



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍAS EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MANEJO FITOSANITARIO DE 18 LÍNEAS DE CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA COMUNIDAD SAN PEDRO, CANTÓN MONTÚFAR-CARCHI

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

AUTOR

Anderson David Chalacán Obando

DIRECTORA

Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, octubre 2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MANEJO FITOSANITARIO DE 18 LÍNEAS DE CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA COMUNIDAD SAN PEDRO, CANTÓN MONTÚFAR-CARCHI

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Dra. Doris Salomé Chalampunte, PhD.

DIRECTORA



FIRMA

Dra. Magali Anabel Cañarejo Anatamba, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, 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:	0401840939		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chalacán Obando Anderson David		
DIRECCIÓN:	San pedro, Montúfar- Carchi		
EMAIL:	adchalacano@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0981846055

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Respuesta agronómica del manejo fitosanitario de 18 líneas de cebada maltera (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la comunidad San Pedro, Cantón Montúfar-Carchi
AUTOR (ES):	Chalacán Obando Anderson David
FECHA: DD/MM/AAAA	19/10/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre de 2023

EL AUTOR:

Chalacán Obando Anderson David

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Anderson David Chalacán Obando, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre de 2023



Dra. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 19 días del mes de octubre del 2023

Nombres y Apellidos: Anderson David Chalacán Obando

“Respuesta agronómica del manejo fitosanitario de 18 líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en la comunidad San Pedro, Cantón Montúfar-Carchi”, Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 19 días del mes de octubre del 2023 104 páginas.

DIRECTOR (A): Dra. Doris Salomé Chalampunte, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar la respuesta agronómica del manejo fitosanitario en 18 líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en la comunidad san pedro, cantón Montufar, Carchi.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el rendimiento y calidad del grano de las líneas de cebada maltera para la selección de materiales promisoros.
- Determinar la incidencia y severidad de enfermedades en las líneas de cebada maltera bajo diferentes manejos.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio para la producción de cebada maltera.



.....

Dra. Doris Salomé Chalampunte, PhD.

Directora de Trabajo de Grado



.....

Anderson David Chalacán Obando

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por darme vida y fuerzas para poder continuar con todo este proceso educativo.

De igual manera a mis padres Murialdo y Rubiela con su apoyo constante pude terminar con este largo camino de aprendizaje, a todos mis familiares que estuvieron presentes con mensajes, llamadas dándome ánimo para no desfallecer.

A mis amigos y compañeros que entre tantas risas y lágrimas salimos adelante.

Y como no agradecer a mis docentes que durante todo el trayecto a través de consejos me ayudaron a ser mejor persona principalmente a mi directora y asesora Ing. Doris Chalampunte e Ing. Magali Cañarejo que estuvieron siempre ahí brindándome su apoyo pues valió la pena cada momento.

También agradezco al Ing. Xavier Mera conjuntamente con todo el grupo de Cervecería Nacional.

Gratitud infinita.

DEDICATORIA

Esto va dedicado a mis padres, Muri y Rubi que estuvieron en todo momento brindándome su apoyo incondicionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
Índice de figuras	xiii
Índice de tablas	xv
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCIÓN	19
1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 PROBLEMA	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	20
1.4 OBJETIVOS	21
1.4.1 Objetivo General.....	21
1.4.2 Objetivos Específicos	21
1.5 HIPÓTESIS	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CEBADA A NIVEL MUNDIAL	23
2.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBADA.....	23
2.3 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA.....	24
2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	24
2.4.1 Raíz.....	25
2.4.2 Tallo.....	25
2.4.3 Hojas.....	25
2.4.4 Flor	26

2.4.5 Inflorescencias	26
2.4.6 Grano	26
2.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	27
2.6 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO	27
2.6.1 Germinación	27
2.6.2 Producción de hojas.....	27
2.6.3 Macollamiento	28
2.6.4 Encañado	28
2.6.5 Espigamiento	28
2.6.6 Polinización	28
2.6.7 Desarrollo del grano	29
2.7 MANEJO DEL CULTIVO.....	29
2.7.1 Preparación del terreno.....	29
2.7.2 Siembra.....	29
2.7.3 Semilla.....	29
2.7.4 Cantidad de semilla	29
2.7.5. Fertilización.....	30
2.7.6 Manejo de arvenses	30
2.7.7 Cosecha y almacenamiento	30
2.8 PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LA CEBADA.....	30
2.8.1 Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis f. sp. hordei</i>).....	31
2.8.2 Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>)	31
2.8.3 Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).	31
2.8.4 Carbón desnudo (<i>Ustilago sp.</i>)	32

2.8.5 Carbón vestido (<i>Ustilago hordei</i>)	32
2.8.6 Helmintosporiosis (<i>Pyrenophora teres Drechsler</i>).....	32
2.9 PLAGAS.....	32
2.10 INDUSTRIA CERVECERA	33
2.10.1 La industria cervecera en el Ecuador.....	33
2.10.2 Características de la calidad del grano para su comercial de la cebada cervecera	33
2.11 MARCO LEGAL	36
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
3.2 MATERIALES, EQUIPOS, INSUMOS Y HERRAMIENTAS.....	38
3.3 MÉTODOS	39
3.3.1 Diseño del experimento	39
3.3.2. Unidad experimental.....	40
3.3.3 Características del ensayo.....	40
3.3.4 Factores en estudio	41
3.3.5 Tratamientos	41
3.3.6 Análisis Estadístico	42
3.4 VARIABLES DE ESTUDIO	43
3.4.1 Variables agronómicas	43
3.4.2 Variables de producción	47
3.5 MANEJO DE ENSAYO.....	51
3.5.1 Preparación del suelo.....	51
3.5.2 Fertilización	51
3.5.3 Siembra.....	52
3.5.4 Control de malezas	53

3.5.5 Colocación de nombres	54
3.5.6 Colocación del letrero.....	55
3.5.7 Implementación de Espantapájaros en el Cultivo.....	56
3.5.8 Cosecha de cebada.....	56
3.5.9 Trilla	57
CAPÍTULO IV	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1 DÍAS A LA EMERGENCIA	58
4.2 NÚMERO DE PLANTAS POR m ²	60
4.3 DÍAS AL ENCAÑADO	61
4.4 DÍAS AL EMBUCHAMIENTO	62
4.5 DÍAS A ESPIGAMIENTO	64
4.6 DÍAS A FLORACIÓN	65
4.7 NÚMERO DE MACOLLOS ESTABLECIDOS	66
4.8 NÚMERO DE ESPIGAS EFECTIVAS.....	68
4.9 DÍAS A LA MADURACIÓN FISIOLÓGICA.....	69
4.10 ALTURA DE PLANTA.....	71
4.11 LONGITUD DE ESPIGA	72
4.12 NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA	73
4.13 ACAME.....	74
4.14 DÍAS A COSECHA	75
4.15 CALIBRE DEL GRANO	77
4.16 RENDIMIENTO	78
4.17 PESO HECTOLITRITO.....	79
4.18 PESO 1000G	81

4.19 SEVERIDAD DE ENFERMEDADES PRESENTES EN EL CULTIVO	82
4.19.1 Royal lineal.....	82
4.19.2 Mancha en red	83
4.19.3 Escaldadura.....	85
4.19.4 Septoria.....	86
4.19.5 Enfermedad en espiga (Carbón)	87
4.20 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS.....	89
CAPÍTULO V	91
5.1 CONCLUSIONES	91
5.2 RECOMENDACIONES	92
5.3 BIBLIOGRAFÍA	93
VI. ANEXOS.....	100
Anexo 1.	100
Anexo 2.	101
Anexo 3.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de experimentación	38
Figura 2. Diseño del experimento de cebada maltera.....	39
Figura 3. Descripción de unidad experimental para el cultivo de cebada	40
Figura 4. <i>Altura de la planta de cebada maltera</i>	44
Figura 5. <i>Número de plantas establecidas</i>	44
Figura 6. <i>Longitud de espiga de cebada maltera</i>	46
Figura 7. <i>Número de granos por espiga de cebada maltera</i>	46
Figura 8. <i>Peso de mil granos de cebada maltera</i>	48
Figura 9. <i>Rendimiento de cebada maltera</i>	48
Figura 10. <i>Escala modificada de Cobb para evaluación de royas.</i>	49
Figura 11. Escala de Saari-prescott (0-9) para evaluar severidad de enfermedades foliares en cebada	50
Figura 12. <i>Escala para evaluar severidad de carbón en cebada</i>	50
Figura 13. Preparación del terreno, arado de forma mecánica con ayuda de tractor.	51
Figura 14. <i>Fertilización de cebada maltera</i>	52
Figura 15. Siembra de cebada maltera de forma manual simulando la máquina sembradora.	53
Figura 16. Aplicación de herbicida	54
Figura 17. Colocación de letreros en el experimento	55
Figura 18. Colocación del Letrero principal.....	55
Figura 19. Cosecha de cebada un saco para cada unidad experimental	56
Figura 20. Trilla y eliminación de impurezas de forma artesanal	57
Figura 21. Número de plantas por m ²	61
Figura 22. Días al encañado en las diferentes líneas evaluadas.	62
Figura 23. Días al embuchamiento.....	63
Figura 24. Días al espigamiento.	64
Figura 25. Días a la floración.	66
Figura 26. Número de macollos por planta	67
Figura 27. Número de espigas efectivas.....	69
Figura 28. Días a la maduración fisiológica.....	70

Figura 29. Altura de la planta.....	71
Figura 30. Longitud de espiga.....	73
Figura 31. Número de granos por espiga.....	74
Figura 32. Porcentaje de acame de las 18 líneas de cebada maltera	75
Figura 33. Calibre del grano.....	77
Figura 34. Rendimiento total al 12% de humedad	79
Figura 35. Peso hectolítrico de las 18 líneas de cebada maltera.	80
Figura 36. Peso de 1000 granos obtenidos por 18 líneas de cebada maltera evaluadas....	81
Figura 37. Enfermedad de roya lineal en las 18 líneas de cebada maltera.....	83
Figura 38. Enfermedad de mancha en red en las 18 líneas de cebada.....	84
Figura 39. Enfermedad de Escaldadura en las 18 líneas de cebada maltera.	85
Figura 40. Enfermedad de Septoria en las 18 líneas de cebada maltera.....	87
Figura 41. Enfermedad en espiga (Carbón) de las 18 líneas de cebada maltera.	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos, insumos y herramientas	39
Tabla 2. Características específicas del ensayo realizado.	40
Tabla 3. Descripción de los germoplasmas a evaluar.....	41
Tabla 4. Códigos de cada uno de los tratamientos de evaluación	42
Tabla 5. Análisis de varianza DPD para ensayo de resistencia a enfermedades.	43
Tabla 6. <i>Escala para determinar porcentaje de acame del tallo</i>	47
Tabla 7. Dosis de fertilización del ensayo	52
Tabla 8. ADEVA de días a la emergencia.....	58
Tabla 9. Días a la emergencia.....	59
Tabla 10. ADEVA de número de plantas por m ²	60
Tabla 11. ADEVA de días al encañado en los diferentes factores de estudio.....	61
Tabla 12. ADEVA de días al embuchamiento.....	63
Tabla 13. ADEVA de días al espigamiento.....	64
Tabla 14. ADEVA de la variable días a floración de las 18 líneas de cebada maltera.....	65
Tabla 15. ADEVA de la variable número de macollos establecidos.....	67
Tabla 16. ADEVA de la variable número de espigas efectivas.....	68
Tabla 17. ADEVA de la variable días a la maduración fisiológica.....	69
Tabla 18. ADEVA de la variable altura de planta.	71
Tabla 19. ADEVA de la variable longitud de espiga.	72
Tabla 20. ADEVA de la variable número de granos por espiga.	73
Tabla 21. Pruebas Friedman Acame	75
Tabla 22. ADEVA de la variable días a cosecha de 18 líneas de cebada maltera.....	76
Tabla 23. Días a la cosecha.	76
Tabla 24. ADEVA de la variable calibre del grano.....	77
Tabla 25. ADEVA de la variable rendimiento total	78
Tabla 26. ADEVA de peso hectolítrico de 18 líneas de cebada maltera.....	79
Tabla 27. ADEVA de la variable peso de 1000 granos en el cultivo de cebada maltera. .	81
Tabla 28. ADEVA de la enfermedad roya lineal.....	82
Tabla 29. ADEVA de la variable peso de 1000 granos en el cultivo de cebada maltera. .	83

Tabla 30. ADEVA de la enfermedad escaldadura.....	85
Tabla 31. ADEVA de la enfermedad Septoria.....	86
Tabla 32. ADEVA de Enfermedad en espiga.....	87
Tabla 33. Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas del cultivo de cebada maltera.....	89

RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MANEJO FITOSANITARIO DE 18 LÍNEAS DE CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA COMUNIDAD SAN PEDRO, CANTÓN MONTÚFAR-CARCHI

CHALACÁN ANDERSON

adchalacano@utn.edu.ec

INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESUMEN

La producción de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en Ecuador es insuficiente para satisfacer la demanda nacional, por lo que se recurre a la importación. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la respuesta agronómica de 18 líneas de cebada maltera ante diferentes manejos fitosanitarios en la comunidad San Pedro, Carchi. La experimentación se realizó mediante un diseño de parcelas divididas con 18 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables responden a etapas fenológicas, agronómicas y de rendimiento. Se estudiaron los tratamientos con y sin aplicación de fungicida. Los resultados indicaron que las líneas 2IK16-0710 y 2IK16-0804 destacaron en rendimiento con 5,16 kg/ha y 4,8 kg/ha, respectivamente. Sin fungicida, las líneas 2IK16-1329, 2IK16-1324 y 2IK16-0671 prevalecieron con 5,85 kg/ha, 5,71 kg/ha y 5,64 kg/ha. La línea 2IK16-0813 presentó mayor altura, con 112 cm y 105 cm con y sin fungicida, correlacionando con acame de 40% y 33,33%. La línea 2IK16-0804 exhibió 20 cm menos de altura y 26,7% de acame con fungicida. Las líneas tratadas con fungicida mostraron menor incidencia de enfermedades. Este estudio identificó genotipos superiores y adaptativos a la zona, que potencian la producción local de cebada maltera. Se propone explorar estrategias de fertilización en líneas destacadas para optimizar rendimientos.

Palabras Claves: Variables, Variedad, Línea, Producción, Cereal.

AGRONOMIC RESPONSE TO THE PHYTOSANITARY MANAGEMENT OF 18 LINES OF MALTING BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) IN THE SAN PEDRO COMMUNITY, MONTÚFAR-CARCHI CANTON

CHALACÁN ANDERSON

adchalacano@utn.edu.ec

AGROPECUARIA ENGINEERING

ABSTRACT

The production of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) in Ecuador is insufficient to satisfy national demand, so imports are resorted to. This study aimed to evaluate the agronomic response of 18 malting barley lines to different phytosanitary management in the San Pedro community, Carchi. The experimentation was carried out using a split plot design with 18 treatments and 3 repetitions. The variables respond to phenological, agronomic and performance stages. Treatments with and without fungicide application were studied. The results indicated that the lines 2IK16-0710 and 2IK16-0804 stood out in yield with 5.16 kg/ha and 4.8 kg/ha, respectively. Without fungicide, lines 2IK16-1329, 2IK16-1324 and 2IK16-0671 prevailed with 5.85 kg/ha, 5.71 kg/ha and 5.64 kg/ha. Line 2IK16-0813 presented greater height, with 112 cm and 105 cm with and without fungicide, correlating with lodging of 40% and 33.33%. Line 2IK16-0804 exhibited 20 cm less height and 26.7% lodging with fungicide. The lines treated with fungicide showed a lower incidence of diseases. This study identified superior and adaptive genotypes to the area, which enhance local production of malting barley. It is proposed to explore fertilization strategies in prominent lines to optimize yields

Keywords: Variables, Variety, Lines, Production, Cereal.

