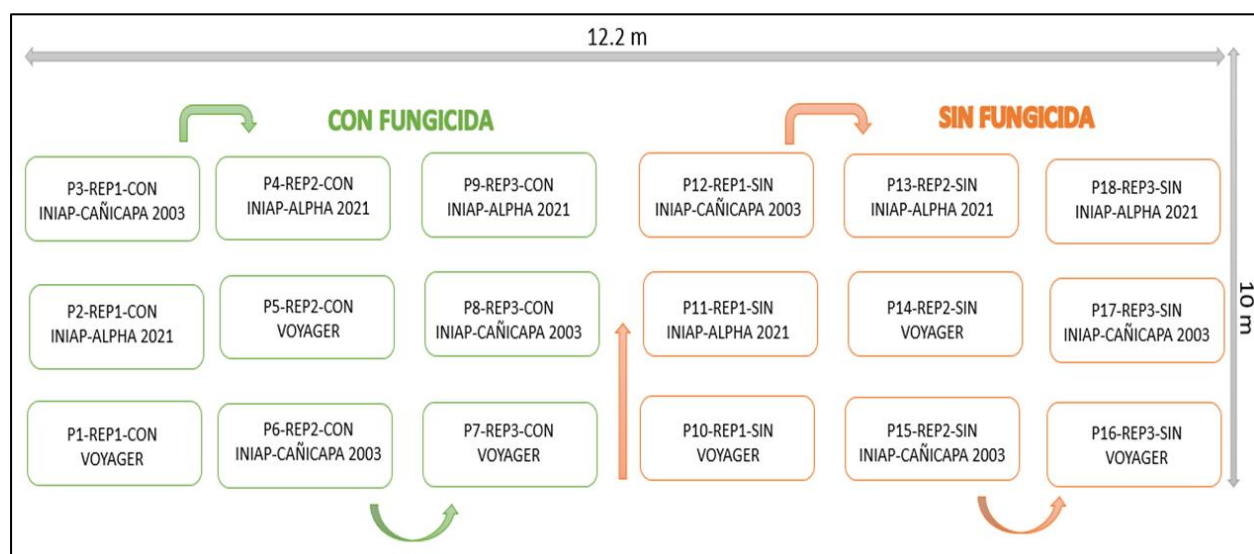
SIN. Manejo cultural en las tres variedades de cebada, 9 subparcelas derecha.

3.5 Diseño del experimento

Diseño en Bloques Completos al Azar con Parcelas Divididas (DBCA+PD). Las parcelas grandes se dividieron en dos factores: control de enfermedades (CON y SIN) y las parcelas pequeñas corresponden a las variedades de cebada maltera (Abi Voyager, INIAP Cañicapa 2003 e INIAP Alpha 2021).

Figura 7

Diseño experimental del ensayo de cultivo de cebada.



3.6 Características del experimento

Las características del ensayo de cebada que se encuentran establecidas en la Tabla 8, para la evaluación de las tres variedades se presentan a continuación:

Tabla 8

Características de la unidad experimental

Medida	Cantidad
Bloques	3
Fungicida	2
Variedades	3
Nº de UE	18
Área del experimento	122 m ²
Separación entre UE	0.50 m
Unidad experimental	3 m x 1.2 m (3.6 m ²)
Parcela neta	3.5 m x 1.7 m (5.95 m ²)
Área UE	64.8 m ²
Área PN	107.1 m ²

3.7 Análisis estadístico

Se realizó con un análisis de varianza en el software INFOSTAT versión 2020, con pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha=0.05$), una vez comprobados los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

3.8 Variables a evaluarse

En la investigación de las variables relacionadas con el comportamiento agronómico del cultivo, se consideró el ciclo fenológico para determinar las variables en los momentos adecuados en términos de días. Se utilizó la escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo de Zadoks (Anexo 1), desde la germinación hasta la madurez de la cosecha para comparar ciclos fenológicos de los tres materiales genéticos estudiados: Voyager, INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alpha 2021. A continuación, se presentan las variables que fueron estudiadas en el cultivo, según el Manual 116 del INIAP y MAG sobre La Cebada (2020):

3.8.1 Emergencia

Se evaluó mediante observación, expresándolo en bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes de plantas germinadas correspondientes a la escala (Tabla 9).

Tabla 9

Detalles de evaluación de emergencia de la cebada.

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

Fuente: INIAP, (2019).

Este parámetro se evaluó en la etapa de desarrollo Z 12 o Z 13 según la escala de Zadoks (Figura 8) dos o tres hojas desarrolladas.

Figura 8

Escala de Zadoks para evaluar emergencia de la planta de cebada.



Fuente: INIAP, 2019.

3.8.2 Vigor

Este parámetro se evaluó mediante observación (Tabla 10), comparando el desarrollo general de las plantas de cebada en una escala de tres niveles; erecto, intermedio y postrado sobre cada parcela del ensayo.

Tabla 10

Parámetros para evaluar el vigor de la cebada.

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

Fuente: INIAP, (2019).

3.8.3 Hábito de crecimiento

Para este parámetro se utilizó una escala de tres descriptores; bueno, regular y malo (Tabla 11), relacionados a la disposición de las hojas del cultivo de cebada.

Tabla 11

Parámetros para evaluar el hábito de crecimiento de la cebada.

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

Fuente: INIAP, (2019).

3.8.4 Días al espigamiento

Se realizó en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad. Figura 9, (Zadoks es la Z 55, mitad de la inflorescencia emergida).

Figura 9

Escala de Zadoks para evaluar los días de espigamiento en cebada.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.5 Altura de planta

Se midió desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, empleando una conta métrica, excluyendo las aristas. según la escala de Zadoks es la Z 91, carióspside duro (figura 10).

Figura 10

Etapa fenológica de la cebada para medir la altura de planta.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.6 Tipo de paja

Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico y de las condiciones durante el desarrollo del cultivo. Para este parámetro se empleó una escala de 1 al 3, descrita a continuación en la tabla 12. La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro fue según la escala de Zadoks es la Z 91, carióspside duro.

Tabla 12

Parámetros para evaluar el tipo de paja de la cebada (acame).

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

Fuente: INIAP (2019).

3.8.7 Número de espigas por metro cuadrado

Se midió con un cuadrante de 1m x 1m, facilitado por el INIAP, en cada parcela se mide el número de plantas que caben dentro del mismo, contabilizando tres veces y obtener un solo dato final promedio (Figura 11).

Figura 11

Instrumento para evaluar el número de espigas por metro cuadrado.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.8 Tamaño de espiga

Se expresó en centímetros y se lo midió desde la base de la espiga hasta el extremo de la panoja (figura 12), sin incluir las aristas. para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 92, cariósipide duro.

Figura 12

Evaluación con cinta métrica para el tamaño de la espiga.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.9 Número de granos por espiga

Parámetro visual, para ello se tomó al azar al menos 10 espigas y se contabilizó manualmente el número de granos llenos que tiene cada espiga y estimar un promedio, cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial, es decir que esta de cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo (figura 13).

Figura 13

Evaluación mediante conteo para el número de granos por espiga.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.10 Reacción a enfermedades

La evaluación a enfermedades como severidad a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*) y virus BYD (Figura 14). Se tomó una muestra de plantas en forma aleatoria del lote y se verificó a simple vista la presencia o no de la enfermedad.

El resultado fue una proporción de plantas y/o macollos enfermos (pe) sobre plantas totales evaluadas (pt), expresado en porcentaje. Para la severidad a enfermedades, la evaluación de enfermedades fue en dos estados de desarrollo fenológico, la primera en la Z37 y Z39, y la segunda en la Z55 y Z59.

Figura 14

Escala de Zadoks para evaluación de severidad en enfermedades.



Fuente: INIAP, (2019).

La **Roya Amarilla** es producida por el hongo *Puccinia striiformis*, ataca al trigo, cebada y triticale, y puede atacar tanto al follaje como a las espigas (Figura 15). Se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo o estriado en dirección de las nervaduras de las hojas.

Figura 15

Escala de evaluación para severidad en roya amarilla o lineal.

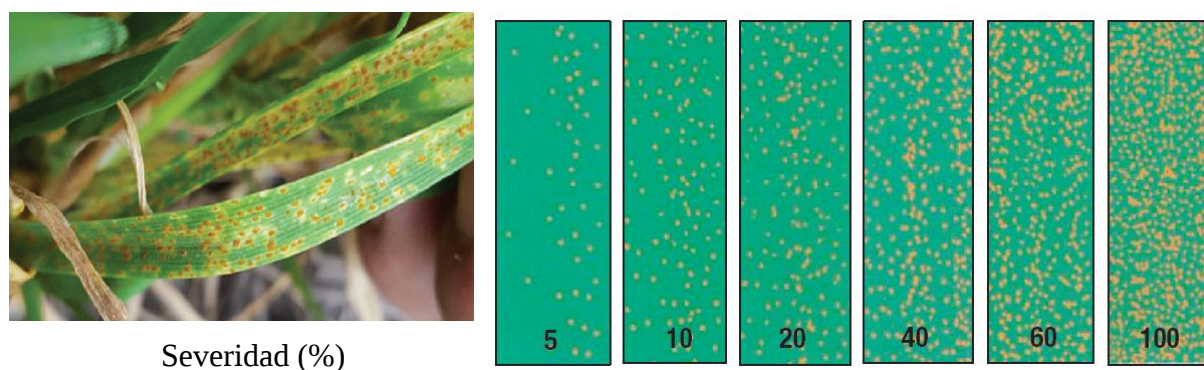


Fuente: INIAP, (2019).

La **Roya de la Hoja** (Figura 16), es producida por el hongo *Puccinia triticina*, en la cebada por *Puccinia hordei* y en avena por *Puccinia coronata*. Se caracteriza porque las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica y su distribución no sigue ningún patrón el color de las pústulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado.

Figura 16

Escala de evaluación para severidad en roya de la hoja.



Fuente: INIAP, (2019).

La **Escaldadura** se caracteriza por presentar manchas de color café que pueden presentar diferente forma. Otra mancha foliar que se observa en la cebada, en trigo y en algunos triticales,

es la “escaldadura” o *Rhynchosporium secalis*, que ataca a todos los órganos de la planta, presentándose manchas aisladas o agrupadas, de forma romboidal y de color verde oliváceo claro a verde grisáceo (Figura 17). Los síntomas se presentan en las hojas inferiores como manchas de color amarillo pajizo, luego en la parte superior se presentan manchas de forma ovalada, de color amarillo verdoso o gris verdoso. En las lesiones se observan puntos negros, picnidios.

Figura 17

Escala de Stubbs R. W et al.,1986 para evaluar la intensidad a escaldadura.



Fuente: INIAP, (2019).

El **virus del enanismo amarillo de la cebada BYDV**, es causada por virus que son diseminados mediante un vector, es este caso por pulgones de varias especies y puede producir enanismo por la falta de elongación de los entrenudos, pérdida de color de las hojas que se extiende desde el ápice y por los márgenes hacia la base (Figura 18). El amarillamiento es típico de cebada y trigo; aunque algunos cultivares, como avena, pueden manifestar una coloración roja o púrpura. Puede

o no causar enanismo dependiendo de la raza del virus, la época de inoculación en relación con el desarrollo de la planta y de la variedad.

Figura 18

Escala descrita por Schaller y Qualset (1980) para severidad virosis.



VYDV

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

Fuente: INIAP, (2019).

3.8.11 Rendimiento de grano

Este valor está dado en g parcela-1, y se lo puede transformar a kg ha-1, para calcular el rendimiento potencial estimado. Para ello se pesó en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano estuvo con 13% de humedad y limpio (Figura 19).

Figura 19

Grano de cebada en condiciones óptimas para la industrialización.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.12 Peso de mil granos

Para la evaluación de esta variable se contabilizó mil granos y se separó en un recipiente para mediante una balanza electrónica (Figura 20), medir cuanto pesan los mil granos y está dado en gramos.

Figura 20

Pesaje en la balanza de mil granos de cebada.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.13 Peso hectolítrico

Este peso debe ser estimado en kilogramos por hectolítrico (kg hl⁻¹), para ello se empleó una balanza para peso específico o hectolítrico (Figura 21). Para evitar errores se realizó al menos tres mediciones al azar, para sacar un promedio.

Figura 21

Pesaje en la balanza específica para obtener el peso hectolítrico.



Fuente: INIAP, (2019).

3.8.14 Tipo de grano

Según el cultivo de cebada se emplearon las siguientes escalas simbólicas (Tabla 13), propuestas por el Programa de Cereales del INIAP para describir detalladamente al grano de cebada.

Tabla 13

Parámetros para evaluar el tipo de grano de la cebada.