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En Ecuador, la cebada (*Hordeum vulgare L.*) se destaca como uno de los cereales fundamentales de la canasta básica. Su extensa historia evolutiva, asociada a su diversificación desde Múltiples centros de origen, ha propiciado su adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas. A nivel mundial, este cereal demuestra su versatilidad al prosperar en áreas de baja altitud, como las regiones tropicales de la India a 500 m.s.n.m., así como en altitudes más elevadas, superando los 3 000 m.s.n.m. en los Andes ecuatorianos (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIAP], 2020). De acuerdo con datos del INIAP (2011), posterior al maíz (*Zea mays*), la cebada se reconoce como el cereal con mayor presencia en la región interandina. Se han registrado 10 124 hectáreas dedicadas a su cultivo, generando una producción total de 13 674 toneladas. De esta producción, un 40% se destina a la alimentación humana, otro 40% se utiliza en la industria, primordialmente para la producción de malta y cerveza, y el 20% restante se emplea como forraje. Cabe destacar que, en 2020, las importaciones de cebada en el país superaron las 66 000 toneladas anuales.

Castañeda et al. (2004) destacan la cebada por su notorio vigor en la fase de plántula, evidenciando una acumulación de materia seca superior en un 40% y un desarrollo del área foliar acelerado hasta en un 50%, en comparación con el trigo (*Triticum aestivum L.*). En el contexto ecuatoriano, las condiciones agroclimáticas propicias para el cultivo de cebada se localizan en altitudes que oscilan entre los 2 400 y 3 300 m.s.n.m. con precipitaciones de 400 a 600 mm a lo largo del ciclo de cultivo, y se prefieren suelos franco arenosos y profundos. que poseen un buen drenaje y un pH que varía de 6.5 a 7.5 (Lema et al., 2017).

La cebada, además, sobresale entre otros cereales por sus propiedades vigorizantes, su resistencia a la sequía y la salinidad, y su aptitud para crecer en suelos marginales. Su rápido desarrollo es también un atributo destacable, produciendo forraje y grano en un periodo de tiempo más reducido en comparación con otros cereales (Hernández et al., 2017). La productividad de la cebada puede verse influenciada por diversos factores, tales como la selección de la variedad, una adecuada fertilización, la densidad de siembra, el control de malezas y enfermedades (especialmente la roya), y la disponibilidad de agua (Garrido, 2017).

A nivel mundial, diversos países lideran la producción de cebada maltera, destacando por sus elevadas cifras anuales en 2020, como es el caso de Rusia con 20,94 Mt, Alemania con 11,47 Mt, y España con 10,77 Mt, entre otros (Orús, 2022). En el contexto ecuatoriano, específicamente en la sierra, la provincia de Chimborazo se distingue al dedicar 16 000 ha al cultivo de cebada de un total de 48 000 ha producidas a nivel nacional, seguida por la provincia de Cotopaxi con 9.000 ha (INIAP, 2016).

La calidad sanitaria y de producción de la cebada maltera ha sido objeto de diversos estudios. Ayo (2015) evaluó líneas de cebada como la Dorada y Duchicela, estableciendo variedades

con germoplasmas que se adaptan a condiciones específicas y presentan resistencia a enfermedades tales como la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) y roya de la hoja (*Puccinia hordas*). Para la elaboración de cerveza, es imperativo que la cebada cumpla con ciertos estándares industriales malteros, que incluyen características como alto volumen y peso del grano, así como una composición sana y libre de impurezas (Álvarez et al., 2006). La espiga, por ejemplo, debe presentar un color amarillo oro, granos secos con cáscara rugosa, aristas del grano quebradizas y una pérdida total del color verde en las hojas y tamo deshidratado de color amarillo (Cervecería Bavaria, 2019).

En un estudio reciente, donde se trabajaron 18 variedades de cebada provenientes del banco de germoplasma de la empresa Ab-inbev en Estados Unidos, con la colaboración de Cervecería Nacional, se evaluaron variables tales como producción, severidad de enfermedades y plagas, entre otras. Este estudio, con una duración de aproximadamente 6 meses y con la evaluación inicial de 144 variedades, resultó en 16 variedades propicias para estudios adicionales y se agregaron 2 variedades por parte del INIAP.

1.2 PROBLEMA

Dado que Ecuador no produce suficientes cereales para satisfacer la demanda nacional, se ha visto en la necesidad de importar aproximadamente más de 66 000 toneladas al año, incurriendo en un costo que excede los US\$ 10 millones, esta importación es esencial para atender las demandas de la industria cervecera (Lema et al., 2017). La principal fuente de importación de cebada es Argentina, seguida de Canadá y varios países europeos (Piguave, 2016). Localmente, la cebada se cultiva predominantemente en las comunidades indígenas de las provincias de la sierra ecuatoriana. Esta cebada es primordialmente para autoconsumo y los excedentes se venden como fuente de ingreso, consolidándola como un pilar en los sistemas de producción comunitarios (INIAP, 2014).

Recientemente, se han realizado investigaciones en diversas líneas de cebada maltera con el objetivo de identificar variedades que se adapten adecuadamente a las condiciones agroclimáticas de la parroquia de Chaltura, en la provincia de Imbabura. No obstante, existe una variedad de germoplasmas con potencial maltero que aún no ha sido evaluada en altitudes mayores. Por ello, surge la necesidad de explorar y comparar la variabilidad de estos materiales para determinar su adaptabilidad a las condiciones específicas de la región en estudio. En un esfuerzo por reducir la dependencia de las importaciones, Ecuador, en colaboración con Cervecería Nacional, está promoviendo la investigación y adaptación de distintas variedades de cebada cervecera. De esta manera se pretende identificar germoplasmas que no sean aptos para un solo tipo de clima.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La cebada maltera (*Hordeum vulgare*) se establece como un cultivo de relevancia primordial en la industria cervecera debido a que de sus granos se extrae la malta, un ingrediente con una considerable demanda global para la elaboración de cerveza (Cabañas et al., 2004). La calidad del grano de la cebada cervecera, intrínsecamente ligada a su viabilidad como actividad económica, no solo es determinada por atributos físicos, sino también por las enzimas sintetizadas durante la germinación. Este cultivo, para ser apto para la maltería, debe cumplir con criterios específicos que abarcan desde propiedades físicas, tales como el tamaño y peso del grano, hasta características químicas, como el porcentaje de extracto y contenido de proteína (Gonzales y Zamora, 2016; Vivar y Gordillo, 2021).

Investigaciones centradas en el desarrollo de líneas promisorias de cebada maltera se ejecutan de manera continua en distintas zonas, persiguiendo el objetivo de identificar aquellas líneas que mejor se adaptan a condiciones locales específicas. Dada la dependencia de la producción de cebada en las características varietales del cultivo, estos estudios apuntan a discernir líneas que manifiesten una calidad y rendimiento de producción notables.

En la presente investigación, se aspira a potenciar la producción local de cebada maltera en la comunidad de San Pedro, parroquia Piartal, cantón Montúfar, provincia del Carchi, ubicada a una altitud de 2960 msnm. Este enclave geográfico ha sido seleccionado debido a sus condiciones climáticas, que presentan una humedad más elevada comparativamente con otros sitios de estudio, tales como la granja “La Pradera”. La meta es identificar los genotipos que mejor se adaptan a esta región y que exhiben características superlativas en términos de desarrollo, producción y resistencia a plagas y enfermedades. Al realizar el estudio en este lugar, se anticipa la posibilidad de observar cambios distintivos en el cultivo, atribuibles a las condiciones ambientales específicas de la zona.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la respuesta agronómica del manejo fitosanitario en 18 líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en la comunidad san pedro, cantón Montufar, Carchi.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Comparar el rendimiento y calidad del grano de las líneas de cebada maltera para la selección de materiales promisorios.
- Determinar la incidencia y severidad de enfermedades en las líneas de cebada maltera bajo diferentes manejos.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio para la producción de cebada maltera.

1.5 HIPÓTESIS

- *Hipótesis nula*

Las líneas de cebada maltera no muestran respuesta agronómica al manejo fitosanitario en la comunidad San Pedro, parroquia Piartal, cantón Montúfar provincia del Carchi.

- *Hipótesis alternativa*

Las líneas de cebada maltera muestran respuesta agronómica al manejo fitosanitario en la comunidad San Pedro, parroquia Piartal, cantón Montúfar provincia del Carchi.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CEBADA A NIVEL MUNDIAL

La cebada ha sido reconocida históricamente como un producto con notoria relevancia social y económica en la zona interandina, desempeñando un papel fundamental como alimento y bien de intercambio comercial y trueque. El grano, además de ser un pilar en la alimentación humana, se emplea extensivamente en la elaboración de cerveza y malta. En la dieta local, es común el consumo de cebada en diversas formas, como el "arroz de cebada" y "machica" (Chicaiza, 2018).

A nivel global, la producción de cebada ha experimentado fluctuaciones significativas. En el último año registrado, la producción alcanzó los 160.03 millones de toneladas. No obstante, las proyecciones para el año en curso indican una posible reducción a 146.14 millones de toneladas, lo que se traduce en una disminución aproximada del 8.68%, equivalente a 13.89 millones de toneladas respecto al año anterior (Producción Agrícola Mundial, 2022).

En el contexto nacional ecuatoriano, la producción de cebada experimentó una disminución del 39% en 2015 comparada con el año 2014. Esta declinación se manifestó económicamente en los precios al mayorista, que vieron una reducción del 5.2%. La decreciente producción en 2015 se correlaciona con un descenso del 6.2% en el rendimiento y del 34.35% en la superficie cosechada. Cabe mencionar que los picos en los rendimientos de producción de cebada fueron registrados en los años 2001 y 2007, con 24 704 toneladas y 24 762 toneladas respectivamente (MAGAP, 2017).

2.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBADA

La cebada (*H. vulgare*), un cereal de notable importancia alimenticia para tanto humanos como animales, es una descendiente directa de la cebada silvestre, autóctona de la región del Oriente Medio (Bernardi, 2015). Globalmente, la cebada se posiciona en el cuarto lugar en cuanto a superficie cultivada, sucediendo al trigo (215 mil ha), arroz (155 mil ha) y maíz (139 mil ha).

Esta gramínea ha ganado relevancia mundial a causa de su notable capacidad de aclimatación y su habilidad para prosperar en ecosistemas extremos, haciéndola un cultivo presente en aproximadamente 89 países, que abarcan desde zonas subtropicales, como Argentina y Brasil, hasta regiones caracterizadas por su clima frío., como Noruega y Alaska. A nivel de países, el 50% de la producción mundial de cebada se concentra en China, Estados

Unidos de América, Alemania y Brasil, contribuyendo con 18.5%, 17.7%, 8% y 5% de la producción total, respectivamente (González et al., 2016).

En Ecuador, las provincias que destacan por su extensa área de siembra de este grano son Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Bolívar e Imbabura, mientras que Cañar, Carchi y Loja sobresalen en términos de producción de granos (Garófalo, 2013).

2.3 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), un cereal crucial tanto desde una perspectiva alimenticia como agrícola pertenece a la familia Poaceae, conocida como las gramíneas (Smith et al., 2001). Este grano, con una extensa historia de domesticación y uso, presenta una taxonomía que es vital para entender su variabilidad genética y su adaptación a distintos ecosistemas.

Reino:	Plantae
Super división:	Espermatófita
División:	Angiospermae
Clase:	Monocotyledonae
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Gramíneas o Poáceas
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>H. vulgare</i>
Nombre común:	Cebada

2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una gramínea de notable importancia tanto desde un punto de vista económico como biológico, adoptando un rol protagónico en diversas industrias, incluyendo la alimentaria, cervecera y forrajera (Smith et al., 2000). planta exhibe una morfología característica que ha sido extensamente estudiada, a profundizar observaciones detalladas acerca de su sistema radicular, tallos, hojas y sus inflorescencias únicas conocidas como espigas (Johnson, 1995). La cebada ha demostrado ser una especie fundamental para la investigación botánica, ofreciendo insights sobre mecanismos

fisiológicos, resistencia a estrés ambiental y patogénico, así como procesos de floración y reproducción (Lee y O'Dell, 2005).

2.4.1 Raíz

El sistema radicular de *H. vulgare*, conocido como cebada, exhibe una morfología y funcionalidad que son esenciales tanto para su desarrollo como para su capacidad para absorber nutrientes y agua del suelo. Este sistema se caracteriza por una raíz principal o axial, de la cual se derivan múltiples raíces laterales secundarias y terciarias que, juntas, forman una red subterránea capaz de anclarse eficientemente al sustrato y explorar el entorno edáfico en búsqueda de recursos (Smith, 2018). La raíz principal se establece durante las etapas tempranas del desarrollo embrionario, dando lugar posteriormente a la formación de raíces adventicias que emergen del tallo y contribuyen significativamente al sistema radicular total durante las fases subsecuentes del desarrollo vegetativo (Ruíz, 2021).

En cuanto a la absorción de nutrientes, las raíces de la cebada desempeñan un papel crucial en la captación de macro y micronutrientes esenciales, asegurando así la adecuada nutrición de la planta y, por ende, impactando directamente en el rendimiento del cultivo. Además, el sistema radicular de la cebada también ha sido objeto de estudios relacionados con la resistencia a la sequía y la salinidad, donde las raíces modulan sus características morfológicas y fisiológicas para optimizar la absorción de agua y solutos bajo condiciones de estrés abiótico (Quintana, 2011). Este ajuste incluye modificaciones en la longitud, arquitectura y densidad de las raíces, así como alteraciones en las estrategias de absorción iónica que colectivamente confieren una mayor tolerancia frente a ambientes adversos (Pérez, 2010).

2.4.2 Tallo

El tallo de la planta en cuestión manifiesta una postura erecta y exhibe una constitución robusta, estando compuesto por una serie de aproximadamente 6 a 8 entrenudos, elementos que, cabe destacar, presentan una amplitud más pronunciada en la región central en comparación con las áreas situadas adyacentes a los nudos. Es imperativo subrayar que la altura a la que se elevan los tallos no es un atributo estático, sino que, por el contrario, manifiesta una notable variabilidad que es intrínsecamente dependiente de las variedades específicas de la especie en estudio. Dicha variabilidad en la elevación de los tallos se manifiesta a través de un rango que oscila iniciando desde los 0.50 centímetros y que puede alcanzar hasta un metro (Pérez, 2010).

2.4.3 Hojas

Las hojas de la planta emergen de manera alterna, estableciéndose en una disposición opuesta en cada nudo sucesivo del tallo. La región basal de cada hoja configura una estructura tubular, denominada vaina, que encapsula de manera completa al tallo, manteniéndolo oculto a la vista, a pesar de que, notablemente, este tubo aparente se

encuentra interrumpido por una rasgadura lateral. En el punto de convergencia entre la lámina foliar y la vaina, se puede observar una pequeña protuberancia, conocida como lígula, la cual muestra un incremento dimensional mínimo. Por otra parte, la lámina, que se extiende de manera horizontal, se caracteriza por poseer entre 15 y 20 nervaduras, además de presentar unas dimensiones que varían de 22 a 30 centímetros de longitud y de 1 a 1.5 centímetros de ancho, en la porción inferior de la lámina, se originan dos proyecciones alargadas y envolventes, referidas en la literatura botánica como aurículas (Rosales, 1999).