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

Fuente: INIAP (2019).

3.9 Manejo del experimento

Preparación del terreno. - Antes de la siembra de las semillas de cebada cervecera, se llevó a cabo la preparación del suelo a una profundidad de 20 cm utilizando un motocultor. Este proceso tenía como objetivo eliminar los restos de cultivos anteriores y cualquier fragmento de tierra compacta, manteniendo así el suelo suelto para favorecer una siembra óptima. Además, se realizó un riego profundo varios días antes de la siembra para asegurar que las semillas no enfrentaran dificultades en su proceso de germinación.

Muestreo y análisis químico del suelo. – Después de tomar una muestra de suelo de 1 kg, esta fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos del INIAP (Anexo 2). Los resultados del análisis proporcionaron información detallada sobre los valores nutricionales y la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo en ese momento. Con base en estos resultados, se identificaron las recomendaciones específicas para la aplicación de fertilizantes tanto en la siembra inicial como durante el proceso de macollamiento. Estas recomendaciones se basaron en las necesidades nutricionales de la cebada cervecera y en la composición del suelo, con el objetivo de optimizar el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Delimitación del área de estudio. - Se llevó a cabo la delimitación de toda el área destinada para el experimento, así como la subdivisión de esta en unidades experimentales individuales. Se utilizó cinta métrica, piolas y cementina para marcar los límites de cada parcela de manera precisa. En total, se establecieron 18 parcelas para la siembra, con el propósito de evaluar tres variedades diferentes de cebada maltera. Este enfoque permitirá comparar el desempeño de cada variedad bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo, facilitando así la recopilación de datos y el análisis posterior.

Realización de camas. - Una vez establecido el diseño experimental, procedimos a preparar las 18 camas correspondientes en cada parcela, donde se colocaría la cantidad de semillas planificada para cada variedad. Este paso nos permitió asegurar un crecimiento uniforme del cultivo de cebada cervecera en todas las parcelas, lo que a su vez nos facilitaría la recopilación de datos precisos durante el estudio.

Siembra. - La siembra se llevó a cabo manualmente utilizando la técnica de voleo. Se colocó una cantidad precisa de semillas de cebada dentro de cada parcela, junto con la aplicación de fertilizante para facilitar la emergencia de las plantas y asegurar una distribución adecuada de nutrientes en el suelo para la cebada maltera. En cuanto a la densidad de siembra, se sembraron 54 gramos de semilla en cada parcela, lo que equivale a 150 kg/ha.

Fertilización. - Para la fertilización, se realizó una primera aplicación en el momento de la siembra, con una distribución de elementos según los resultados del análisis de suelo. La segunda aplicación se llevó a cabo en la etapa de encañado, para favorecer un desarrollo óptimo del cultivo (Tabla 14). En la fertilización inicial, se aplicaron 90 gramos de 15-30-15+EM por hectárea durante la siembra. Como complemento, se aplicaron 18 gramos de urea por hectárea durante el macollamiento. En términos más amplios, para una hectárea se aplicaron 250 kilogramos de 15-30-15+EM y un saco de urea.

Tabla 14

Cantidades de fertilizantes utilizados en el ensayo.

Fertilización	Producto	Cantidad	Área
Inicial	15-30-15+EM	90 g	64.8 m ²
Complementaria	Urea	18 g	64.8 m ²

Control de enfermedades. - Al inicio del macollamiento, antes de la fertilización complementaria, se aplicó metsulfuron-metil a una dosis de 30 gramos por hectárea. Cuando aparecieron los primeros síntomas de enfermedad, se llevó a cabo un control químico utilizando Propiconazole a una dosis de 100 centímetros cúbicos por 30 metros cuadrados. Es importante destacar que este control se realizó únicamente en la parcela grande designada para el control de enfermedades, mientras que la otra parcela grande, sin control de enfermedades, se dejó para permitir la infección libre.

Cosecha. - Una vez determinado el momento óptimo de cosecha y verificada la humedad relativa del grano, se llevó a cabo la cosecha de forma manual, utilizando una hoz para recolectar

todo el material genético de las parcelas netas del ensayo. Posteriormente, se recopilaron los últimos datos agronómicos relevantes para el estudio.

Trilla. - Una vez recolectado todo el material genético del ensayo, se utilizó una trilladora mecánica para procesarlo. Posteriormente, se procedió a realizar la limpieza de la semilla de forma manual.

Almacenado. - Se almacenó la semilla de cebada en sacos pequeños, asegurándose de sujetarlos firmemente para evitar que se derrame. Los sacos se guardaron en una habitación con una temperatura moderada, lo suficientemente baja para conservar su humedad hasta su próximo uso.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se exponen los resultados de la investigación, que abarcó la evaluación de tres variedades de cebada maltera (Voyager, INIAP Cañicapa e INIAP Alpha), con la aplicación de un fungicida, analizando un total de 14 variables agronómicas y morfológicas.

4.1 Objetivo específico 1

Determinación de las características morfológicas a través de descriptores varietales de los materiales de cebada Voyager, INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alpha 2021, bajo las condiciones de la Granja La Pradera.

4.1.1 Emergencia

Los resultados del análisis estadístico de varianza (Tabla 15), muestra que para la variable emergencia no existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.7631$). Sin embargo, para el factor variedad si existe diferencia significativa ($p=0.0203$) independientemente del factor fungicida. Al contrario, no existe diferencia significativa para el factor fungicida ($p=0.3166$) independientemente de la variedad.

Tabla 15

Análisis de varianza para la variable emergencia.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	5.83	0.0209
Fungicida	1	10	1.11	0.3166
Variedad:Fungicida	2	10	0.28	0.7631

En la Tabla 16, se muestran la emergencia de plantas a pesar de que no existió diferencia significativa entre los valores CON (95%) y SIN (94%), ya que al inicio del ensayo no se aplicó ninguna cantidad de fungicida, lo que no fue determinante, sino fue la calidad de semilla que resultó tener un alto nivel de emergencia dentro de la escala de evaluación para esta variable.

Tabla 16

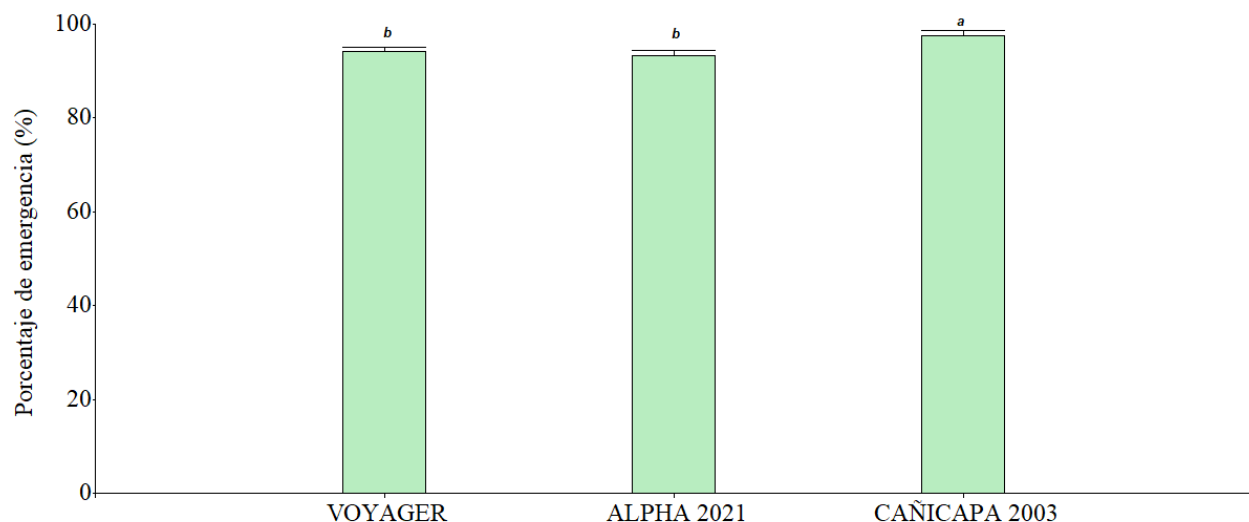
Emergencia frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	95,56	1,00
SIN	94,44	1,00

Las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha=0.05$) indica que INIAP Cañicapa 2003 obtuvo un 98%, siendo la variedad con mayor emergencia de plantas con respecto a las demás variedades, luego Voyager que obtuvo un porcentaje de emergencia de 94%, y la variedad INIAP Alpha 2021 presentó la menor emergencia de plantas con 93% (Figura 22), resultando los tres materiales genéticos como buenos dentro de la escala de evaluación del ensayo.

Figura 22

Porcentaje de emergencia en las variedades de cebada.



El presente ensayo pone de manifiesto que lograr un alto porcentaje de germinación de plantas de cebada, conforme a la escala de evaluación (Tabla 9), requiere cumplir con todos los

requisitos necesarios en términos de suelo y ambiente. En este sentido, se observó que, entre los 12 y 13 días posteriores a la siembra, se logró una tasa de germinación del 95% en condiciones óptimas en Chaltura. Este resultado es consistente con lo sugerido por Carrillo y Minga (2021), quienes, en su investigación en Chimborazo, obtuvieron una emergencia de plantas similar de 97% después de 10 días de la siembra en campo abierto.

Los resultados sobre emergencia obtenidos en Imbabura (Chaltura) encuentran respaldo también en el trabajo de Realpe (2022), quien, en su investigación sobre la evaluación de variedades mejoradas de cebada del INIAP, registró un índice de emergencia del 97% bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica del Cotopaxi, utilizando la misma escala de Zadoks como referencia. En contraste, el primer ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de la cebada maltera en Chaltura (Imbabura), realizado por Caluguillín (2023), señala que todas las parcelas presentaron una emergencia del 80% a los 10 días posteriores a la siembra, en donde se evaluaron líneas a diferencia de esta investigación que fueron variedades que alcanzaron valores superiores al 93% de emergencia.

Flores (2023), mostró que la nueva variedad implementada en la zona de Chaltura (Andreia) ocupó el tercer lugar, detrás de INIAP Cañicapa 2003 e INIAP Alpha 2021 en cuanto a germinación. Sin embargo, en el segundo ciclo, la nueva variedad (Voyager) ocupó el segundo lugar, detrás de INIAP Cañicapa 2003 y por delante de INIAP Alpha 2021, con valores mencionados anteriormente. Esto sugiere que, en términos de emergencia según las variedades, INIAP Cañicapa 2003 prevalece en la zona de Chaltura (Imbabura), ya que emerge precozmente en un mayor porcentaje, independientemente de INIAP Alpha 2021 o de las nuevas variedades implementadas en Chaltura (Andreia o Voyager).

4.1.2 Vigor

Los resultados obtenidos de la presente investigación mostraron un solo tipo de vigor (3) regular (plantas y hojas medianamente desarrolladas), (Figura 23), según la escala de evaluación (Tabla 10). Dato que es promisorio debido a que dentro del primer ciclo de evaluación en Chaltura no se

realizó la valoración de esta variable. Para comparación de esta variable se tiene el ensayo de Realpe (2022), que en su investigación de variedades mejoradas de cebada del INIAP en condiciones agroecológicas del campus Salache de la UTC (Cotopaxi), todas las variedades que se evaluaron presentaron un vigor tipo 3, regular (plantas y hojas medianamente desarrolladas), a una altura de 2747 msnm.

En contraste, el estudio de cebada de Guambuquete (2022), en la provincia de Bolívar, reportó que las variedades cerveceras se ubicaron dentro de la escala con un nivel de vigor 2, intermedio (entre bueno y regular) que son plantas y hojas medianamente grandes y desarrolladas, indicando una mejor respuesta a esta altitud, específicamente a 2652 msnm, que a la altitud de Chaltura 2340 msnm, concluyendo que no influye la altitud en esta variable sino depende de la calidad de semilla, riego, condiciones ambientales y otros factores.

Figura 23

Vigor de la planta del ensayo realizado en Chaltura.



4.1.3 Hábito de crecimiento

Los resultados obtenidos sobre la variable hábito de crecimiento del segundo ciclo de evaluación agronómica fueron de tipo 2, intermedio (Entre semierecto o semipostrado), que son hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45°, (Figura 24), teniendo el mismo hábito de crecimiento tipo 2, del primer ciclo de evaluación de Flores (2023), quien observó que las variedades malteras no presentaban diferencia significativa entre los genotipos, las tres variedades tuvieron las hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45°, evaluadas dentro de la escala del INIAP (Tabla 11), de la cual se concluyó que este tipo de hábito de crecimiento se obtuvo debido a las condiciones climáticas, con temperaturas de 18° a 22°C, lluvias y días soleados, como lo indica Vivar (2021), que en su investigación sobre cebada maltera, señala que el hábito de crecimiento y las condiciones ambientales son fundamentales para el buen desarrollo del cultivo, ya que si se tienen plantas semierectas tienen más probabilidades de sufrir acame, especialmente en condiciones de fuertes lluvias y vientos.