2.4.4 Flor

Conforme a la documentación proporcionada por Rosales (1999), la flor de *H. vulgare*, conocida como cebada, se categoriza como perfecta o hermafrodita, dada la coexistencia de los componentes reproductivos tanto masculinos como femeninos en una única estructura floral. En este contexto, los elementos varoniles, los estambres alojan a las anteras las cuales albergan el polen esencial para el proceso de fecundación. Simultáneamente, el componente reproductivo femenino, identificado como el pistilo, incorpora en su constitución a los ovarios y los estigmas, ambos elementos críticos en la reproducción sexual de la planta. Cabe destacar que la mayor proporción de flores de cebada se somete a un proceso de autopolinización, clasificándose por ende como especies autógamas. Dicho fenómeno ocurre una vez que las espigas, aún envueltas por la hoja bandera son expuestas al polen generado por sus propias anteras (Orrala, 2020).

2.4.5 Inflorescencias

Las inflorescencias, identificadas como espigas en el contexto de *H. vulgare*, se caracterizan por manifestar una configuración compacta y, en numerosas ocasiones, exhiben características barbadas. Dichas espigas se materializan en la región preeminente del tallo y se articulan en torno a un eje central, conocido técnicamente como raquis, que opera como la columna vertebral de la inflorescencia. Este raquis se distingue por una estructura conformada por nudos que se disponen en un patrón zigzagueante, orquestando de este modo la disposición espacial de las flores que se ubican a lo largo de este eje longitudinal (Quelal, 2014).

2.4.6 Grano

La dimensión del grano de *H. vulgare* (cebada) demuestra una dependencia significativa con respecto a las condiciones imperantes del ambiente en el que se desarrolla. Las fluctuaciones en las magnitudes observadas están vinculadas directamente con variables ambientales, reflejando un rango de variabilidad en sus dimensiones. Específicamente, el grano puede ostentar una longitud que oscila entre un mínimo de 6.0 mm y un máximo de 9.5 mm; mientras que, en cuanto a su anchura se registran medidas que se sitúan entre 1.5 mm y 4.0 mm (Pérez, 2010). La variación en estas medidas subraya la plasticidad fenotípica de la cebada en respuesta a estímulos y condiciones ambientales, proporcionando una ventana de observación hacia los efectos de distintos factores ecológicos en la expresión de caracteres morfológicos.

2.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

La cebada se puede cultivar a partir de los 2 400 a 3 500 m.s.n.m.; necesitan de 500 a 700 mm de precipitación y una temperatura promedio de 10 a 20 °C. A lo largo de todo el periodo. Se ajusta bien a todos los tipos de suelos continuamente y una vez que sean profundos y con buen drenaje para eludir encharcamiento, empero prefieren suelos con pH entre 5.5 a 7.5, esto posibilita un óptimo desarrollo radicular, en estas condiciones las semillas germinan con facilidad, por consiguiente, las plantas van a ser fuertes, vigorosas dando como consecuencia espigas enormes y granos de calidad (Orrala, 2020). A nivel nacional la precipitación va de los 500 - 1000 mm y las temperaturas de los 8 a 18 °C; con suelos franco-arenosos, pH de 5.5 a 7.5 y pendientes de 0 a 25% (Lucero, 2013).

2.6 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO

2.6.1 Germinación

En la fase descrita, es imperativo distinguir dos etapas subsecuentes. La primera de ellas se sustenta en un proceso de maceración durante el cual no solo se completa la limpieza del grano, sino que también se proporciona agua y oxígeno a la cebada. Es necesario Incrementar la humedad del grano desde un valor inferior al 14% (por cada 10 gramos), cifra a la que fue previamente almacenada, hasta un rango de 42-46%, siendo esta última variable dependiente tanto del tipo de cebada como de la malta, que se desea producir. Además, se busca alcanzar un nivel de humedad de entre el 42 y el 44% para las maltas claras, mientras que, para las maltas oscuras, se procura obtener un nivel ligeramente superior. (García, 2015).

2.6.2 Producción de hojas

Una vez que la plántula ha emergido, se produce un cese en el alargamiento del coleóptilo y subsecuentemente se manifiesta la primera hoja verdadera, marcando un punto de inflexión en la ontogenia de la planta. Las hojas emergen en un intervalo temporal de entre 3 a 5 días, siendo este período intrínsecamente dependiente de la variedad específica de la planta y de las condiciones ambientales predominantes durante la fase de crecimiento. En un patrón típico, se observa la formación de aproximadamente ocho o nueve hojas en el tallo principal. No obstante, se ha documentado que, en caracterizadas variedades por una maduración más tardía, la cifra de hojas generadas puede exceder este promedio, manifestándose una proliferación foliar más abundante. La ocurrencia de este fenómeno pone de manifiesto la interacción entre la genética de la planta y los factores ambientales, lo que subraya la necesidad de profundizar la investigación en esta área para mejorar nuestra comprensión acerca de las estrategias adaptativas de las plantas en distintos contextos ecológicos (INIAP, 2020)

2.6.3 Macollamiento

Cuando la plántula alcanza el desarrollo de tres hojas, se observa predominantemente la emergencia de los tallos; el proceso de macollamiento en las plantas de cebada constituye un mecanismo esencial de adaptación al calentamiento global. Dicha función ambiental se manifiesta de manera óptima cuando las condiciones son propicias o cuando se presenta una reducción en la densidad de las plantas, permitiendo una compensación a través de la proliferación de tallos adicionales (INIAP, 2020).

2.6.4 Encañado

Es imperativo destacar que el encañado es una fase crítica en el desarrollo fenológico de las gramíneas, ya que durante este período se establece la arquitectura del tallo, que posteriormente influirá directamente en la producción de biomasa, por ende, en el rendimiento del cultivo. La observación meticulosa de la espiga en desarrollo, así como la monitorización del crecimiento de los tallos, son esenciales para comprender y optimizar las prácticas de manejo agronómico, tales como la fertilización y el riego, que deben ser ajustados para apoyar este rápido crecimiento y desarrollo estructural. La formación de nudos y entrenudos, por su parte, no solo contribuye a la elongación del tallo, sino que también establece las bases para el desarrollo de futuras ramificaciones y, eventualmente, la formación de las espigas que albergarán los granos (INIAP, 2020).

2.6.5 Espigamiento

Desde una perspectiva de manejo de cultivos, el espigamiento es un momento crucial para implementar estrategias de protección de cultivos y manejo de nutrientes, con el objetivo de maximizar la producción de granos y minimizar las pérdidas debidas a factores de estrés. La literatura científica subraya la importancia de una nutrición adecuada y la protección contra plagas y patógenos durante esta fase, ya que las decisiones de manejo tomadas durante el espigamiento pueden influir de manera significativa en la calidad y cantidad de la cosecha final (INIAP, 2020).

2.6.6 Polinización

La polinización en la cebada, un evento fenológico de suma importancia, ocurre predominantemente justo antes o durante la aparición de la espiga en la fase de embuchamiento. Este proceso inicia en la porción central de la espiga y progresa tanto hacia la punta como hacia la base de la misma. Es fundamental subrayar que la polinización en la cebada, y en las gramíneas en general, es un proceso anemófilo, es decir, el polen es transportado por el viento para alcanzar las flores femeninas, lo que contrasta con otras especies de plantas que pueden depender de vectores biológicos, como los insectos, para la transferencia de polen. La cebada, *H. vulgare*, presenta flores unisexuales dispuestas en espiguillas que, a su vez, se organizan en una espiga compuesta. Cada espiguilla contiene una flor masculina y una femenina, y es durante la fase de embuchamiento cuando las anteras masculinas se exponen al ambiente, liberando polen al viento (INIAP, 2020).

2.6.7 Desarrollo del grano

Una vez que la espiga emerge y el proceso de polinización ha transcurrido, los granos de cebada comienzan su fase de formación y desarrollo, un período crucial que determinará las características finales del producto cosechado. La longitud del grano se establece inicialmente, seguida por la determinación de su anchura. Este fenómeno ayuda a dilucidar por qué un grano de cebada, cuando se desarrolla bajo condiciones de estrés, se mantiene en gran medida su longitud habitual, pero manifiesta una reducción en su anchura, resultando en un grano más estrecho o delgado (INIAP, 2020).

2.7 MANEJO DEL CULTIVO

2.7.1 Preparación del terreno

La preparación del suelo constituye una etapa cardinal en los procesos agrícolas, y su adecuada ejecución es imperativa para optimizar las condiciones del sustrato para el crecimiento de las plantas. En este contexto, es crucial considerar el inicio del período lluvioso en la región específica que, para el sector en cuestión, se sitúa en los meses de enero y febrero.

Por ende, se recomienda que la labor de arado ya sea mediante métodos mecánicos o manuales, se efectúe con una antelación mínima de dos meses respecto al inicio de la mencionada estación pluvial (Cajamarca, 2015).

2.7.2 Siembra

La estrategia de siembra debe ser meticulosamente planificada, iniciándose con la concomitancia de la temporada de lluvias y proyectando que la cosecha transcurra durante el período seco. En la sierra ecuatoriana, la técnica de siembra manual al voleo prevalece, mientras que la implementación de la siembra mecanizada es infrecuente. Es imperativo que la profundidad de siembra no exceda los 5 centímetros para prevenir la inundación y subsiguiente mortandad de las plántulas (Cajamarca, 2015).

2.7.3 Semilla

Es necesario emplear semillas de elevada calidad para asegurar un porcentaje de germinación óptimo en las plantas de cebada. Un atributo distintivo de las semillas de calidad es su pureza, la cual es fundamental para garantizar la uniformidad y la viabilidad de las plantas emergentes (Cajamarca, 2015).

2.7.4 Cantidad de semilla

La densidad de siembra se presenta como un factor crítico que influye directamente en el establecimiento del cultivo y el rendimiento final, de esta manera se establece en 135 kilogramos de semilla por hectárea, según lo documentado por Cajamarca (2015). Este

parámetro, derivado de estudios empíricos, busca optimizar la distribución espacial de las plantas en el campo, equilibrando la competencia intraespecífica por recursos mientras se maximiza la utilización eficiente del espacio disponible y finalmente, la producción por unidad de área.

2.7.5. Fertilización

La estrategia de fertilización para la siembra involucra la utilización de un quintal de fertilizante completo, con una proporción de 10-30-10 (NPK), por cada saco de semilla, según las directrices estipuladas por el INIAP (2011). En situaciones donde se disponga de abono orgánico descompuesto, se recomienda su uso en la máxima proporción posible como alternativa al fertilizante químico, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. Si la siembra se realiza subsecuentemente a un cultivo de papas, la aplicación exclusiva de urea es aconsejable a los 45 días post-siembra. No obstante, si se emplea herbicida durante el ciclo del cultivo, la fertilización debería posponerse hasta los 53 días después de la siembra, a fin de optimizar la absorción de nutrientes y minimizar las interacciones adversas entre los insumos agrícolas.

2.7.6 Manejo de arvenses

La gestión de malezas en el cultivo puede abordarse mediante dos estrategias viables, según la documentación proporcionada por el INIAP (2011). La primera, de naturaleza manual, implica la extracción de las malezas de mayor tamaño, ejecutada con meticulosa precaución para evitar daños inadvertidos al cultivo. La segunda estrategia involucra la aplicación de herbicidas, específicamente metilsulfuron metil (Ally), que puede ser aplicado hasta los 15 días post-siembra en una dosis de 15 gramos por hectárea (15 g/300 l de agua). Alternativamente, el herbicida 2,4-D éster puede ser utilizado a los 45 días después de la siembra, en una dosis de 1.2 L/300L de agua, coincidiendo con la fase de pleno macollamiento del cultivo.

2.7.7 Cosecha y almacenamiento

El rendimiento del cultivo de cebada se extiende a las fases de cosecha y almacenamiento, etapas cruciales que determinan la calidad del producto final. La cebada debe ser cosechada antes de que los granos se rompan o germinen en la espiga, asegurando simultáneamente que estén lo suficientemente secos para un almacenamiento seguro, es decir, con un contenido de humedad inferior al 15%. En situaciones donde el contenido de humedad del grano supera el 13%, es imperativo que los granos sean secados antes de proceder al almacenamiento, para prevenir la proliferación de patógenos y asegurar la preservación de la calidad del grano (INIAP, 2020).

2.8 PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LA CEBADA

La cebada, se ve afectada por diversas enfermedades que pueden comprometer significativamente su rendimiento y calidad. Estas enfermedades, causadas por una variedad de patógenos, incluyendo hongos, bacterias y virus, presentan desafíos sustanciales para los

agrícolas y productores. Entre las enfermedades más prevalentes y destructivas en los cultivos de cebada se encuentran las royas, virus del enanismo, enfermedades del carbón y helmintosporiosis, cada una de las cuales puede manifestarse bajo condiciones ambientales específicas y en presencia de sus respectivos patógenos (INIAP, 2020).

2.8.1 Roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*)

La roya amarilla, causada por el hongo *Puccinia striiformis* Westend. F. sp. *hordei*, representa una enfermedad significativa en los cultivos de cebada, afectando tanto al follaje como a las espigas de la planta. Esta patología se distingue por la presencia de pústulas amarillas, que se desarrollan de manera rectilínea o estriada, generalmente alineadas en dirección de las nervaduras de las hojas, proporcionando una característica visual distintiva de la infección. La manifestación de esta enfermedad no solo compromete la integridad fisiológica de la planta, sino que también puede incidir negativamente en el rendimiento y la calidad del grano, constituyendo así un desafío notable en el manejo fitosanitario de los cultivos de cebada (INIAP, 2020).

2.8.2 Roya de la hoja (*Puccinia hordei*)

La roya de la hoja, causada por el patógeno *Puccinia hordei*, representa una amenaza considerable para los cultivos de cebada, manifestándose a través de pústulas de forma circular o sutilmente elíptica, cuya distribución en las hojas no obedece a un patrón específico. Las pústulas exhiben una coloración que oscila entre anaranjado y café anaranjado, proporcionando una indicación visual de la infección. Este patógeno tiene la capacidad de reducir el rendimiento del cultivo hasta en un 50%, representando así un desafío significativo para la producción agrícola. La estrategia más eficaz para mitigar el impacto de *Puccinia hordei* involucra el uso de variedades de cebada que exhiben resistencia a este patógeno, lo cual se alinea con un enfoque de manejo integrado de enfermedades para salvar la productividad y la calidad del cultivo (INIAP, 2020).

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

El enanismo amarillo de la cebada, causado por un virus y propagado predominantemente por diversas especies de pulgones como vector, se distingue como una de las virosis de cereales de mayor prevalencia a nivel global. Esta patología viral puede inducir un fenómeno de enanismo en las plantas afectadas, atribuido a una inhibición en la elongación de los entrenudos, y promover una decoloración de las hojas que se manifiesta inicialmente en el ápice, progresando marginalmente hacia la base de la hoja. La amplia distribución de esta enfermedad y su potencial para comprometer significativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo de cebada la posicionan como un foco crítico en la investigación y el manejo fitosanitario de los cereales (INIAP, 2020).

2.8.4 Carbón desnudo (*Ustilago sp.*)

La cebada, al igual que el trigo, es susceptible al ataque de ciertos patógenos fúngicos, experimentando en algunas variedades ataques incluso más intensos que los observados en el trigo, especialmente durante la fase de desarrollo de los granos en la espiga. Las esporas del hongo, diseminadas por la acción del viento, se depositan sobre los granos en crecimiento, donde germinan y penetran en ellos, instigando un proceso infeccioso que puede comprometer la integridad y el rendimiento del grano. Este fenómeno patológico requiere una atención particular en el manejo fitosanitario del cultivo de cebada, enfocándose en estrategias preventivas y de control para mitigar la incidencia y severidad de la infección fúngica (InfoAgro, 2020).