Figura 24

Hábito de crecimiento del ensayo realizado en Chaltura.



Caluguillín (2023), en su ensayo de cebada en Chaltura, presentó una diferencia con el segundo ciclo de evaluación, que fue el factor de la temperatura entre 20 y 23 °C, en esta etapa del desarrollo del cultivo, ya que aproximadamente el 83% de los genotipos que evaluó presentaron un hábito de crecimiento erecto (tipo 1), que son hojas dispuestas verticalmente hacia arriba, valores que destacan a comparación del hábito de crecimiento tipo 2, del presente ensayo, ya que influyen las condiciones ambientales, riego, lluvias, días soleados, entre otros factores.

En el estudio de Realpe (2022), en las condiciones agroecológicas de la UTC (Cotopaxi), se obtuvo un nivel 2 de hábito de crecimiento, similar al encontrado por Guambuquete (2022), en su ensayo en Bolívar, lugares con mayor altitud que Chaltura, esto supone que se obtuvieron los mismos tipos de hábito de crecimiento (2), intermedio en las variedades evaluadas, similares a los datos obtenidos tanto en el primer como el segundo ciclo de comportamiento agronómico en Chaltura. El tipo de hábito de crecimiento está influenciado por las condiciones ambientales y factores durante el crecimiento de la planta.

4.1.4 Días al espigamiento

Los resultados del análisis estadístico de varianza (Tabla 17), muestran que para la variable días al espigamiento si existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.0464$).

Tabla 17

Análisis de varianza para la variable días al espigamiento.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	71.96	<0.0001
Fungicida	1	10	21.74	0.0009
Variedad:Fungicida	2	10	2.83	0.0464

En la Tabla 18, se muestran los días al espigamiento de plantas, para esta etapa del ciclo de desarrollo ya se aplicó el fungicida, pero no existió tanta diferencia significativa entre los resultados la media de SIN aplicación fueron 63 días y CON aplicación fue de 61 días, de

manera que no fue determinante, sino corresponde a la calidad de semilla, porcentaje de germinación y demás factores ambientales para poder evaluar esta variable.

Tabla 18

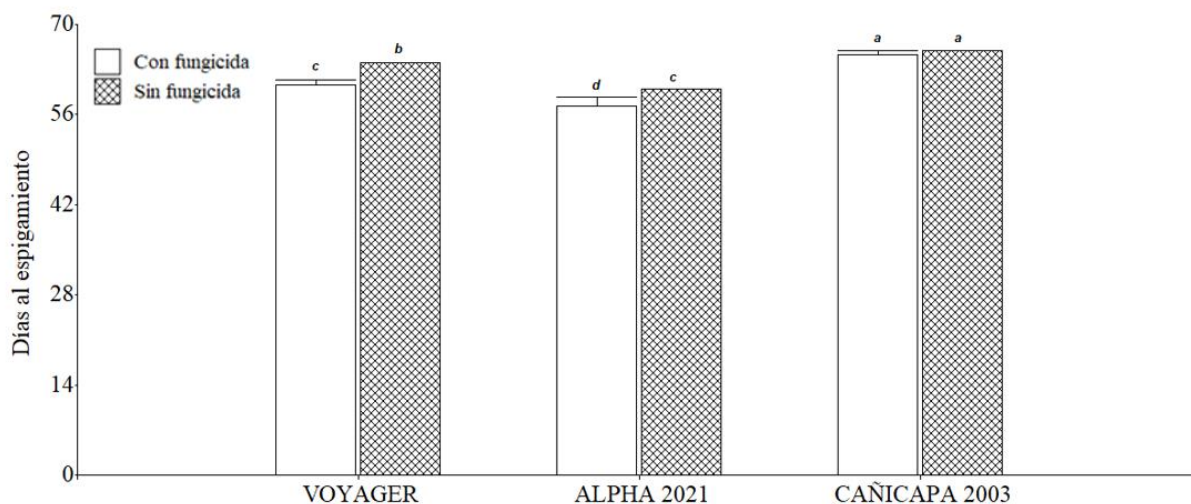
Días al espigamiento frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Medias $\pm$ E.E	
SIN	63.33	0.47
CON	61.11	0.47

A continuación, se demuestra en la Figura 25, que para el factor fungicida la media (CON) en cuanto a la variable de días al espigamiento de la variedad INIAP Alpha 2021 fue la que tuvo mejor respuesta en espigamiento con 57 días, a comparación con la media (SIN) de la misma variedad que tuvo 60 días al espigamiento, siendo la variedad que espigó de mejor más rápido. La media (CON) en cuanto a la variable de días al espigamiento de la variedad INIAP Cañicapa 2003 tuvo un espigamiento con 65 días, casi similar a la media (SIN) de la misma variedad que tuvo 66 días al espigamiento. Finalmente, la media (CON) en cuanto a la variable de días al espigamiento de la variedad Voyager tuvo un espigamiento con 60 días, casi similar a la media (SIN) de la misma variedad que tuvo 64 días al espigamiento. A continuación, se presenta en la figura 23, la representación de la variable días al espigamiento de las tres variedades.

Figura 25

Días al espigamiento de variedades de cebada por aplicación de fungicida.



Realpe (2022), en su estudio sobre la evaluación de las variedades mejoradas de cebada del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la UTC, (Cotopaxi), las variedades malteras tuvieron un promedio de 67 a 68 días al espigamiento, a comparación de los datos del presente ensayo sobre días al espigamiento se obtuvo un mejor promedio de 62 días. Coincidiendo con el estudio de Amaguaya (2022), que señala que las líneas malteras de cebada en Chimborazo presentaron un intervalo entre 58 a 62 días para el espigamiento, así en el estudio de Chaltura, este intervalo fue similar entre 57 y 66 días. En cuanto a mejor variedad para Chaltura, la mayor precocidad en días al espigamiento se obtuvo en la variedad INIAP Alpha 2021 (57 días).

Castillo (2020), menciona que las diferencias en los días de espigamiento entre las líneas o variedades se debe a factores como las condiciones climáticas del lugar de estudio, la disponibilidad de agua, de nutrientes y al genotipo, en su estudio el autor obtuvo sus resultados de espigamiento a los 62 días, siendo una investigación con datos similares en cuanto a promedio que el de Chaltura de igual manera como se mencionó tuvieron un promedio de 62 días al espigamiento. Por lo contrario, la investigación de Garrido (2017), sobre las variedades cerveceras de Cotopaxi, que existen como son las variedades Scarlett y Cañicapa, las cuales tuvieron valores de 74 a 77 días al espigamiento. Esto señala que, si afectan los factores mencionados anteriormente, ya que las variedades evaluadas fueron otras y en diferentes lugares dependiendo la altura del lugar.

Finalmente, en el primer ciclo de evaluación de Flores (2023), se obtuvo que la variedad INIAP Alpha tuvo la mejor precocidad (59 días), seguida de INIAP Cañicapa (62 días) y la variedad Andreia (66 días), existiendo una diferencia muy corta entre días al espigamiento, así mismo se obtuvieron similares valores dentro del segundo ciclo de evaluación agronómica de cebada siendo con 58 días INIAP Alpha la más precoz en días al espigamiento y la más viable en este lugar de evaluación con respecto a esta variable, seguida por Voyager con 62 días e INIAP Cañicapa con 65 días al espigamiento.

4.1.5 Tipo de paja

En la investigación de Flores (2023), sobre la evaluación agronómica de variedades de cebada maltera, no se evaluó esta variable. Sin embargo, en el presente ensayo se obtuvo un tipo de paja neutral tipo 2 (tallo intermedio), tallo no muy grueso, erecto y medianamente flexible, que soportan parcialmente el viento y el acame (Figura 26). Estos resultados se obtuvieron dentro de las 18 unidades experimentales del ensayo de cebada, con un valor p de 0.0173, lo que indica una relación significativa entre las variedades de cebada cervecera.

Figura 26

Tipo de paja del ensayo realizado en Chaltura.



Según el trabajo de Guambuguete (2022), sobre la evaluación del rendimiento de variedades de cebada, incluyendo variedades malteras del banco de semillas del INIAP en Bolívar, observó que el tipo de paja tiene una tendencia intermedia, tipo 2. Valor que coincide con la categorización del Manual de Parámetros del INIAP (2019), que describe el hábito de crecimiento de la cebada maltera como nivel 2 (tallo intermedio), caracterizado por tallos no muy gruesos, erectos y medianamente flexibles, capaces de soportar parcialmente el viento.

4.1.6 Tipo de grano

En el ensayo realizado en Chaltura, Imbabura, se determinó que la calificación del grano se basa en su forma, tamaño, uniformidad y posibles daños. La evaluación se llevó a cabo cuando el grano estaba seco, con un contenido de humedad del 13%, y se registró que el grano alcanzaba un tipo 2 en la escala de evaluación, lo que indica que es de tamaño mediano, redondo y de color blanco o amarillo (Figura 27). Este resultado se obtuvo en las 18 UE del ensayo, con un valor estadístico del Chi Cuadrado Pearson de 19.2% y un valor p de 0.0384, lo que sugiere una relación significativa entre las variedades malteras. Por el contrario, en la investigación de Flores (2023), sobre variedades de cebada maltera (primer ciclo) no menciona datos sobre el tipo de grano obtenidos.

Figura 27

Tipo de grano del ensayo realizado en Chaltura.



Según Realpe (2022), en cuanto al tipo de grano, se observó que las variedades predominantemente malteras presentaron un grano tipo 1, caracterizado por ser grande, grueso y redondo, lo cual concuerda con lo descrito por Ponce et al. (2020), en su manual 116 de cereales.

Almeida (2015), en su investigación sobre genotipos de cebada en el Carchi, señala que el tamaño y la forma de los granos son características intrínsecas de cada variedad, en su ensayo obtuvieron tipo de granos nivel 1, (grano grande, grueso, redondo, blanco o crema). Datos de mejor rendimiento a los del presente ensayo, ya que se pueden ver influenciados por las precipitaciones y temperaturas del lugar del cultivo presentes al final del ciclo y por la presencia de enfermedades que afectan a la espiga.

4.1.7 Altura de planta

Los resultados del análisis estadístico de varianza (Tabla 19), muestra que para la variable altura de planta no existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.9562$). Al contrario, para el factor variedad si existe diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente del factor fungicida. Sin embargo, para la aplicación de fungicida no existe diferencia significativa ($p=0.9999$) independientemente de la variedad.

Tabla 19

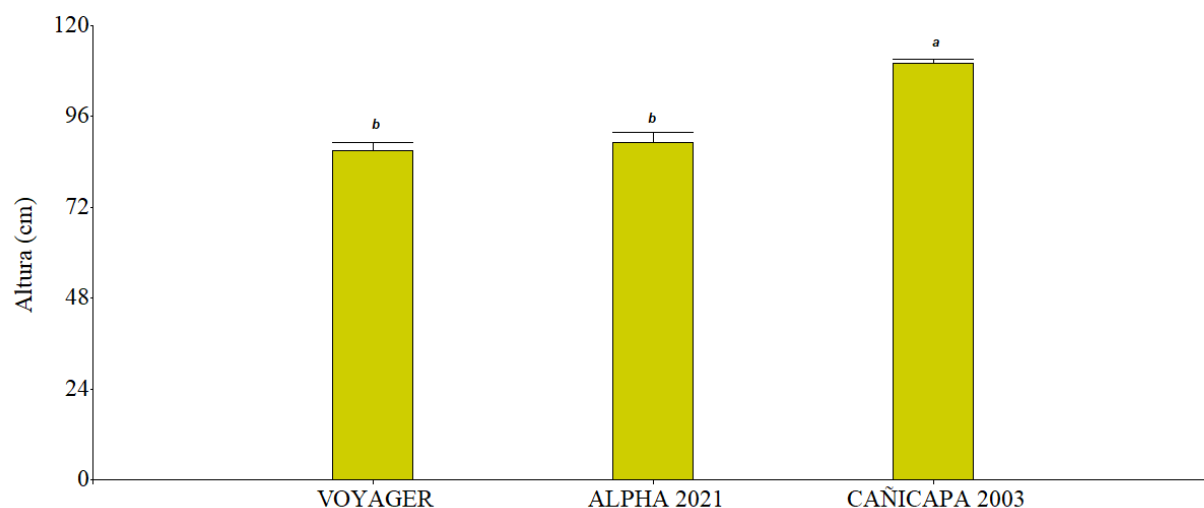
Análisis de varianza para la variable altura de planta.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	37.90	<0.0001
Fungicida	1	10	0.00	>0.9999
Variedad:Fungicida	2	10	0.05	0.9562

INIAP Cañicapa 2003 destaca por tener el mayor alcance en altura de planta con 110 cm, seguido por INIAP Alpha 2021 con 89 cm en altura de planta y la variedad Voyager con 87 cm de altura (Figura 28), estas dos últimas obtuvieron una altura de planta casi similar a diferencia de INIAP Cañicapa con una diferencia de casi 20 cm dentro de esta variable.