2.8.5 Carbón vestido (*Ustilago hordei*)

El patógeno en cuestión exhibe un comportamiento similar al tizón del trigo, manifestando en las espigas atacadas una apariencia externa característica, pero diferenciándose por la presencia de granos repletos de un polvo negro. Cuando los granos infectados son sembrados, las esporas contenidas en ellos germinan y penetran en las plántulas, invadiendo específicamente las regiones de crecimiento. Este proceso de infección no solo compromete la integridad y viabilidad de las plántulas, sino que también puede afectar de manera significativa el rendimiento y la calidad del cultivo, subrayando la necesidad de estrategias de manejo integrado de enfermedades para mitigar la propagación y el impacto de este patógeno en los campos de cebada. Se comporta de un modo parecido al tizón del trigo, las espigas atacadas muestran un aspecto externo común, sin embargo, poseen los granos llenos de polvo negro, una vez que los granos infectados se siembran, las esporas que tienen dentro penetran en la plántula, invadiendo las regiones de aumento (InfoAgro, 2020).

2.8.6 Helminthosporiosis (*Pyrenophora teres Drechsler*)

La cebada puede exhibir la aparición de manchas alargadas de orientación longitudinal en las hojas, las cuales eventualmente se transforman en estrías de una tonalidad pardo-violácea. Este fenómeno patológico, no solo altera la estética de la hoja, sino que, al romperse estas estrías, la hoja puede adquirir una apariencia deshinchada. Este síntoma, que es indicativo de una posible perturbación patológica o fisiológica en la planta, requiere una exploración detallada para determinar su etiología y desarrollar estrategias de manejo adecuadas que mitiguen su impacto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de cebada. (InfoAgro, 2020).

2.9 PLAGAS

Conforme a lo establecido por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (2019), el cultivo de cebada puede ser susceptible al ataque de diversas plagas, las cuales presentan una amenaza significativa tanto para el desarrollo del cultivo como para el rendimiento final de la cosecha. Entre estas plagas se encuentran el gusano

trozador (*Agrotis ipsilon*), el gusano soldado (*Helicoverpa armigera*), la mosca blanca (familia Aleyrodidae), el pulgón del follaje (*Schizaphis graminum*) y el pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*). Cada una de estas entidades biológicas plantea desafíos específicos en el manejo integrado de plagas, requiriendo estrategias que puedan abordar eficazmente su control y mitigación para asegurar la protección del cultivo y la optimización de la producción agrícola.

2.10 INDUSTRIA CERVECERA

2.10.1 La industria cervecera en el Ecuador

Se estima que la primera cervecería en América fue establecida en Ecuador, específicamente dentro del Monasterio de San Francisco de Quito. Esta iniciativa cervecera se desarrolló a partir del año 1566, siendo liderada por el misionero franciscano belga, Fray Jodoco Ricke. Por otro lado, en el contexto ecuatoriano, la marca de cerveza Pilsener ha mantenido una presencia emblemática desde el siglo XVIII. Esta marca, que ha perdurado a través de los siglos, ha sido y continúa siendo elaborada por Cervecería Nacional SA, consolidándose como una tradición cervecera en el país (Peñaherrera, 2013).

Cervecería Nacional (2022) promueve el desarrollo socioeconómico de los agricultores ecuatorianos mediante la implementación del programa "Siembra por Contrato", el cual engloba cultivos esenciales como maíz, arroz y cebada, con el objetivo de catalizar una transformación positiva en las condiciones de vida de los agricultores, potenciando así la economía local y mitigando la necesidad de realizar importaciones elevadas. En cuanto al rendimiento de la cebada, se identifican componentes cruciales que incluyen el rendimiento del grano, evidenciado en variables tales como el número de espigas por metro cuadrado, el número de granos por espiga y el peso de 100 granos. Es relevante destacar que el número de espigas por metro cuadrado se manifiesta como el componente de mayor influencia en el rendimiento de cereales de grano pequeño (Castañeda et al., 2009).

2.10.2 Características de la calidad del grano para su comercial de la cebada cervecera

a) Forma y tamaño

Los granos de forma redondeada exhiben una distribución homogénea de las enzimas y su correspondiente transformación, optimizando la disolución y en consecuencia el extracto. La clasificación del grano según su tamaño emerge como un procedimiento de relevancia, dado que los granos manifiestan comportamientos divergentes durante las fases de remojo y germinación. Esta diferenciación en el comportamiento se atribuye a las variaciones en la absorción de agua y la activación enzimática, lo que, a su vez, puede influir en las tasas y uniformidad de la germinación, subrayando la importancia de una clasificación meticulosa para asegurar un proceso de germinación uniforme y eficiente. (Arias, 1991).

b) Color

El grano de cebada, idealmente, debería exhibir una tonalidad amarillo claro, ya que la presencia de manchas o decoloraciones puede ser indicativa de exposición a condiciones climáticas húmedas. Dichas anomalías cromáticas se asocian frecuentemente con la invasión de patógenos, tales como bacterias u hongos, que pueden comprometer la calidad del grano. Por lo tanto, la evaluación cromática del grano no solo sirve como un indicador de la calidad intrínseca del mismo, sino también como un predictor potencial de la presencia de patógenos, subrayando la necesidad de prácticas de manejo post-cosecha meticulosas para asegurar la integridad y salubridad del grano almacenado (Etchevers, Banasik y Watson, 1976).

c) Peso hectolitro del grano

La densidad aparente, o peso del grano por unidades de volumen, se refiere al peso hectolitro y es influenciada por diversos factores intrínsecos al grano de cebada, incluyendo su forma y uniformidad de tamaño. Además, la estructura biológica y la composición química del grano también desempeñan un papel crucial en la determinación de este parámetro. Es imperativo destacar que la densidad del grano no solo es un indicador de la calidad del mismo, sino que también puede influir en aspectos relacionados con el almacenamiento y procesamiento del grano. Por lo tanto, una comprensión detallada de los factores que influyen en el peso hectolítrico es esencial para optimizar las prácticas de manejo post-cosecha y asegurar la calidad del grano destinado tanto para el consumo humano como para uso industrial (Hoyle et al., 2019).

d) Porcentaje de cáscaras

El porcentaje de materia seca solubilizada en el mosto ejerce una influencia significativa en el rendimiento del extracto de malta obtenido, facilitando la filtración del mosto debido a la mínima solubilización de dicha materia. No obstante, es crucial destacar que las sustancias solubilizadas pueden afectar adversamente el sabor o la estabilidad de la cerveza. Además, es imperativo considerar que el grano no debería presentar más del 7 a 9% de glumelas para asegurar la calidad y las características deseadas del producto final. Este equilibrio entre la solubilización de materia seca y la preservación de las características organolépticas y estabilidades de la cerveza subraya la necesidad de un manejo meticuloso durante el proceso de malteado y elaboración de la cerveza (Arias, 1991).

e) Germinación

Los granos destinados a la germinación deben caracterizarse por un letargo mínimo o inexistente y exhibir una capacidad óptima de absorción de agua, asegurando una germinación que no solo sea rápida, sino también uniforme a través de las muestras. Además, es fundamental que los granos manifiesten una pérdida de peso mínima atribuible a procesos respiratorios y que demuestren una emisión adecuada de raicillas y plúmula. Estas características son imperativas para garantizar la viabilidad y la eficacia del proceso de

germinación, lo que, a su vez, influirá en la calidad del producto final derivado de estos granos, ya sea en aplicaciones de malteado o en otros usos agrícolas e industriales (Carrera et al., 2005).

f) Contenido de almidón

Es imperativo que el grano manifieste un contenido elevado de almidón para garantizar un valor energético destacado, lo cual es indicativo de un rendimiento superior en extracto. Este alto contenido de almidón no solo es un indicador de la calidad intrínseca del grano, sino que también es un predictor vital de la eficacia con la que el grano puede ser utilizado en procesos subsiguientes, tales como la malteación y la fermentación. Por lo tanto, la evaluación del contenido de almidón se convierte en un parámetro crucial en la determinación de la viabilidad del grano para su uso en diversas aplicaciones industriales, asegurando que los procesos de extracción y conversión sean tanto eficientes como económicamente viables (Carrera et al., 2005).

g) Contenido de proteína

Un grano que ostenta un elevado contenido proteico puede mitigar la cantidad de azúcares fermentables generados durante el proceso de molienda, mientras que un contenido proteico bajo podría implicar una insuficiencia de aminoácidos en solución, esenciales para el metabolismo de la levadura. La evaluación entre el contenido proteico y la eficiencia de los procesos de fermentación subraya la importancia de una evaluación meticulosa del perfil proteico del grano, para asegurar no solo la optimización de los procesos fermentativos, sino también para garantizar la calidad y las características deseadas del producto final. Este equilibrio proteico, por lo tanto, se erige como un factor crítico en la selección de granos para aplicaciones en la producción de productos fermentados (Hoyle et al., 2019).

h) Pureza varietal

La ausencia de homogeneidad en los granos puede inducir complicaciones en el proceso de elaboración, resultando en una malta menos uniforme, debido a que distintos genotipos exhiben comportamientos variables durante el malteado, particularmente en lo que respecta a la absorción de agua durante la fase de remojo según Wade, Froment, y Muller (2003). Este aspecto es crucial para el rendimiento de la maltería y la producción cervecera, ya que la uniformidad en las características del grano, tales como el tamaño y la capacidad de absorción de agua, influye directamente en la eficiencia del proceso de malteado y, por ende, en la calidad del producto final. Por lo tanto, asegurar una homogeneidad en las propiedades del grano se erige como un elemento vital para optimizar los procesos de maltería y elaboración cervecera (Wade, Froment, y Muller, 2003).

i) Humedad

Para la preservación adecuada de la cebada, es imperativo considerar meticulosamente las condiciones de humedad y temperatura. En períodos de almacenamiento cortos, la humedad del grano debe mantenerse en aproximadamente el 13%, mientras que, para períodos de almacenamiento más prolongados, es crucial que la humedad no exceda el 12%. Además, se

debe asegurar que la temperatura del entorno de almacenamiento oscila entre 10 y 20 °C. Estas condiciones no solo buscan preservar la integridad física del grano, sino también mitigar el riesgo de deterioro biológico y químico, asegurando así la calidad y viabilidad del grano para su uso futuro en diversas aplicaciones agrícolas e industriales (USDA, 2016).

2.11 MARCO LEGAL

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales

Artículo 281.- Establece el compromiso del Estado de promover la soberanía alimentaria, garantizando una producción agropecuaria sostenible y el acceso a alimentos saludables y nutritivos.

Artículo 282.- Afirma que el Estado promoverá la investigación científica y tecnológica en el sector agropecuario.

LEY ORGÁNICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y FOMENTO AGROECOLÓGICO

Artículo 18.- Regula el desarrollo, producción, y uso de semillas, asegurando que estas sean de calidad y contribuyan a la soberanía alimentaria.

Artículo 51.- Establece directrices para la investigación agroecológica, promoviendo la investigación que favorezca la producción sostenible.

LEY DE DEFENSA CONTRA LOS CULTIVOS ILÍCITOS Y CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

Establece regulaciones y control sobre el uso de productos químicos y sustancias sujetas a fiscalización en actividades agrícolas.

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

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

LEY ORGÁNICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN Y LEY DE SANIDAD VEGETAL

Regula las actividades relacionadas con la prevención, diagnóstico y control de plagas y enfermedades en las plantas y productos vegetales, así como el uso y manejo de plaguicidas de uso agrícola.

Artículo 15.- Promueve la investigación científica y tecnológica como pilar para el desarrollo del país, garantizando la asignación de recursos.

Artículo 26.- Establece que los resultados de las investigaciones deben ser de acceso público, contribuyendo al banco de conocimientos del país.

PLAN DE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES 2021-2025

Objetivo 3: Mejorar la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial, incentivando el acceso a infraestructura adecuada insumos y uso de tecnologías modernas y limpias.

Política 3.1. Mejorar la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial incentivando el acceso a infraestructura adecuada insumos y uso de tecnologías modernas y limpias.

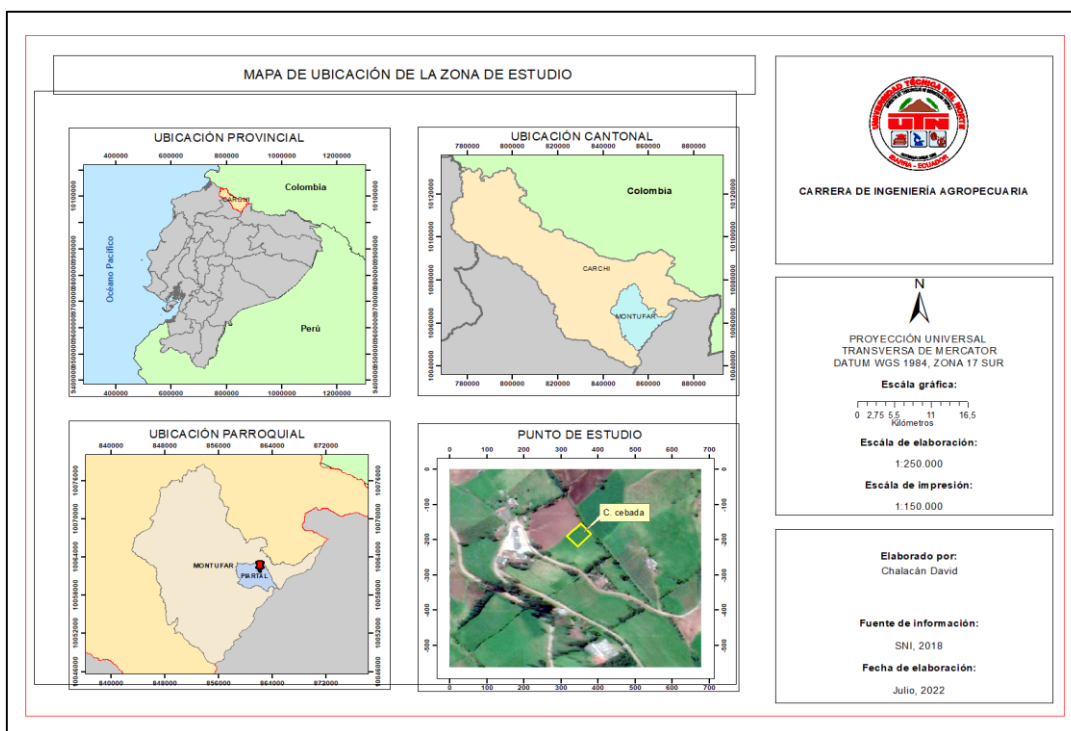
CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación en cuestión se llevó a cabo en la Comunidad San Pedro, ubicada en la Parroquia Piartal, perteneciente al Cantón Montúfar, en la Provincia del Carchi. Geográficamente, se sitúa a una latitud de $77^{\circ}44'50''$ W y una longitud de $33^{\circ}54'33''$ N, a una elevación de 2960 m.s.n.m. El clima de la región, generalmente fluctuante entre 9°C y 19°C , raramente desciende por debajo de los 7°C o asciende por encima de los 21°C . La zona recibe precipitaciones anuales que oscilan entre 750 y 1000 mm, disfruta de una heliofanía de 12 horas por día y experimenta velocidades de viento que promedian entre 8 y 10 km/h. Estas características climáticas y geográficas proporcionan un contexto ambiental específico para la evaluación y análisis de los datos recabados durante el estudio.

Figura 1.
Ubicación geográfica del área de experimentación



3.2 MATERIALES, EQUIPOS, INSUMOS Y HERRAMIENTAS

Las 18 variedades son provenientes de Estados Unidos del banco de germoplasma de la empresa Ab-inbev.

Para ejecutar el siguiente proyecto se debe contar con ciertos materiales, equipos e insumos, que resultan indispensables para llevar a cabo la investigación; debido a que se realizaron

procesos de limpieza del terreno y demás trabajos necesarios para la implementación del mismo (Tabla 1).

Tabla 1.
Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales de oficina	Materiales de capo	Maquinaria	Insumos
Computadora	Estacas	Tractor	18 variedades de cebada
Calculadora	Cinta métrica	Trilladora	Fertilizantes
Registros	Piola		Fungicidas
Celular	Azadón		
Libro de campo	Pala		
	Rastrillo		
	Letreros		
	Fundas		

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Diseño del experimento

En cada una de las localidades se implementó un Diseño Experimental de Parcelas Divididas (DPD) estructurado en Bloques Completos al Azar, compuesto por tres bloques. En este diseño, la parcela principal estuvo constituida por el factor de manejo, mientras que las subparcelas fueron definidas por las distintas líneas de cultivo, resultando en un total de 108 unidades experimentales. Este enfoque metodológico permite una evaluación rigurosa y sistemática de las variables de interés, facilitando una interpretación clara y precisa de los datos obtenidos en el contexto de las condiciones experimentales establecidas. (Figura 2).

Figura 2.
Diseño del experimento de cebada maltera

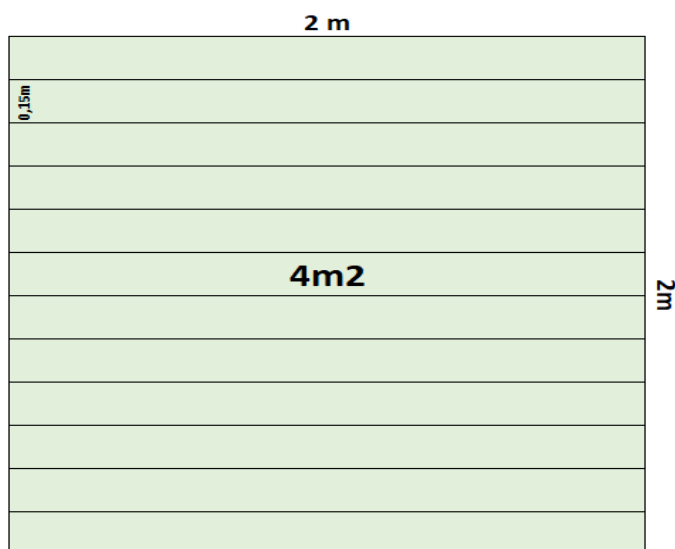
	SIN FUNGICIDA						CON FUNGICIDA					
B1	2IK16-1269	2IK16-1317	2IK16-1324	2IK16-1329	ABI-Voyager	INIAP-Alfa	2IK16-0671	ABI-Voyager	2IK16-1317	2IK16-0816	INIAP-Alfa	2IK16-1329
	2IK16-1239	2IK16-0899	2IK16-0876	2IK16-0821	2IK16-0816	2IK16-0813	2IK16-0665	2IK16-1269	2IK16-1324	2IK16-0899	2IK16-0813	2IK16-0710
	2IK16-0665	2IK16-0671	2IK16-0710	2IK16-0735	2IK16-0804	2IK16-0812	2IK16-0804	2IK16-0821	2IK16-0876	2IK16-0735	2IK16-1239	2IK16-0812
B2	SIN FUNGICIDA						CON FUNGICIDA					
	2IK16-0665	2IK16-0812	2IK16-0813	2IK16-1239	2IK16-1269	INIAP-Alfa	2IK16-1329	2IK16-1269	ABI-Voyager	2IK16-1317	INIAP-Alfa	2IK16-0816
	2IK16-0671	2IK16-0804	2IK16-0816	2IK16-0899	2IK16-1317	ABI-Voyager	2IK16-0876	2IK16-0812	2IK16-0735	2IK16-0899	2IK16-0813	2IK16-0671
B3	SIN FUNGICIDA						CON FUNGICIDA					
	2IK16-0804	2IK16-0813	2IK16-1269	2IK16-0821	2IK16-0816	2IK16-0876	2IK16-0671	2IK16-1329	2IK16-0665	2IK16-1239	2IK16-0813	2IK16-0821
	2IK16-0812	2IK16-1329	ABI-Voyager	INIAP-Alfa	2IK16-1239	2IK16-1317	2IK16-0876	2IK16-1324	2IK16-1269	2IK16-0899	2IK16-0812	2IK16-0735
	2IK16-0899	2IK16-1324	2IK16-0671	2IK16-0710	2IK16-0735	2IK16-0665	2IK16-0804	INIAP-Alfa	2IK16-1317	ABI-Voyager	2IK16-0710	2IK16-0816

3.3.2. Unidad experimental

La unidad experimental fue definida con dimensiones específicas, a cubrir un área total de 4m², estructurada como un cuadrado de 2m x 2m. Esta área incluyó un total de 12 surcos, cada uno separado por una distancia de 0.15m entre sí, como se ilustra en la Figura 3. Este diseño estructural de la unidad experimental permite una distribución uniforme y sistemática de los surcos, facilitando así la implementación de tratamientos y la posterior recolección de datos en el contexto de la investigación.

Figura 3.

Descripción de unidad experimental para el cultivo de cebada



3.3.3 Características del ensayo

La Tabla 2 detalla características específicas utilizadas en el ensayo.

Tabla 2.

Características específicas del ensayo realizado.

Características	Resistencia de enfermedades
Diseño experimental:	Diseño Parcelas Divididas
Número de surcos:	12
Distancia entre surco:	0.15
Distancia entre plantas:	Chorro continuo.
Largo:	2
Ancho:	2
Área unidad experimental:	4 m ²
Tratamientos	36
Repeticiones:	3

3.3.4 Factores en estudio

3.3.4.1 Ensayo de resistencia a enfermedades

FACTOR 1: Manejo de enfermedades

- Sin fungicida
- Con fungicida

FACTOR 2: líneas de germoplasma de cebada maltera (Tabla 3)

Tabla 3.

Descripción de los germoplasmas a evaluar.

N°	Líneas	Genealogía
1	2IK16-0665	2B06-0929 / 2108-3578
2	2IK16-0671	2B07-1467 / 2107-2684
3	2IK16-0710	2B09-3408 / 2B10-4365
4	2IK16-0804	2B11-5166 / 2B12-5351
5	2IK16-0812	2B11-5166 / 2B12-5620
6	2IK16-0821	2B10-4185 / 2B11-5268
7	2IK16-1239	ABI BALSTER / (01-506-6X MP1012) X SIGNORA
8	2IK16-1317	2B09-3408 / (PRISMA X DH1) X CARISMA
9	2IK16-1324	2B09-3531 / (01-506-6X MP1012) X SIGNORA
10	2IK16-1329	2B09-3531 / (SCARLETT X 00-6110) X XANADU
11	2IK16-0899	ANDREIA / C12-1210
12	2IK16-0876	2B11-5231 / C12-1050
13	2IK16-0813	2B11-5166 / 2B12-5629
14	2IK16-1269	2B08-2626 / (CRISTALIA X 06-6182) X SCARLETT
15	2IK16-0816	2B09-3981 / 2B11-5166
16	2IK16-0735	2B10-4162 / 2B10-4365
17	ABI-Voyager	-----
18	INIAP-Alfa	-----

3.3.5 Tratamientos

Los tratamientos asignados para el actual ensayo, enfocado en germoplasmas con gestión de enfermedades, se delimitan detalladamente en la Tabla 4. Este enfoque metodológico busca proporcionar una descripción clara y sistemática de las intervenciones realizadas, facilitando así una comprensión integral de las estrategias de manejo de enfermedades implementadas en el germoplasma bajo estudio.

Tabla 4.*Códigos de cada uno de los tratamientos de evaluación*

N° tratamientos	Código	Líneas
1	CFG1	ConFungicida+2IK16-0665
2	CFG2	ConFungicida+2IK16-0671
3	CFG3	ConFungicida+2IK16-0710
4	CFG4	ConFungicida+2IK16-0804
5	CFG5	ConFungicida+2IK16-0812
6	CFG6	ConFungicida+2IK16-0821
7	CFG7	ConFungicida+2IK16-1239
8	CFG8	ConFungicida+2IK16-1317
9	CFG9	ConFungicida+2IK16-1324
10	CFG10	ConFungicida+2IK16-1329
11	CFG11	ConFungicida+2IK16-0899
12	CFG12	ConFungicida+2IK16-0876
13	CFG13	ConFungicida+2IK16-0813
14	CFG14	ConFungicida+2IK16-1269
15	CFG15	ConFungicida+2IK16-0816
16	CFG16	ConFungicida+2IK16-0735
17	CFT1	ConFungicida+ABI-Voyager
18	CFT2	ConFungicida+INIAP-Alfa
19	SFG1	SinFungicida+2IK16-0665
20	SFG2	SinFungicida+2IK16-0671
21	SFG3	SinFungicida+2IK16-0710
22	SFG4	SinFungicida+2IK16-0804
23	SFG5	SinFungicida+2IK16-0812
24	SFG6	SinFungicida+2IK16-0821
25	SFG7	SinFungicida+2IK16-1239
26	SFG8	SinFungicida+2IK16-1317
27	SFG9	SinFungicida+2IK16-1324
28	SFG10	SinFungicida+2IK16-1329
29	SFG11	SinFungicida+2IK16-0899
30	SFG12	SinFungicida+2IK16-0876
31	SFG13	SinFungicida+2IK16-0813
32	SFG14	SinFungicida+2IK16-1269
33	SFG15	SinFungicida+2IK16-0816
34	SFG16	SinFungicida+2IK16-0735
35	SFT1	SinFungicida+ABI-Voyager
36	SFT2	SinFungicida+INIAP-Alfa

3.3.6 Análisis Estadístico

El análisis de datos se condujo utilizando un esquema de parcelas divididas, tal como se detalla en la Tabla 5. Inicialmente, se efectuó una prueba de normalidad para evaluar la distribución de los datos. En los casos donde los datos se ajustaron a una distribución normal, se implementó una prueba paramétrica, específicamente la prueba LSD-Fisher, aplicada con

un nivel de significancia del 5%. Este enfoque metodológico asegura la aplicación de pruebas estadísticas adecuadas en concordancia con las propiedades distributivas de los datos, permitiendo inferencias robustas y validadas a partir de los resultados obtenidos.

Tabla 5.

Análisis de varianza DPD para ensayo de resistencia a enfermedades.

Fuentes de variación	GL
Bloque	2
Manejo	1
Bloque (Manejo)	2
Líneas	17
Bloque (Líneas)	34
Manejo (Líneas)	34
Error	17
Total	108

3.4 VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables en el estudio fueron evaluadas de acuerdo con las distintas etapas fenológicas del cultivo, como se ilustra de manera detallada en el Anexo 1 adjunto. La evaluación de las variables de interés se llevó a cabo en estricta concordancia con las etapas fenológicas específicas del cultivo. Este enfoque metodológico ha sido diseñado con el propósito de garantizar que cada variable sea examinada, en un contexto fenológico apropiado, lo que proporciona una estructura sistemática para la observación y recopilación de datos a lo largo de las diversas fases del desarrollo del cultivo.

3.4.1 Variables agronómicas

Las variables agronómicas evaluadas dentro de esta experimentación fueron las siguientes:

- a) **Días a Espigamiento:** Se midió a continuación de la emergencia de las aristas. Cuando cada unidad experimental completó el 50% de sus plantas con presencia de espiga, se contó el número exacto de días transcurridos desde la emergencia hasta la fecha por unidad experimental. Se registró los datos en el libro de campo.
- b) **Días a la madurez fisiológica:** Se realizó observación constante de los surcos centrales de cada unidad experimental por cada una de las repeticiones. Número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el endosperma del 80% de los granos de la espiga haya perdido toda coloración verdosa.
- c) **Altura de planta:** Se seleccionó al azar 10 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental por cada una de las repeticiones (Figura 4). De cada planta seleccionada con ayuda de un flexómetro se midió la distancia desde el suelo hasta el ápice de la espiga del tallo más largo, excluyendo las aristas (barbas) y se registró el dato de cada lectura en centímetros (cm) el libro de campo.

Figura 4.

Altura de la planta de cebada maltera



- d) **Número de plantas establecidas:** Se seleccionó al azar los surcos de evaluación de cada unidad experimental por cada una de las repeticiones. En cada surco se colocó un flexómetro de 1 m de largo en el surco y se contaron las plantas emergidas (Figura 5). Se calculó el valor promedio de las plantas emergidas por metro lineal, a partir de las determinaciones realizadas.

Figura 5.

Número de plantas establecidas



- e) **Número de macollos por planta:** El número de macollos fue determinado mediante la selección de tres surcos centrales, abarcando 1 metro lineal, el cual fue debidamente marcado para facilitar un conteo preciso de las plantas establecidas. Cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, es decir, cuando la espiga presentó un grano completamente formado, se procedió a contar las macollas que exhibieron una espiga también completamente formada. Este método asegura una evaluación meticulosa y contextual de la proliferación de macollos en relación con las fases críticas del desarrollo del grano, proporcionando datos pertinentes para la evaluación del rendimiento potencial del cultivo. Finalmente se hizo el siguiente cálculo:

$$N^{\circ} \text{ macollos por planta} = \frac{N^{\circ} \text{ Macollas efectivas}}{N^{\circ} \text{ plantas establecidas}}$$

(Ec.1)

- f) **Hábito de crecimiento:** La evaluación se llevó a cabo aproximadamente a los 45 días después de la siembra (dds), coincidiendo con la fase inicial de macollamiento de las plantas. En este contexto, la postura de las plantas fue clasificada en tres categorías distintivas: postrada, intermedia y erecta. Este enfoque categorial permite una evaluación sistemática de la orientación del crecimiento de las plantas durante una etapa crítica de su desarrollo, facilitando así análisis comparativos y evaluaciones detalladas de las tendencias de crecimiento en las distintas muestras bajo estudio.
- g) **Longitud de la espiga:** Se efectuó una meticulosa medición de las espigas, seleccionando aleatoriamente 10 de ellas de cada unidad experimental. Utilizando un flexómetro, se midió la distancia desde la base de la espiga hasta la arista más prolongada (Figura 6), registrando cada dato obtenido en centímetros (cm) en el libro de campo correspondiente. Este procedimiento asegura una evaluación precisa y sistemática de las dimensiones de las espigas, proporcionando datos cruciales para la evaluación comparativa y el análisis subsecuente de las características morfológicas de las plantas en estudio.

Figura 6.