Figura 28

Altura de planta alcanzada por variedades de cebada maltera.



En la Tabla 20, se puede observar los valores de altura de planta CON y SIN fungicida al mismo tiempo de evaluación, los cuales mostraron una media de 95 cm, entre las tres variedades, es decir, la aplicación de fungicida no afecta el rendimiento en esta variable, simplemente depende de las condiciones climáticas y demás factores.

Tabla 20

Altura de planta frente a fungicida en cebada (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	95.44	4.14
SIN	95.44	3.91

El INIAP (2019), que señala que la variedad INIAP Cañicapa 2003 se caracteriza por presentar una altura de 110 a 130 cm, asimismo, para la variedad INIAP Alpha 2021, se puede llegar a alcanzar una altura de 80 a 110 cm, en variedades nuevas inducidas han resultado tener valores bajos en cuanto a la altura de plantas en cebada. Los datos obtenidos en el presente ensayo están entre el promedio de variedades con valores 87 a 110 cm, a diferencia del estudio de Guambuquete (2022), que obtuvo alturas destacadas en las variedades cerveceras, oscilando entre 123 y 150 cm en Bolívar. Por el contrario, en Cotopaxi, en el estudio de Realpe (2022), se

registró alturas considerablemente menores, entre 65 y 97 cm, en las variedades mejoradas de cebada, incluyendo las malteras.

En el primer ciclo de evaluación agronómica de cebada realizado por Flores (2023), se observó que la variedad INIAP Cañicapa alcanzó la mayor altura con 121 cm, seguida por INIAP Alpha con 103 cm, y la nueva variedad Andreia con 78 cm. A comparación del segundo ciclo de evaluación agronómica, existen diferencias notables de altura de la planta, la variedad INIAP Cañicapa fue de 110 cm, siendo la destacada, pero las dos variedades restantes INIAP Alpha tuvo 89 cm y la variedad Voyager con 87 cm de altura. Estos resultados están dentro de los datos estándar del INIAP, así demuestran que la altura de la planta en el cultivo de cebada está influenciada tanto por el manejo del ensayo, la genética de las variedades como por las condiciones agroclimáticas específicas de la zona de estudio.

4.1.8 Número de espigas por metro cuadrado

Dentro del análisis de varianza para el número de espigas/m² (Tabla 21), no presenta interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.8079$). Si existe diferencia significativa para el factor variedad ($p=0.0008$), independientemente del factor fungicida. Al contrario, el factor fungicida no presenta diferencia significativa ($p=0.2258$), independientemente del factor variedad.

Tabla 21

Análisis de varianza para la variable número de espigas/m².

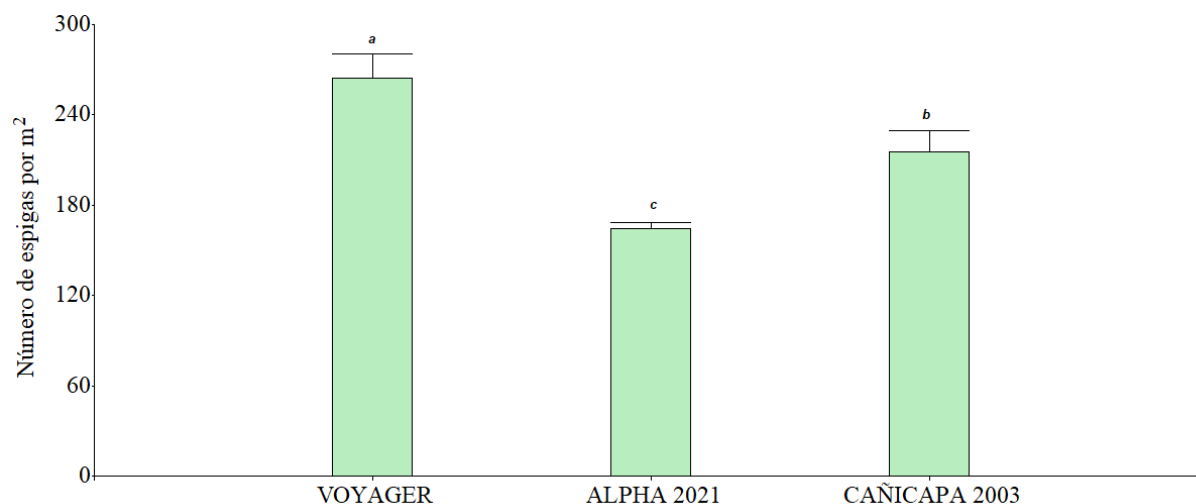
Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	15.62	0.0008
Fungicida	1	10	1.7	0.2258
Variedad:Fungicida	2	10	0.22	0.8079

La media es de 264 espigas/m² para la variedad Voyager, seguido por la variedad INIAP Cañicapa con 215 espigas/m² y la variedad INIAP Alpha tuvo el menor número de espigas/m² (164) teniendo una diferencia de 100 espigas/m² con la variedad Voyager que fue la que destacó

en esta variable (Figura 29), se debe tomar en cuenta que estos datos fueron tomados como media entre todas las parcelas por cada variedad.

Figura 29

Número de espigas/m² alcanzado por variedades de cebada maltera.



Las variedades de cebada CON fungicida resultaron tener un mayor número de espigas/m² (224) a comparación de las que no se aplicó fungicida SIN, 205 espigas/m² (Tabla 22), los resultados se basan en la media obtenida entre las UE que estuvieron CON fungicida y SIN fungicida de cada variedad por separado.

Tabla 22

Número de espigas/m² frente a fungicida en cebada (media ± error estándar).

Fungicida	Media ± E.E.	
CON	224.11	18.44
SIN	205.22	16.13

Flores (2023), menciona que, la nueva variedad inducida Andreia destacó con una media de 726 espigas/m², seguida por INIAP Cañicapa con 549 espigas/m² e INIAP Alpha con 443 espigas/m². Estos resultados, son significativamente destacados a los valores del segundo ciclo ya que se obtuvo para la variedad Voyager 264 espigas/m², seguido por INIAP Cañicapa con 215 espigas/m² y la variedad INIAP Alpha tuvo el menor número de espigas/m² (164), esto

apunta a que las variedades inducidas tienden a tener un mayor número de espigas por metro cuadrado.

En relación con el número de plantas por metro cuadrado en el ensayo de Acan (2022), que reporta que la variedad INIAP Alpha mostró la mayor media, con 255 espigas/m², seguida por la variedad inducida Andreia con 222 espigas/m² y la variedad INIAP Cañicapa con 212 espiga//m², datos obtenidos en Chimborazo, son similares en cantidades a los obtenidos en el ensayo de Imbabura dentro del segundo ciclo, se debe a las condiciones relativas, altitud, densidad, entre otros factores, lo que determina que la cantidad de espigas sea uniforme o significativamente diferente.

4.1.9 Tamaño de espiga

El análisis de varianza (Tabla 23), muestra que no existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.7695$). Para el factor variedad si presenta diferencia significativa con el valor de ($p=0.0001$) independientemente del factor fungicida, al contrario, para este último factor no existe diferencia significativa ($p=0.2275$) independientemente del factor variedad.

Tabla 23

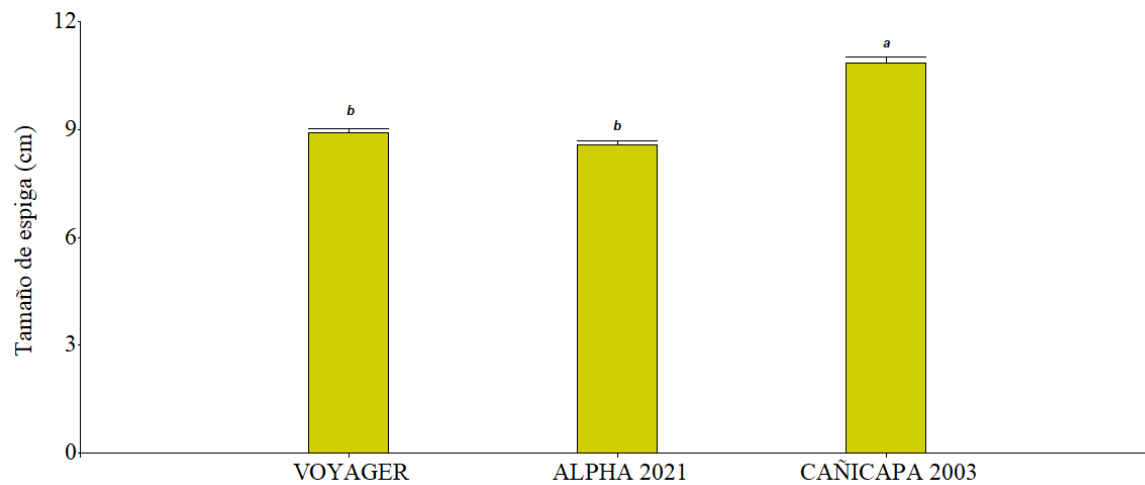
Análisis de varianza para la variable tamaño de espiga en cebada.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	172	82.89	<0.0001
Fungicida	1	172	1.47	0.2275
Variedad:Fungicida	2	172	0.26	0.7695

En la Figura 30, se representa gráficamente los valores registrados de las tres variedades de cebada cervecera en cuanto a la variable tamaño de espiga, en donde estadísticamente hay diferencias significativas en INIAP Cañicapa ($a=10.86$ cm) a comparación de los valores similares de las variedades Voyager ($b=8.91$ cm), e INIAP Alpha ($b=8.57$ cm).

Figura 30

Tamaño de espiga alcanzado por variedades de cebada maltera.



Para el factor fungicida se tiene que las medias obtenidas en el análisis estadístico no fueron significativamente diferentes (Tabla 24), ya que la media de las parcelas en donde se aplicó fungicida (CON), con un tamaño de espiga de 9.35 cm, tuvo similar media a las parcelas en donde no se aplicó fungicida (SIN), con 9.54 cm de tamaño de espiga.

Tabla 24

Tamaño de espiga frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	9.35	0.16
SIN	9.54	0.15

En la evaluación en Caluguillín (2023), se registró un tamaño de espiga promedio de 8.7 cm, mientras que en el presente ensayo se observó un aumento significativo, con un promedio de 9.45 cm en términos generales de ensayos. Ahora, en el estudio de Flores (2023), se encontró que la variedad INIAP Cañicapa tuvo una longitud de espiga más grande en ambos ciclos, con un promedio de 9.66 cm en el primero y 10.86 cm en el segundo. Por otro lado, las variedades Andreia e INIAP Alpha mostraron espigas más pequeñas en ambos ciclos (7 y 8 cm respectivamente). Estas diferencias entre variedades y ciclos pueden deberse a la genética individual de cada cultivar y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes.

En otros estudios, como el de Acan (2022), INIAP Cañicapa tuvo un tamaño de espiga promedio de 9.25 cm, Guambugute (2022), registró un valor ligeramente mayor de 9.7 cm para INIAP Cañicapa, datos inferiores a los obtenidos en el presente ensayo ya que se obtuvo para esta variedad un tamaño de espiga de 10.86 cm. Para las demás variedades de cebada de igual manera fueron inferiores a Voyager 8.91 cm e INIAP Alpha 8.57 cm. Estas diferencias resaltan la influencia de múltiples factores en el tamaño de la espiga, puede variar significativamente según las condiciones ambientales, la genética de la variedad y el manejo agronómico del cultivo.

4.1.10 Número de granos por espiga

El análisis de varianza (Tabla 25), muestra que no existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.4323$). Para el factor variedad si presenta diferencia significativa con el valor de ($p<0.0001$) independientemente del factor fungicida, al contrario, para este último factor no existe diferencia significativa ($p=0.8273$) independientemente del factor variedad.

Tabla 25

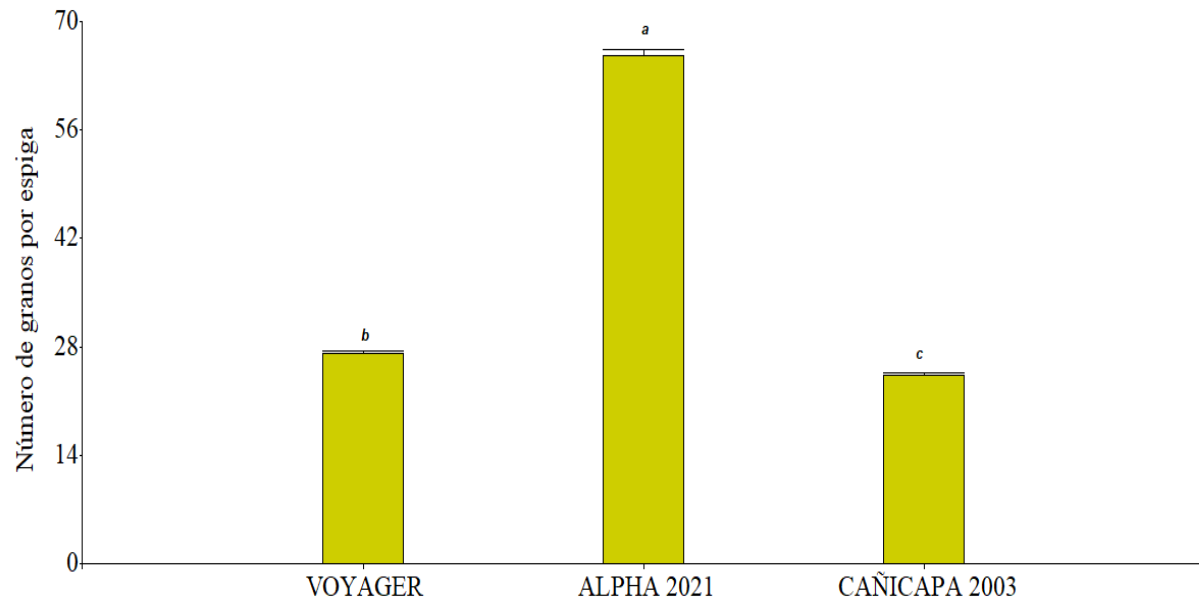
Análisis de varianza para la variable número de granos por espiga en cebada.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	172	1903.90	<0.0001
Fungicida	1	172	0.05	0.8273
Variedad:Fungicida	2	172	0.84	0.4323

En la Figura 31, se representa gráficamente los valores registrados de las tres variedades de cebada cervecera en cuanto a la variable tamaño de espiga, en donde estadísticamente hay diferencias significativas en INIAP Cañicapa ($a=10.86$) a comparación de las variedades Voyager ($b=8.91$), e INIAP Alpha ($b=8.57$).

Figura 31

Número de granos por espiga alcanzado por variedades de cebada maltera



Para el factor fungicida se tiene que las medias obtenidas en el análisis estadístico no son significativamente diferentes (Tabla 26), ya que la media de las parcelas en donde se aplicó fungicida CON, fue de 38.98 (número de granos por espiga), así mismo, tuvo similar media a las parcelas en donde no se aplicó fungicida SIN, con 39.11 (número de granos por espiga).

Tabla 26

Media de número de granos por espiga frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	38.98	1.99
SIN	39.11	2.09

En el primer ciclo de evaluación agronómica de Flores (2023), se obtuvo la media de 53.7 granos por espiga en la variedad INIAP Alpha, en comparación con el segundo ciclo que se obtuvo 65.62 granos por espiga, en ambos ciclos destacó esta variedad correspondiente a la variable número de granos por espiga. Por otro lado, la variedad Andreia tuvo 24.47 granos por espiga a comparación con el segundo ciclo Voyager obtuvo 27.17 granos por espiga y finalmente INIAP

Cañicapa que es la variedad con menor número de granos, presentando una media de 22.29 granos por espiga a diferencia del segundo ciclo que se obtuvieron 24.35 granos por espiga.

En el estudio de Acan (2022), los resultados se asemejan a los del segundo ciclo de evaluación en Imbabura, donde la variedad INIAP Alpha 2021 mostró el mayor número de granos por espiga, 62 granos, seguida por la variedad Andreia con 29 granos por espiga e INIAP Cañicapa con 24 granos por espiga (segundo ciclo Alpha 65, Voyager 27, Cañicapa 24 granos por espiga). Estas variantes pueden atribuirse a las condiciones específicas de cada lugar de estudio y las variedades utilizadas.

4.2 Objetivo específico 2

Comparación del efecto de la aplicación de fungicida sobre la severidad de enfermedades en las tres variedades de cebada.

4.2.1 Escaldadura (*Rhynchosporium secalis*)

Los resultados del análisis estadístico de varianza (Tabla 27), muestra que para la variable severidad a enfermedades (Escaldadura) no existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.2373$). Para el factor variedad tampoco existe diferencia significativa ($p=0.2373$) independientemente del factor fungicida. Que, al contrario, este factor fungicida si tiene diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente de la variedad.

Tabla 27

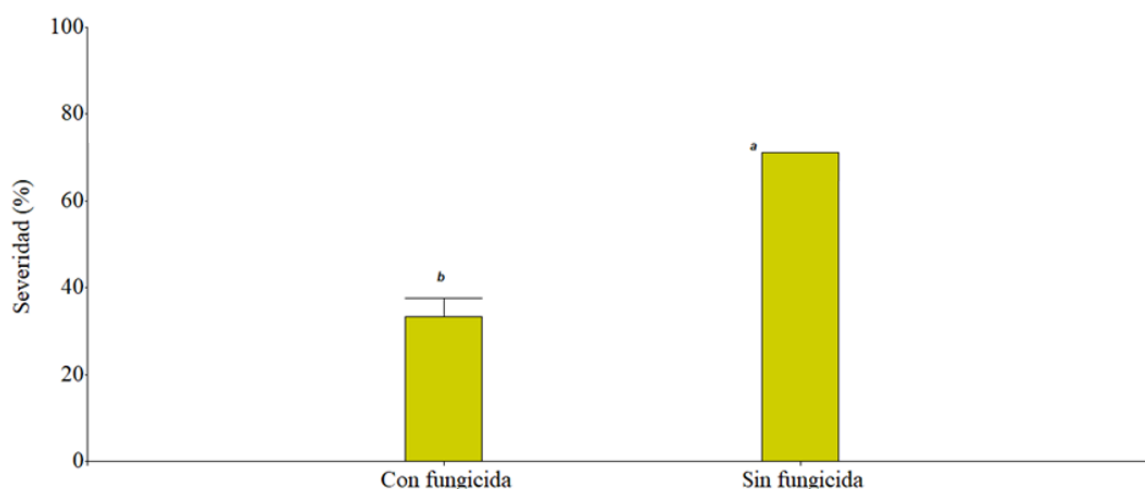
Análisis de varianza para la variable severidad a escaldadura.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	1.67	0.2373
Fungicida	1	10	320,00	<0.0001
Variedad:Fungicida	2	10	1.67	0.2373

En la Figura 32, se detallan las cantidades afectadas por escaldadura en las tres variedades de SIN fungicida que fueron mayores a las que no se aplicó. Las variedades que se mantuvieron SIN aplicación de fungicida obtuvieron un porcentaje de 75% en cuanto a severidad a escaldadura, siendo la mayor parte de las parcelas afectadas al final de la toma de datos en la última semana (8 datos). A diferencia de las parcelas que tuvieron aplicación de fungicida CON, que presentaron un 33.3 % de severidad a escaldadura, dentro de 2 meses se realizaron 4 aplicaciones de fungicida con una dosis de 100 cc en 20 lt de agua.

Figura 32

Severidad frente a la aplicación y no aplicación de fungicida.



La severidad a escaldadura para las variedades CON fungicida fue de 70.83% para INIAP Cañicapa, 66.67% para INIAP Alpha y 62.50% para Voyager, con respecto a medias no son significativamente diferentes, en contraste con los valores obtenidos para el factor fungicida que si tienen diferencia significativa ya que los datos anteriores corresponden a una media del 75.11% de severidad a escaldadura en SIN fungicida (Tabla 28) y CON fungicida tienen una media de 33.33%.

Tabla 28

Escaldadura frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	33.33	1.99
SIN	75.11	2.09

Flores (2023), en su investigación observó una presencia mínima de escaldadura, y las variedades estudiadas no se vieron afectadas por esta enfermedad. Entre las variedades evaluadas, Andreia mostró la mayor susceptibilidad, con un 5%, seguida por INIAP Cañicapa con un 2%, y finalmente la variedad Alpha con un 1%. Es importante destacar que en este ensayo se llevó a cabo un control de enfermedades con agroquímicos, y se utilizó otro método de evaluación de la escaldadura. A diferencia, en el segundo ciclo de evaluación de variedades malteras, se observó que las tres variedades estudiadas (Cañicapa, Alpha y Voyager) se vieron afectadas por la escaldadura, especialmente en las parcelas donde no se aplicó fungicida, con porcentajes del 70%, 66% y 62%, respectivamente.

Sautua (2013), menciona que, la escaldadura se desarrolla en condiciones de temperatura entre 10°C y 18°C, lo cual podría explicar la presencia de esta enfermedad en la zona de estudio. En el segundo ciclo de evaluación, el cultivo se desarrolló durante los dos primeros meses en condiciones de temperaturas bajas 18°C, con presencia de lluvias, lo que favoreció el desarrollo de escaldadura dentro de las UE.

En el estudio realizado por Guambuguete (2022), sobre el rendimiento de variedades de cebada, también provenientes del banco de semillas del INIAP, Bolívar, se observó una reacción moderadamente resistente en las variedades cerveceras, lo que sugiere un 25% de susceptibilidad a escaldadura y un 75% de resistencia. En el presente ensayo realizado en Imbabura, se presentaron valores similares, pero en las parcelas CON fungicida (con control), en las parcelas SIN fungicida fue al inverso para tener una relación con el ensayo realizado en Bolívar. Lo que define a esta variable es el manejo del experimento, la aplicación de productos, la calidad de semilla, las variedades, las condiciones climáticas, entre otros factores.

4.2.2 Virus del enanismo BYDV

El análisis de tablas de contingencia mostró una relación entre las variedades y la afectación por el virus del enanismo ($\chi^2 = 0.0001$). En el segundo ciclo de evaluación agronómica de tres variedades de cebada cervecera en Chaltura, se registró un bajo índice de afectación de las plantas por el virus del enanismo. A lo largo del desarrollo del cultivo, se mantuvo un nivel bajo de 2 en la escala de severidad del virus, (amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas) pero en los dos últimos meses se observó un valor de 4 (Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo) atribuible mínimamente a las bajas precipitaciones, sin embargo, este valor se mantuvo en un periodo corto del cultivo (Figura 33).

Figura 33

BYDV presente en el ensayo realizado en Chaltura.



En cuanto a la categorización del rendimiento de las variedades de cebada, según el estudio de Guambuquete (2022), con variedades malteras del banco de semillas del INIAP en Bolívar, los materiales evaluados mostraron una moderada resistencia al BVYD, con una lectura promedio de

2.7. Comparado con el ensayo en Imbabura, donde se utilizó una escala de 4, el nivel de resistencia sería de 5, mostrando una afectación similar por el virus. Esto sugiere que la severidad del virus del enanismo tiende a ser mayor en condiciones de falta de riego o sequías prolongadas. Los datos obtenidos en Chaltura son fundamentales, ya que en el primer ciclo de evaluación agronómica realizado por Caluguillín (2023) y Flores (2023), no se evaluó la severidad del virus. Es importante considerar que la infección temprana por el virus puede ocasionar reducciones en el rendimiento de más del 20%.

4.2.3 Roya amarilla (*Puccinia striiformis*)

La roya amarilla estuvo ausente dentro del primer y segundo ciclo de evaluación agronómica, lo que indica que las semillas certificadas del INIAP tienen un alto grado de resistencia a esta enfermedad, se lo calificó dentro de la escala como valor nulo ya que no hubo presencia alguna, la temperatura también fue adecuada para el buen desarrollo del cultivo tuvo entre 18 a 22°C. A diferencia de Gonzáles et al. (2013), que en su estudio expone que la roya amarilla requiere temperaturas entre 15°C y 20°C, con más de 6 horas de lluvia para infectar el cultivo (Figura 34). Condiciones que en Chaltura no se dieron por ese motivo no se presentó la enfermedad.

Figura 34

Roya amarilla en condiciones favorables.