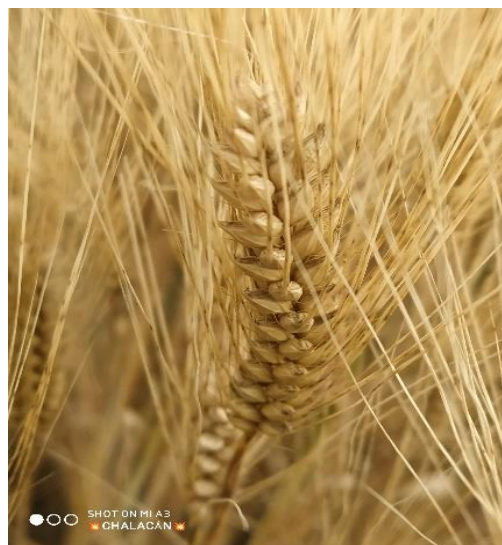
Longitud de espiga de cebada maltera



- h) **Número de granos por espiga:** la cuantificación de los granos por espiga se realizó en la fase en la que el grano ha alcanzado su completa formación (Figura 7). Se seleccionaron, de manera aleatoria, 10 espigas, procediendo a contar meticulosamente los granos presentes en cada una de ellas. Este método de evaluación se implementó para obtener una representación precisa del potencial de producción de grano de las plantas bajo estudio, asegurando así la recopilación de datos robustos y fiables para análisis posteriores en el contexto de la investigación científica.

Figura 7.

Número de granos por espiga de cebada maltera



- i) **Porcentaje de acame del cultivo:** la evaluación se llevó a cabo al comienzo de la fase de maduración, como se detalla en la Tabla 6. La ubicación estratégica seleccionada permitió una observación integral y visual de la unidad experimental en su totalidad. En base a una escala predefinida, se calcula el porcentaje (%) de plantas caídas para cada unidad experimental. Este enfoque garantizó una evaluación rigurosa y sistemática de la proporción de plantas inclinadas en función de los parámetros establecidos, proporcionando datos relevantes para la caracterización de la condición de las plantas en distintas muestras bajo análisis.

Tabla 6.

Escala para determinar porcentaje de acame del tallo

Escala	% porcentaje	Descripción
1	0	Alto nivel de resistente al acame
2	0-30	Medianamente resistente
3	30-45	Medianamente susceptible
4	45-60	Susceptible al acame
5	60-100	Altamente Susceptible al acame

3.4.2 Variables de producción

- a) **Número de granos por espiga:** Se tomó cuando ya el grano está completamente formado. Se seleccionaron tres plantas que sean representativas en los surcos centrales y se contó los granos/espiga.
- b) **Número de espigas efectivas:** Se monitoreó en la época de grano lleno hasta la madurez de cosecha (Figura 14). Se seleccionó al azar un área de 1 ml de los surcos centrales de cada unidad experimental por cada una de las repeticiones. Se contó el número de espigas con al menos un grano formado y se registró los datos en el libro de campo, como número de espigas efectivas/ml.
- c) **Peso de mil granos:** Se seleccionaron granos de las espigas cosechadas para medir el número de granos por espiga y determinar la humedad de los granos. Se tomó una muestra de 1000 granos y se realizó tres repeticiones independientes. Luego, cada una de estas repeticiones de 1000 granos fue pesada utilizando una balanza de precisión, como se ilustra en la Figura 8.

Figura 8.

Peso de mil granos de cebada maltera



- d) **Rendimiento:** Se procedió a medir el peso de todos los granos cosechados de cada unidad experimental, asegurándose de no descartar ningún grano proveniente de la cosecha, como se observa en la Figura 9. Además, se registró la información correspondiente a la humedad de los granos obtenidos de cada unidad experimental.

Figura 9.

Rendimiento de cebada maltera



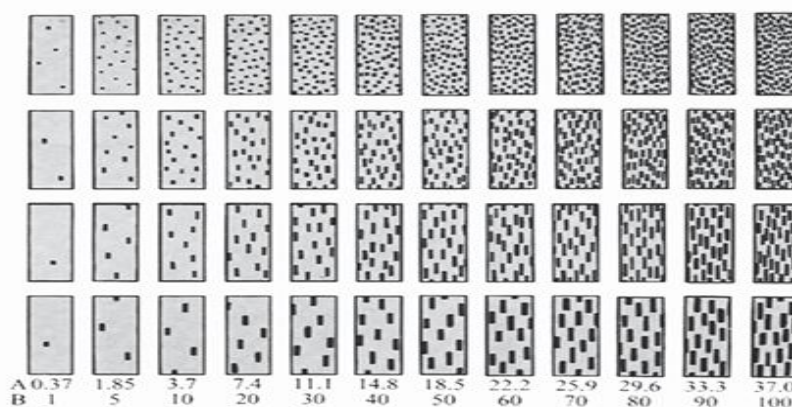
e) **Monitoreo de enfermedades:** La evaluación de enfermedades se realizó en estados de desarrollo fenológico, en la etapa de encañado y, en la etapa de espigamiento. La evaluación de enfermedades se llevó a cabo en diferentes estados de desarrollo fenológico de la planta, centrándose principalmente en las etapas de encañado y espigamiento. Este enfoque permitió analizar la susceptibilidad de la cebada a las enfermedades en momentos críticos de su ciclo de crecimiento, proporcionando información valiosa para la gestión de plagas y enfermedades en el cultivo.

- **Evaluación de roya (*Puccinia hordei*)**

En cuanto a las royas, se procedió a registrar el porcentaje de severidad utilizando la escala de Cobb modificada, que varía de 0% a 100%, como se ilustra en la Figura 10. Este método de evaluación se aplicó tanto para la roya amarilla como para la roya de la hoja, permitiendo una medición precisa de la intensidad de estas enfermedades en las muestras analizadas. La escala de Cobb modificada es una herramienta estándar ampliamente reconocida en la caracterización de la severidad de las royas en los cultivos de cereales.

Figura 10.

Escala modificada de Cobb para evaluación de royas.



Fuente: Control químico de enfermedades INIA (1996)

- **Virosis (*Rhynchosporium spp.*)**

Para cuantificar esta variable, se empleó la escala de Saari-Prescott, una herramienta de evaluación de enfermedades que se deriva de las directrices establecidas por el CYMMYT en 1987. En esta escala, se asigna un valor de 0 en ausencia total de la enfermedad, mientras que el valor 9 se utiliza para indicar la presencia de la enfermedad en su máxima expresión en toda la planta, como se representa en la Figura 11. Esta escala permite una evaluación precisa de la extensión y severidad de las enfermedades en el cultivo de cebada, siguiendo un estándar reconocido en la comunidad científica.

Figura 11.

Escala de Saari-prescott (0-9) para evaluar severidad de enfermedades foliares en cebada

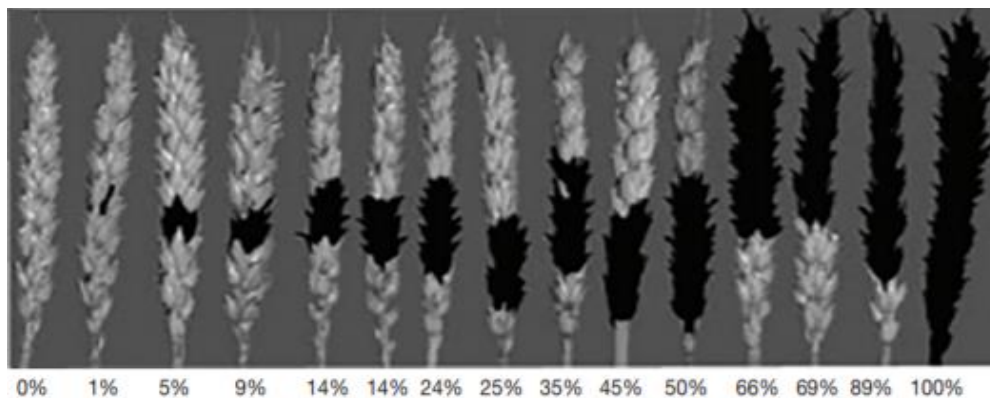


- **Carbón (*Ustilago hordei*)**

La severidad del carbón en cebada fue medida mediante una herramienta crucial para los agrónomos y científicos de plantas, permitiendo una evaluación cuantitativa y cualitativa de la presencia de esta enfermedad fúngica en los cultivos. La escala de severidad involucra una evaluación visual, donde los síntomas de la enfermedad, como las esporas negras y la deformación de las espigas, se califican en un rango, por ejemplo, de 1 (sin síntomas) a 9 (infección severa). La utilización de esta escala permitió cuantificar el impacto de la enfermedad en los campos de cebada (Mathre, DE, 1997).

Figura 12.

Escala para evaluar severidad de carbón en cebada



Fuente: INIAP, 2019

Por otra parte, se procedió a recolectar información de cada actividad que realicemos, así mismo los insumos y extras y presupuestar su valor versus al manejo.

3.5 MANEJO DE ENSAYO

3.5.1 Preparación del suelo

La preparación del terreno constituyó una fase crítica en el proceso agrícola, para la cual se implementó una estrategia meticulosa de laboreo. Inicialmente, se efectuaron dos pasos de arado, seguidos de dos adicionales de rastra, utilizando un tractor como medio mecanizado para asegurar una remoción integral del suelo. Este procedimiento no solo facilitó una adecuada aireación y mezcla del sustrato, sino que también promovió el análisis de las malezas existentes, mitigando así su interferencia potencial en el crecimiento de los cultivos subsiguientes. Esta preparación del terreno se fundamenta en principios agronómicos que buscan optimizar las condiciones del suelo para la siembra, considerando variables como la estructura, la porosidad y la supresión de organismos competidores.

Figura 13.

Preparación del terreno, arado de forma mecánica con ayuda de tractor.



3.5.2 Fertilización

Para garantizar una fertilización óptima y adaptada a las necesidades específicas del cultivo de cebada, se llevó a cabo un exhaustivo análisis edáfico. Los resultados obtenidos de este análisis proporcionarán información detallada sobre las características y deficiencias nutricionales del suelo, permitiendo así formular con precisión las dosis de fertilizantes requeridas. Durante la etapa de siembra, se priorizó la aplicación de fertilizantes ricos en potasio (K) y fósforo (P), dada su relevancia en las fases iniciales del desarrollo vegetal. Posteriormente, en la fase de macollamiento, se procedió a la incorporación de nitrógeno (N), esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de la cebada, optimizando así su rendimiento y calidad.

Tabla 7.
Dosis de fertilización del ensayo

Época de aplicación	Nutrientes	Análisis de suelo (kh/ha)	Requerimiento del cultivo (kg/ha)	Dosis de Fertilización (kg/ha)	Dosis en ensayo(kg)
Siembra	N-P-K	21-1-20	70.56-3.36-67.2	166.60 (18-46-0)	83.24 g (18-46-0 +sulpomag)
Macollamiento	N (urea)				3 kg

Figura 14.
Fertilización de cebada maltera



3.5.3 Siembra

La siembra se ejecutó manualmente, empleando una técnica de distribución uniforme de las semillas mediante un método de chorro continuo, asegurando así una dispersión homogénea

a través de cada parcela individualmente. Posteriormente, se procedió a una cuidadosa remoción del suelo utilizando un azadón, con el objetivo de proporcionar una cobertura adecuada a las semillas y promover condiciones óptimas para su germinación y desarrollo inicial. Este método de siembra y cobertura del sustrato se fundamentó en prácticas agrícolas que buscan maximizar la eficiencia de la germinación mediante la optimización de la interacción semilla-suelo, garantizando un contacto efectivo y protección de las semillas durante las fases críticas de emergencia y establecimiento del cultivo.

Figura 15.

Siembra de cebada maltera de forma manual simulando la máquina sembradora.



3.5.4 Control de malezas

El manejo de malezas se efectuó mediante intervenciones manuales, implementando técnicas de desmalezado que permiten mitigar la competencia biológica en las etapas iniciales del cultivo. En circunstancias en las que la presión de las malezas exceda un umbral crítico, se contempló la aplicación de un herbicida selectivo, cuya intervención estuvo programada para ejecutarse entre los 20 y 30 días subsiguientes a la siembra. Esta estrategia de control integrada de malezas se fundamentó en principios de manejo sostenible, donde las prácticas manuales se priorizan inicialmente y las intervenciones químicas se reservan para

situaciones en las que el control manual no es suficientemente efectivo, asegurando así la protección del cultivo mientras se minimiza el impacto ambiental.

Figura 16.

Aplicación de herbicida



3.5.5 Colocación de nombres

Se asignaron denominaciones específicas a cada unidad experimental con el objetivo de facilitar una identificación inequívoca de cada repetición dentro del marco del experimento. Este proceso de etiquetado se llevó a cabo para asegurar la trazabilidad y la integridad de los datos recolectados durante toda la duración del estudio. La implementación de un sistema de nomenclatura preciso y coherente es fundamental en la investigación experimental para garantizar que los resultados y observaciones puedan ser atribuidos de manera confiable a las condiciones y variables específicas de cada unidad experimental, así permitiendo análisis y comparaciones válidas y reproducibles dentro del contexto científico del estudio.

Figura 17.
Colocación de letreros en el experimento



3.5.6 Colocación del letrero

Se instaló un letrero principal, en el cual se consignaron meticulosamente todos los datos pertinentes respecto al estudio ejecutado. Esta acción no solo proporcionó una referencia visual y contextual inmediata, sino que también aseguró que la información crucial acerca de la investigación, tales como el título del estudio, los investigadores involucrados, y las fechas clave, estarían claramente visibles y accesible en el sitio de la investigación.

Figura 18.
Colocación del Letrero principal



3.5.7 Implementación de Espantapájaros en el Cultivo

Se implementó un sistema de disuasión de aves, utilizando espantapájaros complementados con CD, distribuidos estratégicamente a lo largo de toda la extensión del cultivo. La incorporación de CD, cuyas superficies reflectantes tienen la capacidad de generar destellos de luz al incidir la luz solar, se empleó con el objetivo de potenciar el efecto disuasorio de los espantapájaros, creando un entorno visualmente perturbador para las aves y, por ende, mitigando su presencia y potencial impacto negativo en el cultivo. Esta táctica se fundamentó en la integración de métodos no invasivos y ambientalmente seguros para gestionar la interacción entre la fauna silvestre y los entornos agrícolas, asegurando así la protección del cultivo sin comprometer la biodiversidad del ecosistema circundante.

3.5.8 Cosecha de cebada

La cosecha se llevó a cabo de manera manual, empleando una hoz como herramienta fundamental para facilitar la recolección en cada una de las unidades experimentales. Este método tradicional de cosecha, que implica una recolección selectiva y cuidadosa de los productos, se implementó con el objetivo de minimizar el daño potencial a los especímenes y asegurar la integridad de los datos resultantes del experimento. La adopción de este manual técnico, aunque laboriosa, permitió un control meticuloso sobre la selección de los productos cosechados, garantizando que solo los especímenes que cumplieran con los criterios preestablecidos fueran incluidos en las fases subsecuentes de análisis y evaluación dentro del estudio científico.

Figura 19.

Cosecha de cebada un saco para cada unidad experimental



3.5.9 Trilla

Se efectuó la trilla utilizando una máquina trilladora, seguida de un meticuloso proceso de separación de impurezas, en el cual se empleó el viento como medio para discernir y eliminar partículas indeseadas. La utilización de la máquina trilladora permitió una extracción eficiente de los granos, mientras que la técnica de venteo, una práctica agrícola tradicional, facilitó la eliminación de impurezas residuales, cuentos como paja y otros detritos, mediante la explotación de las diferencias de peso entre los granos y las partículas no deseadas. Este enfoque bifásico para la post-cosecha aseguró que el producto final estuviera significativamente libre de contaminantes, optimizando así la calidad del grano para usos subsiguientes y análisis dentro del contexto del experimento científico.

Figura 20.