Carmona (2013), destaca que la roya amarilla es un problema significativo en el cultivo de cebada debido a su amplia distribución y agresividad, lo que genera impactos económicos

negativos para los agricultores. En el presente ensayo se tuvo semillas de buena resistencia a enfermedades como son las royas, lo que sustenta al estudio de Realpe (2022), el cual muestra que las variedades evaluadas en condiciones agroecológicas de Cotopaxi son resistentes, así mismo coincide con la caracterización de estas variedades como resistentes por parte de Ponce et al. (2020), quien demuestra la resistencia de genotipos del INIAP a roya amarilla dentro de su investigación sobre variedades de cebada.

4.2.4 Roya de la hoja (*Puccinia hordei*)

Guambuquete (2022), señala que las variedades malteras provenientes del banco de semillas del INIAP (Bolívar) presentaron una resistencia moderada (MR) a la roya de la hoja, con una lectura de 5 a 10 en la escala de severidad, lo que indica una afectación del 25%. En contraste, en los ensayos realizados en Chaltura sobre cebada maltera no se registró la presencia de esta enfermedad fungosa durante los dos ciclos de evaluación agronómica. Por otro lado, Realpe (2022), reporta un promedio de 58,89% de resistencia moderada a la roya de la hoja en las variedades mejoradas de cebada del INIAP bajo las condiciones de Cotopaxi (Figura 35). Sin embargo, las variedades malteras presentaron porcentajes de susceptibilidad que oscilan entre el 40% y el 67%, lo que las caracteriza como medianamente susceptibles. Estos hallazgos difieren de la caracterización de Ponce et al. (2020), quienes describen a estos materiales genéticos como resistentes a la enfermedad.

Figura 35

Roya de la hoja en condiciones favorables.



Es importante destacar que las variedades malteras son más susceptibles a la roya de la hoja en zonas con temperaturas bajas entre 15°C y 20°C, como Bolívar (3500 msnm) y Cotopaxi (2800 msnm), debido a su altitud. Esto contrasta con el ensayo realizado en Imbabura con temperaturas entre 18 y 22°C y a una altura de 2300 msnm, donde no se registraron casos de presencia a roya de la hoja. No obstante, es crucial tener información sobre este patógeno, ya que puede limitar el rendimiento y la calidad del grano.

4.3 Objetivo específico 3

Análisis de la productividad de las variedades de cebada evaluadas bajo condiciones de la Granja La Pradera.

4.3.1 Peso de mil granos

El análisis estadístico (Tabla 29), muestra que si existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.0414$). Para el factor variedad hay diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente del factor fungicida, y para este último factor también existe diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente del factor variedad.

Tabla 29

Análisis de varianza para la variable peso de mil granos de cebada.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	150.29	<0.0001
Fungicida	1	10	57.65	<0.0001
Variedad:Fungicida	2	10	10.29	0.0414

Dentro del factor fungicida se tiene que las medias obtenidas en el análisis estadístico fueron significativamente diferentes (Tabla 30), ya que la media de las parcelas en donde se aplicó fungicida CON tuvieron un rendimiento de peso de mil granos (51.67) a diferencia de las parcelas en donde no se aplicó fungicida SIN, con un menor rendimiento de mil granos (43.89).

Se determina que para la variable peso de mil granos el mayor rendimiento se obtuvo de las parcelas en donde se aplicó fungicida, tuvieron mejor ganancia de peso.

Tabla 30

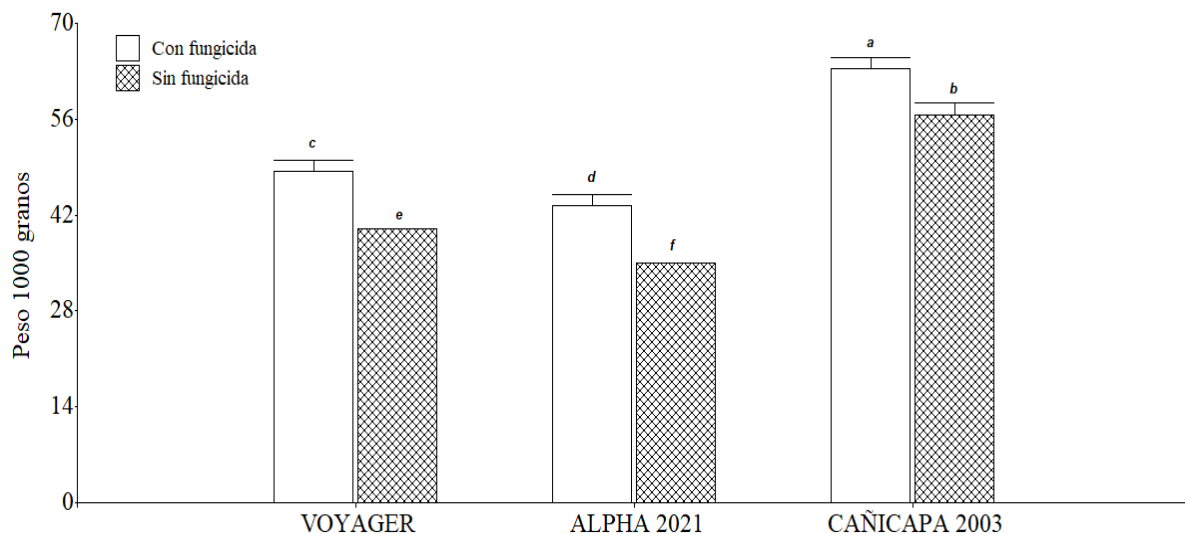
Peso de mil granos frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Media $\pm$ E.E.	
CON	51,67	0,90
SIN	43,89	0,90

La variable peso de mil granos de la Figura 36, representa gráficamente los valores obtenidos de cada una de las variedades frente a los dos tratamientos CON y SIN, en donde la variedad INIAP Cañicapa 2003 destaca por ser la que mayor rendimiento tuvo (a=63.33 g, b=56.67 g respectivamente), seguido por la variedad Voyager (CON) c=48.33 g, INIAP Alpha 2021 (CON) d=43.33 g, para finalmente tener los valores más bajos en rendimiento de la variedad Voyager (SIN) e=40 g, INIAP Alpha 2021 (SIN) f=35 g.

Figura 36

Peso de mil granos de variedades de cebada por aplicación de fungicida.



Flores (2023), encontró que la variedad INIAP Cañicapa destacó en esta variable, con un peso promedio de 72.6 g, seguida por Andreia con 48.2 g y finalmente INIAP Alpha con 46.13 g. A comparación del segundo ciclo de esta investigación, se tuvo valores inferiores; INIAP Cañicapa (60 g), seguida por la nueva variedad inducida Voyager (44.17 g) y la que menor rendimiento en cuanto a peso de mil granos es la variedad INIAP Alpha (39.17).

El estudio actual sobre el rendimiento dentro de la variable de peso de mil granos, donde INIAP Cañicapa 2003 destaca con 60 g, seguida de Voyager con 44.17 g e INIAP Alpha 2021 con 39.17 g, obtuvo valores inferiores a los registros de Acan (2022), en donde se observa una tendencia similar entre variedades, INIAP Cañicapa liderando el peso de mil granos con un promedio de 63.63 g, seguido por Andreia con 47.33 g e INIAP Alpha 2021 con 46.54 g. Estos resultados indican que INIAP Cañicapa 2003 tiende a tener un peso de mil granos más alto en comparación con las otras variedades evaluadas, dependiente de la altitud del lugar de cultivo, ya que a mayores alturas mayor desarrollo de la cebada, así mismo depende de otras condiciones, factores, etc.

4.3.2 *Peso hectolítrico*

El análisis de varianza (Tabla 31), muestra que si existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.0165$), de la misma manera hay diferencia significativa para el factor variedad ($p=0.0002$) independientemente del factor fungicida, y para este último factor también existe diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente del factor variedad.

Tabla 31

Análisis de varianza para la variable peso hectolítrico de cebada.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	23.35	0.0002
Fungicida	1	10	58.84	<0.0001
Variedad:Fungicida	2	10	6.36	0.0165

Dentro del factor fungicida se tiene que las medias obtenidas en el análisis estadístico fueron significativamente diferentes (Tabla 32), ya que la media de las parcelas en donde se aplicó fungicida CON tuvo un rendimiento de peso hectolítrico ($a=65.74$ kg/hl) a diferencia de las parcelas en donde no se aplicó fungicida SIN, con un menor rendimiento de mil granos ($b=61.08$ kg/hl). Se determina que para la variable peso hectolítrico el mayor rendimiento se obtuvo de las parcelas en donde se aplicó fungicida.

Tabla 32

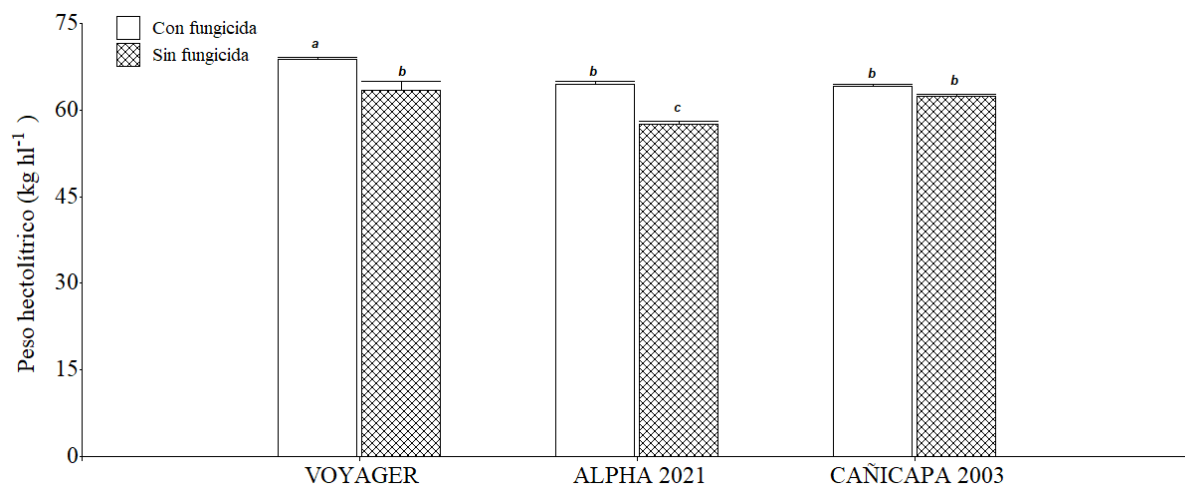
Peso hectolítrico frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Medias $\pm$ E.E.	
CON	65.74	0.43
SIN	61.08	0.43

La variable peso hectolítrico de la Figura 37, representa gráficamente los valores obtenidos de cada una de las variedades frente a los dos tratamientos, en donde la variedad Voyager destaca por ser la que mayor rendimiento tuvo CON ($a=68.72$ kg/hl), Voyager SIN ($b=63$ kg/hl) obtuvo valores similares con la variedad INIAP Cañicapa 2003 CON ($b=64.04$ kg/hl), SIN ($b=62.30$ kg/hl) y con el tratamiento CON de la variedad INIAP Alpha 2021 $b=64.46$ kg/hl, para finalmente obtener los valores más bajos en rendimiento de la variedad INIAP Alpha 2021 SIN ($c=57.54$ kg/hl).

Figura 37

Peso hectolítrico de variedades de cebada por aplicación de fungicida.



Dentro de la evaluación del comportamiento de las variedades de cebada maltera de Flores (2023), se observaron diferencias significativas en el peso hectolítrico. La variedad inducida Andreia demostró el mayor rendimiento en este aspecto, con un promedio de 71.04 kg/hl, seguida por INIAP Alpha 2021 con 68.55 kg/hl y finalmente INIAP Cañicapa 2003 con 67.19 kg/hl. Estos valores superan los obtenidos en el segundo ciclo de evaluación, donde Voyager lideró con 66.07 kg/hl, seguida por INIAP Cañicapa 2003 con 63.17 kg/hl y la variedad INIAP Alpha 2021 con el menor rendimiento de 61 kg/hl.

González (2016), establece que los valores promedio requeridos para la producción de cebada son de 56 kg/hl, lo que sugiere que las tres variedades del estudio están dentro del rango de calidad aceptable para el grano cosechado. Caluguillín (2023), también obtuvo valores dentro de este rango, oscilando entre 56 y 69 kg/hl para las líneas evaluadas. Estos resultados cumplen con los estándares de calidad del grano.

Sánchez (2023), en su estudio sobre variedades de cebada maltera CON y SIN aplicación de fungicida, encontró que el peso hectolítrico fue mayor CON fungicida, alcanzando un valor de 65.25 kg/hl, mientras que SIN fungicida fue ligeramente menor, con 63.4 kg/hl. Estos valores tienen una tendencia similar a los obtenidos en el presente estudio de cebada cervecera, donde el peso hectolítrico fue de 65.74 kg/hl CON fungicida y 61.08 kg/hl SIN fungicida.