Trilla y eliminación de impurezas de forma artesanal



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Comunidad San Pedro, perteneciente al cantón Montúfar, se evaluó de 18 líneas de germoplasma de cebada maltera, tanto en condiciones con aplicación como sin aplicación de fungicidas, con el objetivo de controlar diversas enfermedades. Se analizaron múltiples variables que influyen directamente en el componente de rendimiento de la cebada, incluyendo el rendimiento de grano, el número de espigas por metro cuadrado, el número de granos por espiga y el peso de 100 granos, entre otros indicadores cruciales que facilitan la identificación del nivel de rendimiento. Cabe destacar que la variedad o línea de cebada sembrada se erige como un factor determinante, influyendo de manera significativa en los resultados obtenidos en el contexto del experimento científico desarrollado.

4.1 DÍAS A LA EMERGENCIA

El análisis estadístico de la variable días a la emergencia en diversas líneas reveló que no se identifican diferencias significativas entre los grupos evaluados. Específicamente, el valor $0.1025 > p\text{-value}$. Este resultado sugiere que, bajo los niveles de significancia establecidos, las variaciones observadas en los días a la emergencia entre las líneas pueden ser atribuibles a la variabilidad inherente y no a diferencias sistemáticas entre las categorías evaluadas (Tabla 8). El análisis de la variable días a la emergencia en las líneas demostró que no existe diferencia significativa.

Tabla 8.

ADEVA de días a la emergencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	1.06	0.4089
Tratamiento	1	70	0.36	0.5498
Línea:Tratamiento	17	70	1.55	0.1025

La Tabla 9 ilustra que la línea 2IK16-1317 se destacó por su precocidad, manifestando una emergencia a los 6 días dentro del conjunto de líneas de cebada tratadas con fungicida. En contraste, la variedad ABI-Voyager presentó el valor temporal superior, con 7 días, en el mismo contexto de tratamiento fungicida. Es relevante mencionar que este último valor se encuentra en proximidad con el promedio de 6.33 días, calculado a partir de las 18 líneas estudiadas, y que incluye a las variedades 2IK16-0710, 2IK16-0816, 2IK16-0735, INIAP-Alfa, 2IK16. - 0813, 2IK16-0804 y 2IK16-1269.

En cuanto al manejo de las variables sin aplicación de fungicida, la variedad ABI-Voyager y las líneas (2IK16-1324, 2IK16-0735 y 2IK16-0665) se identifican como las más precoces, emergiendo a los 6 días. Por otro lado, las líneas 2IK16-1329, INIAP-Alfa, 2IK16-1269 y 2IK16-0804 se caracterizaron por ser las más tardías, con una emergencia registrada a los 7

días. Este último valor se aproxima al promedio de 6.33 días, observado en las líneas 2IK16-0899, 2IK16-0812 y 2IK16-0821, y calculado a partir del total de las 18 líneas de cebada analizadas en el estudio sin fungicida.

Tabla 9.
Días a la emergencia

	Factores	Variable	Media	E.E.
Factor 2	2IK16-0665	diasemerg	6.33	0.21
	2IK16-0671	diasemerg	6.67	0.21
	2IK16-0710	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-0735	diasemerg	6.17	0.17
	2IK16-0804	diasemerg	6.67	0.21
	2IK16-0812	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-0813	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-0816	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-0821	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-0876	diasemerg	6.67	0.21
	2IK16-0899	diasemerg	6.50	0.22
	2IK16-1239	diasemerg	6.67	0.21
	2IK16-1269	diasemerg	6.67	0.21
	2IK16-1317	diasemerg	6.33	0.21
	2IK16-1324	diasemerg	6.00	0.00
	2IK16-1329	diasemerg	6.83	0.17
	ABI-Voyager	diasemerg	6.50	0.22
	INIAP-Alfa	diasemerg	6.67	0.21
Factor 1	Con fungicida	diasemerg	6.48	0.07
	Sin fungicida	diasemerg	6.54	0.07

En la Tabla 9 se evidencia que ciertas líneas manifiestan un rango de emergencia de 6 a 7 días, cifras que se posicionan por debajo de las reportadas por Carrillo y Minga (2021) en la estación experimental Tunshi, Chimborazo, donde se registraron periodos de 8 y 10 días para la emergencia. Es plausible considerar que estas discrepancias puedan atribuirse a las condiciones edafoclimáticas y altitudinales particulares de cada localidad; Tunshi al tener un clima que oscila entre los 15°C-17°C y se encuentra a 2718m.s.n.m. mientras que San Pedro cuenta con una temperatura media anual que varía entre los 11°C-13°C a una altitud de 2980m.s.n.m., lo cual atribuye una diferencia de 1°-3° centígrados y 252m.s.n.m entre las dos localidades. Esta hipótesis halla respaldo en el trabajo de Amaguaya y Suárez (2022), quienes, al evaluar 144 líneas de cebada maltera, obtuvieron una media de 8 días para la emergencia, subrayando que este valor se alinea con indicadores de calidad, dado que la emergencia debería situarse en un 97% tras los 10 DDS, en líneas evaluadas bajo condiciones de suelo similares en términos de humedad y temperatura, y en interacción con el ambiente.

Estos hallazgos son similares a los obtenidos en la investigación de Flores (2023), quien, al investigar 3 líneas de cebada en la parroquia de Chaltura, reportó valores de emergencia

comprendidos entre 6 y 8 días, reafirmando la variabilidad observada en distintos contextos de estudio.

4.2 NÚMERO DE PLANTAS POR m²

A través de la evaluación del número de plantas por metro cuadrado, utilizando una metodología de medición previamente establecida, se identificó que la variable presentó un valor $0.0439 < p\text{-value}$. Por lo tanto, se confirma la existencia de diferencias significativas entre el número de plantas por metro cuadrado y las líneas de cebada evaluadas (Tabla 10). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en su capacidad de establecimiento o en sus tasas de emergencia, lo cual es un aspecto crucial para la optimización de prácticas culturales y la selección de líneas en programas de mejora genética.

Tabla 10.

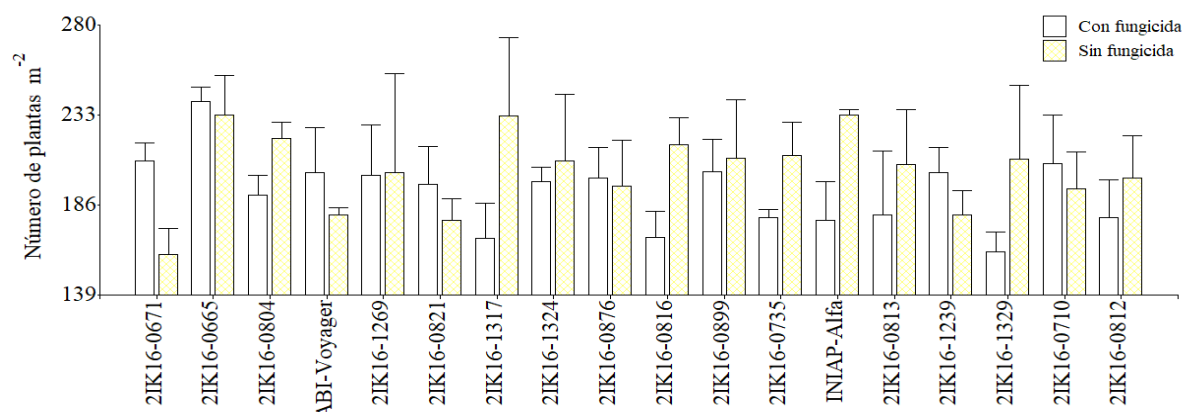
ADEVA de número de plantas por m²

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	0.59	0.8898
Tratamiento	1	70	2.52	0.1169
Línea:Tratamiento	17	70	1.03	0.0439

La Figura 21 ilustra que, dentro del conjunto de líneas de cebada tratadas con fungicida, la línea 2IK16-0665 registró la densidad poblacional más elevada, alcanzando las 240 plantas por m², mientras que la línea 2IK16-1329 exhibió la menor densidad, con 161.33 plantas por m². Es pertinente destacar que la línea 2IK16-0804, con una densidad de 191 plantas por m², se alinea con el valor medio de densidad poblacional observado entre las 18 líneas evaluadas.

En el contexto de las variables manejadas sin fungicida, la variedad INIAP-Alfa se distinguió por registrar la mayor densidad poblacional, con 233 plantas por m², mientras que la variedad 2IK16-0671 presentó la menor densidad, con 160 plantas por m². Este último valor se aproxima al promedio de 202.303 plantas por m², representado de manera cercana por la línea 2IK16-1269, que registró una densidad de 203 plantas por m², dentro del conjunto de las 18 variables de cebada analizadas en el estudio sin fungicida. La interpretación de estos resultados debe considerar la variabilidad inherente a las condiciones experimentales y el contexto agronómico específico de cada línea evaluada.

Figura 21.
Número de plantas por m².



Amaguaya y Suárez (2022) reportaron datos inferiores en su estudio, en el que evaluaron 144 líneas de cebada, identificando a la 2IK16-0821 como una de las líneas destacadas, con una media de 172 plantas/ m². Esta cifra es menor en 19 y 30 plantas/ m² en comparación con los tratamientos con y sin fungicida, respectivamente, en el presente estudio.

Por otro lado, la investigación conducida por Flores (2023) revela valores que guardan similitud con los de este estudio, oscilando entre 160 y 230 plantas/ m². Además, Millares (2014) establece que en países andinos y del cono sur, como Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay y Uruguay, se observa una cierta coherencia en los datos relacionados con la cebada cervecera, independientemente de la época de siembra y con temperaturas promedio de 5 a 12°C. Esta coherencia se mantiene dependiendo del sistema de siembra y la localidad, con un promedio de 150-300 plantas/ m², un rango dentro del cual se sitúan los resultados del presente estudio.

4.3 DÍAS AL ENCAÑADO

El análisis de la variable días al encañado en las líneas de cebada reveló $p < 0.0439$, indicando la existencia de diferencias significativas entre las líneas de cebada evaluadas respecto a los días al encañado (Tabla 11). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en su desarrollo fenológico, específicamente en la fase de encañado, lo cual es un aspecto crucial para la optimización de prácticas culturales y la selección de líneas en programas de mejora genética.

Tabla 11.
ADEVA de días al encañado en los diferentes factores de estudio.

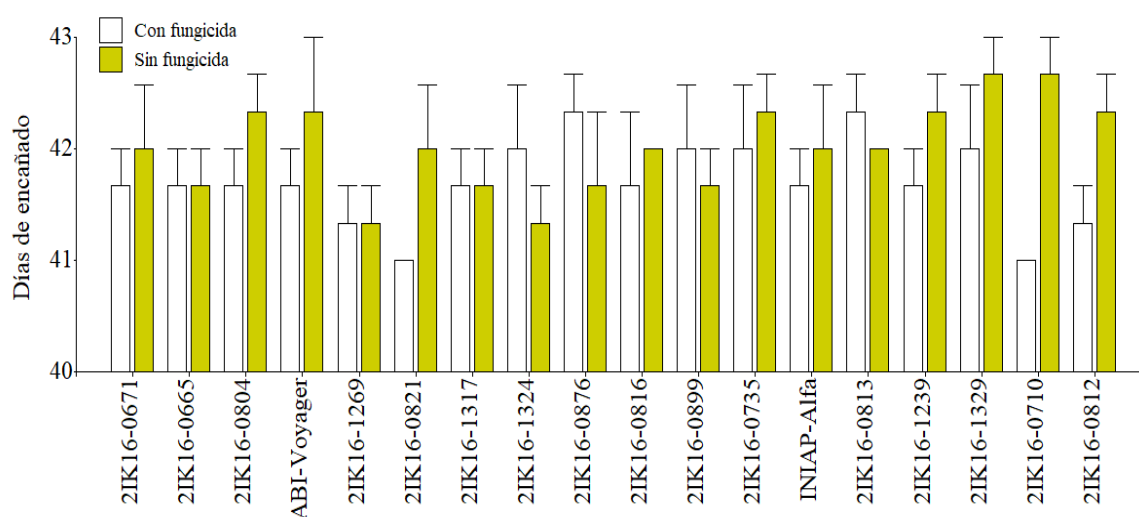
Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	0.7	0.7889
Tratamiento	1	70	5.26	0.0248
Línea:Tratamiento	17	70	1.1	0.0439

En la Figura 22 se evidencia que la línea 2IK16-0710 con 41 días fue la que obtuvo el valor más precoz entre la línea de cebada con fungicida, mientras que, el valor más tardío para esta línea con fungicida fue 2IK16-0876 con 42.33 días, valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0735 con 42 días debido a que la línea mencionada cumple con el valor de la media entre las 18 líneas estudiadas.

Para el manejo de las variables sin fungicida la variable que obtuvo el valor más precoz fue la línea 2IK16-1269 con 41.33 días, mientras que, el valor más tardío para esta línea sin fungicida fue 2IK16-1329 con 42.67 días, valor que está cerca de la media (2IK16-0671, 2IK16-0813, 2IK16-0816, 2IK16-0821 e INIAP-Alfa con un total de 42 días entre las 18 variables de cebada estudiadas.

Figura 22.

Días al encañado en las diferentes líneas evaluadas.



Datos semejantes se observan en la investigación conducida por Flores (2023), quien registró una media de 46 días para alcanzar la etapa de encañado en tres líneas de cebada maltera. Esta evidencia es corroborada por Suárez (2010), quien, en su estudio sobre el comportamiento agronómico de seis líneas de cebada en Santa Elena, documentó una media de 49 días para llegar a la fase de encañado de la cebada. La similitud en los resultados de ambos estudios refuerza la consistencia de los hallazgos y proporciona un marco de referencia sólido para la comparación de manera especial en la relación de los meses con mayor precipitación y análisis de futuras investigaciones en el ámbito del desarrollo fenológico de la cebada.

4.4 DÍAS AL EMBUCHAMIENTO

El análisis de la variable días al embuchamiento en las líneas de cebada reveló $0.9963 > p$ -value, lo cual indica que no existen diferencias significativas entre las líneas evaluadas respecto a los días al embuchamiento (Tabla 12). Este resultado sugiere que, en el contexto de los niveles de significancia establecidos, las variaciones observadas en los días al embuchamiento entre las

líneas pueden ser atribuibles a la variabilidad inherente y no a diferencias sistemáticas entre las categorías evaluadas.