4.3.3 Rendimiento Tn/ha

El análisis de varianza (Tabla 33), muestra que si existe interacción entre los factores variedad y fungicida ($p=0.0021$), de la misma manera hay diferencia significativa para el factor variedad ($p=0.0001$) independientemente del factor fungicida, y para este último factor también existe diferencia significativa ($p=0.0001$) independientemente del factor variedad.

Tabla 33

Análisis de varianza para la variable rendimiento de cebada.

Fuente de variación	gl Fv	gl EE	F	p
Variedad	2	10	45.71	<0.0001
Fungicida	1	10	67.50	<0.0001
Variedad:Fungicida	2	10	12.09	0.0021

Para el factor fungicida se tiene que las medias obtenidas en el análisis estadístico fueron significativamente diferentes (Tabla 34), ya que la media de las parcelas en donde se aplicó fungicida CON tuvo mayor rendimiento (a=5.96 Tn/ha) a diferencia de las parcelas en donde no se aplicó fungicida SIN, con un menor rendimiento (b=3.29 Tn/ha). Se determina que para la variable de rendimiento se obtuvo el mayor en las parcelas en donde se aplicó fungicida.

Tabla 34

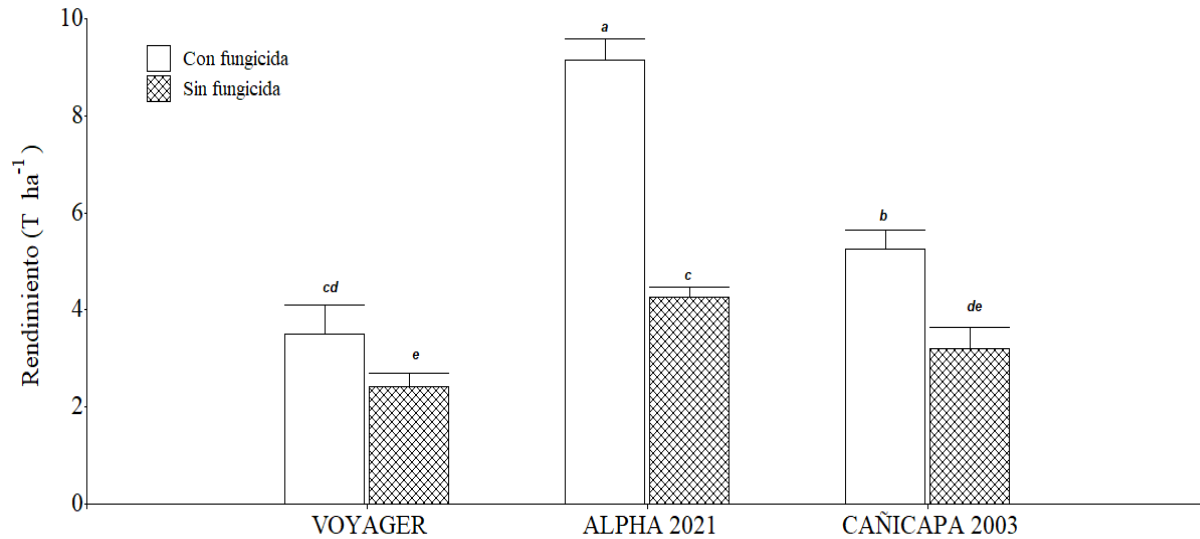
Rendimiento frente a fungicida (media $\pm$ error estándar).

Fungicida	Medias $\pm$ E.E.	
CON	5.96	0.25
SIN	3.29	0.25

En la Figura 38, se demuestra que para el factor fungicida la media (CON) en cuanto a la variable de rendimiento, en la variedad INIAP Alpha 2021 fue la media de mayor rendimiento con 9.14 Tn/ha, a comparación con la media (SIN) de la misma variedad que tuvo 4.27 Tn/ha. Seguido de la media de la variedad INIAP Cañicapa 2003 (CON) que tuvo un rendimiento de 5.25 Tn/ha, la media (SIN) de la misma variedad tuvo 3.20 Tn/ha, en cuanto a rendimiento. Finalmente, la media (CON) de la variable rendimiento para la variedad Voyager tuvo una media de 3.51 Tn/ha y la media más baja fue de la misma variedad (SIN) de la que presentó 2.41 Tn/ha.

Figura 38

Rendimiento de variedades de cebada por aplicación de fungicida.



Acan (2022), en su estudio sobre variedades malteras encontró que la variedad INIAP Alpha alcanzó el mayor rendimiento con 8.18 Tn/ha, seguida por INIAP Cañicapa con 6.79 Tn/ha, y Andreia con 5.14 Tn/ha. Estos valores son inferiores a los obtenidos por Flores (2023), en Chaltura, donde INIAP Alpha 2021 lideró con un promedio de 11.02 Tn/ha, seguida por INIAP Cañicapa 2003 con 8.95 Tn/ha, y Andreia con 8.61 Tn/ha. A comparación con los datos generales del segundo ciclo de comportamiento agronómico en Chaltura (INIAP Alpha 2021 con 6.70 Tn/ha, INIAP Cañicapa 2003 con 4.22 Tn/ha, y Voyager con 2.69 Tn/ha), son menores en comparación con el primer ciclo y los resultados de Acan. Sin embargo, se observa un progreso en la productividad, especialmente en los tratamientos con fungicida, donde INIAP Alpha 2021 alcanzó 9.14 toneladas por hectárea, INIAP Cañicapa 2003 con 5.25 toneladas por hectárea y Voyager con 3.51 toneladas por hectárea. Estos valores cumplen con las expectativas del INIAP y muestran un impacto positivo en la producción de semillas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Con respecto a las características morfológicas, se obtuvieron datos de dos nuevas de las variables; vigor tipo 3 (regular) y hábito de crecimiento tipo 2 (intermedio). INIAP Cañicapa destacó en altura de planta con 110 cm, tamaño de espiga de 10.86 cm, INIAP Alpha lo hizo en días al espigamiento con 57, granos por espiga con 65 y Voyager en espigas/m² con 264. Resaltar, que la cebada alcanzó su madurez a los 130 días, comparando con los parámetros del INIAP (145 días). Esto indica que las condiciones climáticas de Chaltura (Imbabura) son óptimas para su cultivo.

La enfermedad que afectó principalmente a las plantas fue la escaldadura, con altos niveles de severidad dentro de las tres variedades SIN aplicación de fungicida, mostrando una afectación aproximada de 75%; a diferencia de las variedades CON aplicación de fungicida que se redujo hasta un 33%. Esto destaca la importancia de atender tempranamente las enfermedades que se presenten dentro del cultivo de cebada para así evitar pérdidas de plantas, espigas y en el rendimiento final.

Las variedades evaluadas tuvieron un gran rendimiento bajo condiciones de la Granja La Pradera en Chaltura, superando el rendimiento promedio nacional de 3.5 Tn/ha. El material genético de mayor rendimiento en la presente investigación fue INIAP Alpha CON fungicida que tuvo 9.61 Tn/ha y SIN fungicida 4.27 Tn/ha; INIAP Cañicapa destacó en el peso de mil granos CON fungicida tuvo 63 g y SIN fungicida 56 g, finalmente Voyager presentó importancia en el peso hectolítrico que fue de 65.74 kg/hl CON fungicida y 61.08 kg/hl SIN fungicida. Estos datos resaltan la importancia de cultivar variedades mejoradas para alcanzar un alto rendimiento de cebada maltera en distintos lugares del país.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar evaluaciones de estas variedades en otras localidades bajo diferentes condiciones climáticas, es esencial revisar los descriptores cualitativos y cuantitativos, ya que proporcionan información detallada sobre las características morfológicas, fisiológicas y de rendimiento necesarias para el óptimo desarrollo de la cebada maltera.

Tener en cuenta la presencia temprana de enfermedades y desarrollar otras estrategias de control (otras combinaciones de fungicidas) más efectivas que no afecten el rendimiento del cultivo, minimizando pérdidas del producto.

INIAP Alpha 2021 puede contribuir a diversificar los sistemas de cultivo, representando una oportunidad para mejorar la productividad y la rentabilidad en los sistemas de producción de cebada cervecera en agricultores, investigadores y la industria, de ésta manera maximizar el uso potencial y promover su adopción en la agricultura en distintas localidades.

REFERENCIAS

- Álava, M., & Sánchez, A. (2016). CERVECERÍA NACIONAL UN COMPROMISO CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN ECUADOR. *Repositorio de La Universidad Estatal de Milagro*, 11–20. <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/3114>
- Albán, D. (2011). Efecto de dosis y épocas de aplicación de nitrógeno complementario en cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) variedad metcalfe. Imbabura. *INIAP*, 72–79. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1427>
- Almeida, J. (2015). Evaluación del rendimiento de cuatro ecotipos de cebada en el Centro Experimental San Francisco, Huaca, Carchi. *Centro Experimental San Francisco*, 42(1), 12 -13.
- Agrobase. (2023). Escaldadura de la cebada (Escaldadura, Rincosporiosis). Enfermedades Cebada. <https://agrobaseapp.com/argentina/disease/escaldadura-de-la-cebada-1>
- Agroorganico. 2021. Agroindustria cervecera busca aumentar rendimientos de biofertilizantes. La utilidad de la cebada maltera podría aumentar un 55 % con el uso de bioinsumos. <https://www.agroorganico.info/agroindustria-cervecera-busca-aumentar-rendimientos-con-biofertilizantes/>
- Agropoints (2019). Ficha Técnica de la variedad de cebada cervecera Metcalfe. Ficha técnica de variedades de semilla de cebada maltera, 25(4), 3-4.
- Arellano, V. (2010). Manual para la producción cebada cervecera en Colombia - Bogotá. Agro inversores S.A. <http://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada>
- Arias, J. (1991). Calidad industrial de la cebada cervecera. *INIA*. 22(2), 35-45 <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807120028.pdf>
- Arseca, A. (1994). El cultivo de cebada y su importancia en la agricultura nacional. *Claridades agropecuarias*, 15(1), 6 – 8.
- Ataei, M. (2006). Path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) yield. *Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi*. 52(4), 227-232.
- Avilés, E. (2012). Agronomía. Enciclopedia de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador. <http://www.encyclopediadelecuador.com/historia-del-ecuador/cerveceria/>
- Banco Central de Ecuador (BCE). (2015). *Valores en importación de fertilizantes*. 2015. <https://www.bce.fin.ec/>
- Banco Central del Ecuador (BCE) (2014). Importaciones de cebada. Repositorio digital del Banco Central del Ecuador. <http://www.bce.fin.ec/>.

- Bernardi, E. (2019). Producción de cebada maltera en Ecuador. Estación Experimental Santa Catalina. 24(4), 12-18.
- Biurrin, R., Lezáun, J., Zúñiga, J., Garnica, I., y Llorens, M. (2010). Virus del enanismo amarillo de la cebada – BYDV. Enfermedades. Navarra Agraria. <https://www.navarraagraria.com/categories/item/809-virus-del-enanismo-amarillo-de-la-cebada-bydv>
- Box, M. (2014). Cultivo de cebada maltera como una alternativa de subdesarrollo. Prontuario de agricultura, 24(5), 71-72.
- Caluguillin, E. (2023). Evaluación agronómica de 144 líneas promisorias de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en La Granja Experimenta “La Pradera” Chaltura, Imbabura. Trabajo de Titulación. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13683>
- Carpaneto, B. (2018). Red De Evaluación De Cultivares De Cebada Cervecera: Resultados Del Ensayo Comparativo De Rendimiento De Inta Balcarce Correspondientes A La Campaña 2017/18. INTA. 276 (7620). 10-20.
- https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_cebada_2017_pea.pdf
- Carrasco, A. (2015). El Cultivo de la cebada en Colombia: manual. Universidad de Nariño – Colombia (ERA), 56(3), 6-7.
- Carrasco, J. (2011). Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados, Serie actas INIA, 12(2), 10-16.
- Carrillo, F. y Minga, F. (2020). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental de Tunshi. 1 (6). 5-15. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2169/4336>
- Castañeda, M., López C., Colinas, M., Molina, J. Hernández, A. (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. INTERCIENCIA, 34(4), 286-292. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911575011.pdf>
- Consejo Nacional para la Implementación Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. (2015). ¿Qué son los ODS?. 12. Producción y consumo responsables. https://ods.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/12_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- Constante, J. (2014). Mejoramiento de la producción de una planta embotelladora de cerveza super línea de cervecería nacional. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4959>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Documento Digital [Archivo PDF]. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6716.pdf>

- Dermanet, R. y García, J. (2022). Manual de cultivos suplementarios. Cebada. Watts S.A. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/cebada-hordeum-vulgare-ssp-t48897.htm>
- El-Hashash, E. F., & El-Absy, K. M. (2019). Cebada (*Hordeum vulgare* L.) Cría. *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*, 5, 1–45. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_1/COVER
- ESPAC. (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Resultados. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., LastNameLlangarí B., P., & Espinoza, M. (2010). El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. *INIAP - Estación Experimental Santa Catalina*, 1–18. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>
- Falconí E., Garófalo J y Vaca C. (2010). Informe de actividades del convenio de INIAP – CORPOINIAP - CERVECERÍA NACIONAL. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 32(4), 16-17.
- FAOSTAT. 2020. La Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura.
- Flores, A. (2023). Evaluación del desempeño agronómico y la adaptabilidad de tres variedades de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) en la Granja Experimental “La Pradera”, Chaltura, Imbabura. Trabajo de Titulación. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13682>
- Fudesyrum, B. (2012). Manejo orgánico del cultivo de cebada común. INFORURAL. <http://www.inforural.com.mx/frijol-caracteristicas-generales/>
- Garófalo, J., Falconí, Llangari P. y Espinoza M. (2010). El cultivo de cebada: guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 5(3), 5-8.
- Gasparini, G. (2015). Respuesta en rendimiento, proteína y calibre de la cebada cervecera a la fertilización nitrogenada y a la aplicación de fungicida en Barrow, provincia de Buenos Aires. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Argentina]. Repositorio digital. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/440/1/doc.pdf>
- Gigon, R., (2013). Evaluación de fungicidas en cebada cervecera. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_evaluacin_de_fungicidas_en_cebada_cerve.pdf

- Gómez, & Parra, J. (2005). El Cultivo de cebada: Curso de Titulación Intermedia. Ec. Universidad Agraria EC, 32(2), 5.
- Gómez jurado, J. (2014). La bebida artesanal en el Ecuador. EL Comercio. <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/ideas/28-de-diciembre-2014/bebidadantano-quito>
- González, A. (2016). Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en Cebada. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- González, A., Zamora, M. y Solano, S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. 1 (7). 8-13.
- Guamán, J. (2004). Guía para el cultivo de cebada en el litoral ecuatoriano: Obtención de variedades mejoradas de cebada para consumo directo y Agroindustria en el litoral. INIAP-PROMSA”. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 54(3), 11-18.
- Guañina G. (2014). Estudio De Variabilidad Fenotípica De Accesiones De Trigo (*Triticum Aestivum* L.) Y Cebada (*Hordeum Vulgare* L.) De La Colección Del INIAP [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3696/1/iniapsctG896e.pdf>
- Hunger, B. (2017). Identificando a las Royas del Trigo y Cebada. Roya de la Hoja. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/identificando-a-las-royas-del-trigo-y-cebada.html>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2023). Resultados. ESPAC. (2023). Resultados. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Infocebada. (2011). El cultivo de cebada y su mejora económica como producto maltero. INFOCEBADA. <http://infocebada.galeon.com/botanica.htm>
- INIAP (1978). INIAP-Duchicela 92 variedad de cebada maltera. Repositorio digital del INIAP. http://biblioteca.culturaypatrimonio.gob.ec/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=78125&query_desc=
- INIAP (1992). INIAP-Calicuchima 92 variedad de cebada maltera. Repositorio digital del INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2562/1/iniapscpl126.pdf>
- INIAP (2001). Procesamiento de cosecha y secado del grano de cebada. Estación Experimental Santa Catalina, 34(2), 9.

- INIAP (2003). INIAP Cañicapa 2003: La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2591/1/iniapscpl208.pdf>
- INIAP. (2009). Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del callejón Interandino. Estación Experimental Santa Catalina.
- INIAP. (2009). Informe de actividades 2009 del convenio INIAP-CORPOINIAP Y Cervecería Nacional. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- INIAP. (2010). Programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación Experimental Santa Catalina, 43(6), 2-3.
- INIAP (2011). Valorización de cultivos y materias primas para respaldar las certificaciones de origen. "Investigar, desarrollar y optimizar procesos tecnológicos agroindustriales para la obtención de productos ". Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 12(6), 22-25.74
- INIAP (2012). Evaluación del efecto del fraccionamiento del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano y validación de fungicidas y épocas de aplicación para el control de enfermedades en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 12(7), 5-8.
- INIAP (2016). INIAP presenta nueva variedad de cebada “INIAP Ñusta” para la Sierra sur ecuatoriana. Repositorio digital del INIAP. <http://www.iniap.gob.ec/web/iniap-presenta-nueva-variedad-de-cebada-iniap-nusta-parala-sierra-sur-ecuadoriana/INIAP>
- INIAP (2020). Generalidades y variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana. INIAP. 1 (116). 10-30. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- INIAP (2021). Fomento de la producción del cultivo de cebada. Repositorio digital del INIAP. <https://www.agricultura.gob.ec/magap-y-cerveceria-nacional-fomentan-la-produccion-de-cebada/>
- INTA (2017). Comportamiento agronómico y calidad comercial en Oliveiros (Santa Fe). <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.ecr-cebada-2017.pdf>
- INTA (2018). Evaluación de variedades de cebada para silaje. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-variedades-de-cebada-para-silaje-en-9-de-julio-bs-as>
- Koppert (2022). Carbón desnudo en cebada. Aspectos generales del carbón activado en el cultivo de cebada. KOPPERT. <https://www.koppert.es/retos/control-de-las-enfermedades/carbon-desnudo-en-cebada/>

- Lema, A., Basantes, E., & Pantoja, J. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 97–102. <https://doi.org/10.15517/AM.V28I1.22705>
- Lema-Aguirre, A. C., Basantes-Morales, E. R., Pantoja-Guamán, J. L., Lema-Aguirre, A. C., Basantes-Morales, E. R., & Pantoja-Guamán, J. L. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 97–102. <https://doi.org/10.15517/AM.V28I1.22705>
- Loor, C. (2014). El Cultivo de la cebada en Colombia: manual. LOUS S.A. <http://biblioteca.minagricultura.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=16940>
- Luna, E. (2014). Respuesta De Tres Fungicidas En El Control De La Roya (*Puccinia Hordei* G.H. Otth Y *Puccinia Striiformis* Westend.) En Cebada (*Hordeum Vulgare* L.) Variedades Malteras Scarlett Y Metcalfe En Chaltura – Imbabura. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4312/1/03%20AGP%20178%20TESIS.pdf>
- Magliano F., Prystupa A. y Gutiérrez J. (2014). Contenido proteico en granos de distinto tamaño en cebada cervecera. Repositorio digital de la universidad de Buenos Aires, 4(1), 5-7. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/83BA638CE3263AD185257CE9007CE74D/\\$FILE/14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/83BA638CE3263AD185257CE9007CE74D/$FILE/14.pdf)
- Manqui, F., Allende, M., & Villablanca, A. (2012). Preparación de suelos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.iniap.gob.ec/transfencia/fotos/info/papa/papa.pdf>
- Martínez, J. et, al. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. Revista Mexicana de ciencias Agrícolas. 1 (3). 10-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120630002>
- Masigogue, J., (2013). Evaluación de fungicidad en cebada cervecera. INITA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_evaluacin_de_fungicidas_en_cebada_cerve.pdf
- Mayulema, G. (2020). Determinación de rangos de conductividad eléctrica de vigor en cuatro genotipos de maíz (*Zea mayz* L.). [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21450/1/T-UCE-0004-CAG-255.pdf>
- Molina, J. (1990). Morfología y desarrollo de la planta, taxonomía vegetal en la cebada. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/>

- Observatorio de Complejidad Económica (OEC). (2021). *Cebada en Ecuador*. OEC. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/barley/reporter/ecu?redirect=true>
- Organización de las Naciones Unidas Para la alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). (2020). *Índices de producción bruto (base 2014 - 1016)*. Food and Agriculture Data - FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI>
- Parmelo, et, al., (2009). Evaluación de incidencia de enfermedades criptogámicas foliares en cereales de invierno y primavera en España. 1(3). 6-10. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95501/91811>
- Pérez, M. (2014). El cultivo de cebada y su taxonomía. Repositorio de Universidad Privada “San Juan Bautista”. <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-ytaxonomia-de-la- cebada.html>.
- Pérez, et, al. (2014). Evaluación de 10 genotipos de cebada en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. Scielo, 50 (2), 8-10. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000200201
- Plan Nacional de Desarrollo. (2021). [Archivo PDF]. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2017-2021.compressed.pdf>
- Ponce, L., Campaña, D., Noroña, P., & Garófalo, J. (2020). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2019*.
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña Cruz, D. F., Garófalo, J., coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2020). LA CEBADA (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Quito, EC: INIAP, *Estación Experimental Santa Catalina* 2020, 1–56. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5587>
- Pourkheirandish M. & Komatsuda, T. (2007) The Importance of Barley Genetics and Domestication in a Global Perspective. *Annals of Botany*, 21(2), 11-12. <http://aob.oxfordjournals.org/content/100/5/999.short>
- Quelal N. (2014). Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del Nitrógeno complementario del rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada Maltera Scarlett y Metcalfe (*Hordeum Vulgare* L.). [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2814>
- Ríos D., Britto R. y Delgano H. (2011). Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* l.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. [Tesis de Postgrado, Universidad de las Ciencias Ambientales y Aplicadas]. Repositorio digital UDC. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/775>

- Rivera, E. (2017). Evaluación De Un Fertilizante Nitrogenado De Liberación Controlada En El Cultivo De Cebada (*Hordeum Vulgare* L.) En La Granja Experimental Yuyucocha. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7172/1/03%20AGP%20218%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Zúñiga, J.; Lezáun, J. A.; Biurrun, R.; Garnica, I. (2013). Roya amarilla, enfermedad antigua, problemas modernos. Publicación del Ministerio de Agricultura de España, Guía de Gestión Integrada de Plagas Cereales de Invierno. Madrid 2015.
<https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1273-roya-amarilla-de-cereales-puccinia-striiformis>
- Sautua, F. y Carmona, M., (2013). Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. BASRF.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/92061/mod_resource/content/2/enfermedades-Trigo-Cebada-FAUBA-BASF.pdf
- Suarez W. (2010). “Comportamiento Agronómico de seis Variedades de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) En San Vicente De Loja, Cantón Santa Elena”. [Trabajo de Pregrado, Universidad Nacional de Loja], Repositorio digital de la DESPACE.
<https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/923>
- Tubeanca F. (2015). Variables Tecnológicas que afectan a la calidad de la cebada para uso maltero. [Tesis de Pregrado, Universidad Zaragoza]. Repositorio digital de la Universidad Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/31828/files/TAZ-TFG-2015-1142.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha (Zadoks, et al., 1974).

0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollaje
21	Un tallo principal y un macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
30	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable
37	Hoja bandera visible
39	Lígula de hoja bandera visible
40	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles
50	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

Anexo 2. Resultados del análisis de suelo del ensayo de cebada cervecera en Chaltura.

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
--	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 23-0078

NOMBRE DEL CLIENTE: Cevallos Recalde Anderson Martin
PETICIONARIO: Cevallos Recalde Anderson Martin
EMPRESA/INSTITUCION: Cevallos Recalde Anderson Martin
DIRECCIÓN: Imbabura

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANALISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

24/02/2023
 9:02
 27/02/2023
 08/03/2023
 53

Análisis	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
23-0475	7,31 P N	67,31 A	20,45 A	8,64 B	0,59 B	0,37 M	10,57 A	3,66 A	2,0 B	7,6 A	65 A	10,5 M	2,89	9,76	37,96	14,61	1,73	M					Muestra 1

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E. *	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
Unidad	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S.B = Fósforo de Caldo	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
	B = Curcúmina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Parta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AHH =	Titración NaOH

INTERPRETACION			
Al+HAl y Na	C.E.		M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M. = Medio
T = Tóxico			A = Alto

Anexo 3. Delimitación del terreno y siembra.



Anexo 4. Unidades experimentales CON fungicida y SIN fungicida.



Anexo 5. Fungicida (Propiconazole) utilizado en el ensayo.



Anexo 6. Aplicación del fungicida en las UE destinadas (CON).



Anexo 7. Presencia de acame en la variedad Voyager.



Anexo 8. Toma de datos de variables a los 130 días.



Anexo 9. Cosecha manual a los 130 días del cultivo.



Anexo 10. Trilla en la estación del INIAP Santa Catalina.



Anexo 11. Datos de poscosecha y almacenamiento.