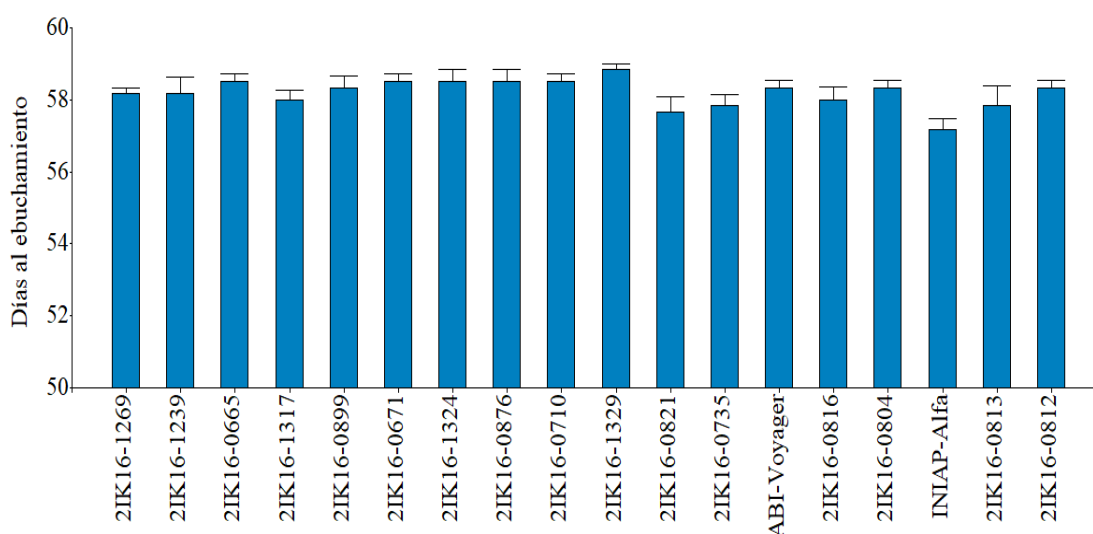
Tabla 12.
ADEVA de días al embuchamiento.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	1.53	0.111
Tratamiento	1	70	6.73	0.0116
Línea:Tratamiento	17	70	0.3	0.9963

La Figura 23 ilustra que, dentro del conjunto de líneas de cebada tratadas con fungicida, la variedad INIAP-Alfa y la línea 2IK16-1329 tuvieron una diferencia de dos días al embuchamiento; INIAP-Alfa se distinguió por su precocidad, alcanzando los 57 días para llegar al embuchamiento, mientras que la línea 2IK16-1329 exhibió el periodo más prolongado, con 59 días. Es pertinente destacar que la línea 2IK16-0812, con un periodo de 58 días, se alinea con el valor medio de días al embuchamiento observado entre las 18 líneas evaluadas.

En el contexto de las líneas manejadas sin fungicida, la variedad INIAP-Alfa registró nuevamente el período más corto para alcanzar el embuchamiento, con 57.33 días, mientras que la línea 2IK16-0710 presentó el período más largo, con 58.67 días. Este último valor se aproxima al promedio de 58.67 días, observado en la línea 2IK16-0710, dentro del conjunto de las 18 líneas de cebada analizadas en el estudio sin fungicida, lo que demuestra de que a pesar de que se encuentran diferencias en los días al embuchamiento, no son significativas entre las variedades.

Figura 23.
Días al embuchamiento.



4.5 DÍAS A ESPIGAMIENTO

A través del análisis de la variable días al espigamiento en las líneas de cebada maltera, se identificó $0.0389 < p\text{-value}$, indicando la existencia de diferencias significativas entre las líneas de cebada evaluadas respecto a los días al espigamiento (Tabla 13). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en su desarrollo fenológico, específicamente en la fase de espigamiento, lo cual es un aspecto crucial para la optimización de prácticas culturales y la selección de líneas en programas de mejora genética.

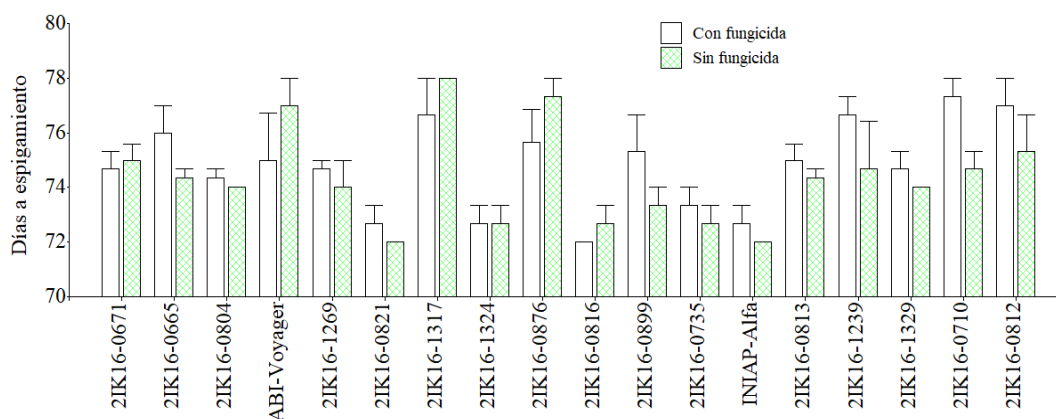
Tabla 13.
ADEVA de días al espigamiento.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	7.26	<0.0001
Tratamiento	1	70	2.9	0.0931
Línea:Tratamiento	17	70	1.27	0.0389

La Figura 24 ilustra que, en el contexto de las líneas de cebada tratadas con fungicida, la línea 2IK16-0816 se destacó por su precocidad, alcanzando los 72 días hasta el espigamiento, mientras que la línea 2IK16-0710 exhibió el periodo más prolongado, con 77.33 días. Es relevante mencionar que la línea 2IK16-0671, con un periodo de 74.67 días, se alinea con el valor medio de días al espigamiento observado entre las 18 líneas evaluadas.

En cuanto a las líneas manejadas sin fungicida, la línea 2IK16-0821 registró el período más corto para alcanzar el espigamiento, con 72 días, mientras que la línea 2IK16-1317 presentó el período más largo, con 78 días. Este último valor se aproxima al promedio de 74.33 días, observado en la línea 2IK16-0665, dentro del conjunto de las 18 líneas de cebada analizadas en el estudio sin fungicida. La interpretación de estos resultados consideró las variaciones entre las líneas de manera central 2IK16-021 e Iniap alfa sin aplicación de fungicida y 2IK16-0816 con fungicida, fueron las líneas con los valores bajos en relación a las demás líneas.

Figura 24.
Días al espigamiento.



En relación con la línea 2IK16-1329, se registró un período de 74,33 días hasta el espigamiento, una métrica que presenta discrepancias con los hallazgos de Amaguaya y Suarez (2022). En su investigación, estos autores reportaron 79 días para la misma línea y 58 días para la línea 2IK16-0821, siendo esta última inferior en 14 días a los resultados obtenidos en la presente investigación. Orrala y Orrala (2020) también documentaron datos divergentes, encontrando una media general de 63,8 días para 120 líneas evaluadas, donde factores exógenos al germoplasma, tales como temperatura, suelo y riego, podrían haber influido en la uniformidad de todas las líneas. De manera similar, Flores (2023) reportó valores que oscilan entre 59 y 66 días en tres variedades de cebada Caluguillin (2023), en su estudio de 144 líneas,

Esta información contrasta con los resultados de Cajamarca y Montenegro (2015), quienes, en tres localidades de la sierra sur ecuatoriana, registraron promedios de 81.88; 83.58 y 86.1 días al espigamiento, respectivamente. Es imperativo señalar que sus resultados fueron directamente influenciados por factores ambientales de manera central en los valores medios en relación a la temperatura de las localidades.

4.6 DÍAS A FLORACIÓN

La evaluación de la variable días a floración en las líneas de cebada estudiadas reveló, $0.0357 < p\text{-value}$ indicando la existencia de diferencias significativas entre las líneas evaluadas respecto a los días. una floración (Tabla 14). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en su desarrollo fenológico, específicamente en la fase de floración, lo cual es un aspecto crucial para la optimización de prácticas culturales y la selección de líneas en programas de mejora genética.

Tabla 14.

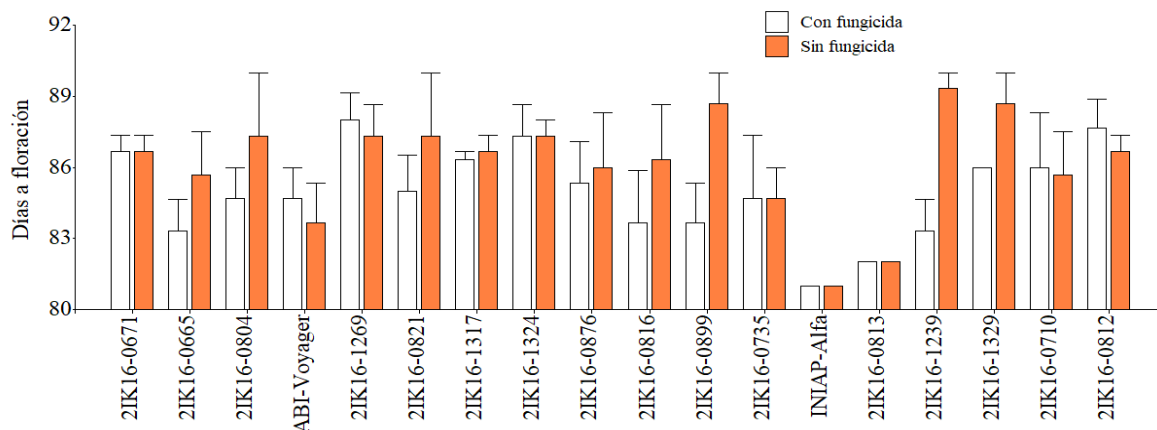
ADEVA de la variable días a floración de las 18 líneas de cebada maltera.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Línea	1	70	2.92	0.0009
Tratamiento	17	70	5.91	0.0176
Línea:Tratamiento	17	70	0.94	0.0357

En la Figura 25 se evidencia que la variedad INIAP- ALFA fue más precoz tanto en el manejo con y sin fungicida en presentar la etapa de floración a los 81 días y la más tardía fue la línea 2IK16-1269 a los 88 días, datos que indican una diferencia de 7 días, valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0821 con 85 días debido a que la variedad mencionada cumple con el valor de la media entre las 18 líneas estudiadas.

INIAP-ALFA (Sin manejo con fungicida) a los 81 días y la más tardía la línea 2IK16-1239 a los 89.33 días valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0876 con 86 días debido a que la línea mencionada cumple con el valor de la media entre las 18 líneas estudiadas.

Figura 25.
Días a la floración.



Datos inferiores a los mencionados encontraron Amaguaya y Suarez (2022), ya que la línea 2IK16-1269 en su estudio obtuvo 77 días a la floración, mientras que la línea 2IK16-0821 alcanzó la floración a los 63 días considerándose así una de las más precoces, se estima que estos datos tienen esa gran variación debido a las condiciones edafoclimáticas como el fotoperiodo natural que presenta la provincia de Santa Elena, cabe mencionar que de las 144 líneas de cebada maltera que evaluaron obtuvieron como media general 82.61 días a la floración. Lo que concuerda con González et al. (2017) quienes mencionan que la localidad es un factor muy importante para el desarrollo agronómico del cultivo, en su investigación donde evaluaron varias localidades se determinó que Cervamex ubicada en México es la localidad más precoz con 57 días a la floración. De igual forma Caluguillin (2023) encontró valores de 64 hasta 79 días en 144 líneas de cebada maltera estudiadas en Chaltura provincia de Imbabura.

También en la evaluación realizada por Navarrete, (2015) en diferentes líneas experimentales de cebada maltera se presentaron promedios de días a la floración que varían entre 48 y 77 días. Cabe mencionar que el fotoperiodo es un factor importante, ya que en el caso de la cebada el proceso de floración se acelera en respuesta a incrementos en la duración del día, si se llega a presentar foto periodos menores a 8 o 10 horas, la floración no ocurrirá de ninguna manera, es por ello que dependiendo la zona en donde esta se encuentre la floración puede ser más larga o corta dependiendo las condiciones del ambiente (Grignola, 2018). Datos con un intervalo más cerrado se encontraron en la presente investigación 72 a 78 días independientemente de las variedades y la aplicación o no de fungicida.

4.7 NÚMERO DE MACOLLOS ESTABLECIDOS

A través de la evaluación del número de macollos establecidos en las 18 líneas de cebada, se identificó $0.0403 < p\text{-value}$, indicando la existencia de diferencias significativas entre las líneas evaluadas en relación con el número de macollos establecidos (Tabla 15). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada presentan variabilidad en su capacidad para establecer macollos, lo cual es un aspecto fundamental para la optimización de prácticas agronómicas y la selección de líneas en programas de mejora genética.

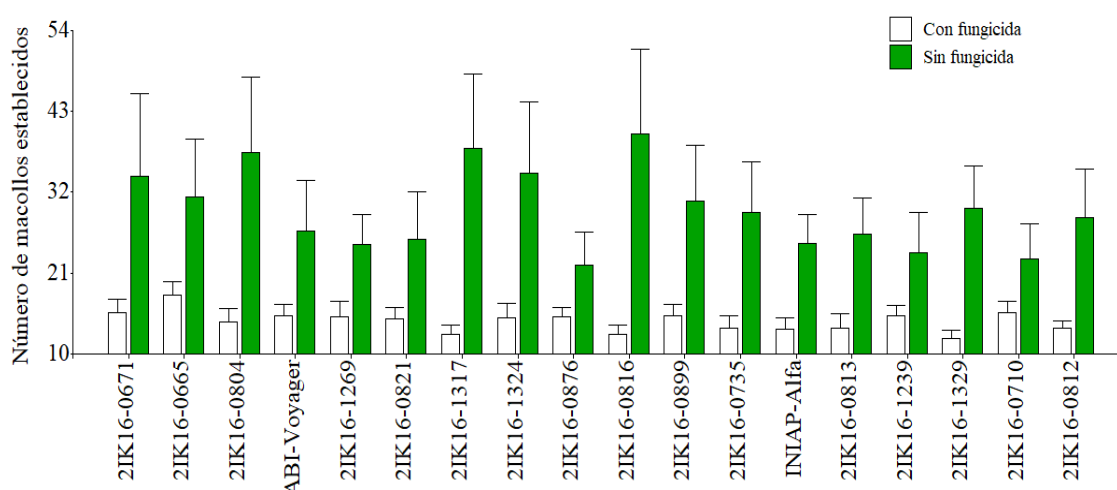
Tabla 15.*ADEVA de la variable número de macollos establecidos*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	286	0.75	0.7501
Tratamiento	1	286	110.36	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	286	0.96	0.0403

La Figura 26 ilustra que la línea 2IK16-0665 registró el valor más elevado de número de macollos establecidos, con 18, entre las líneas de cebada tratadas con fungicida. En contraste, la línea 2IK16-1329 presentó el valor más bajo en esta categoría, con 12.11 macollos establecidos. Es pertinente destacar que la línea 2IK16-0804, con 14.33 macollos establecidos, se alinea con el valor medio observado entre las 18 líneas evaluadas.

En cuanto al análisis de las líneas sin aplicación de fungicida, la línea 2IK16-0816 se destacó por el valor más alto de macollos establecidos, con 40, mientras que la línea 2IK16-0876 registró el valor más bajo, con 22.11 macollos establecidos. Este último valor se aproxima al promedio de 28.56 macollos establecidos, observados en la línea 2IK16-0812, dentro del conjunto de las 18 líneas de cebada analizadas en el estudio sin fungicida.

De esta manera se evidenció que tras la aplicación de fungicida todas las líneas y variedades presentaron una cantidad menor a veinte macollos por planta siendo (2IK16-0816 y 2IK16-1239) las líneas con menor número de macollos, mientras que sin la aplicación de fungicida las líneas 2IK16-1317 y 2IK16-0816 fueron las líneas con mayor índice de producción.

Figura 26.*Número de macollos por planta*

Borsini (2019) reportó un promedio de 7.5 macollos por planta en su estudio, cifra que se encuentra notable por debajo de los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se observó casi el doble de esta cantidad en los tratamientos con fungicida y cuadruplica en aquellos donde no se aplicó fungicida. Es imperativo considerar las diferencias metodológicas y contextuales que pueden haber influido en estas discrepancias, asegurando una comparación precisa y fundamentada.

Por otro lado, Escobar (2018) articula que existe una relación inversamente proporcional entre la densidad de siembra y el número de macollos, indicando que, a mayor densidad de siembra, se observa un menor número de macollos. Este principio es fundamental para entender la dinámica del desarrollo de las plantas en el campo y para optimizar las prácticas de manejo agronómico, alineándolas con los objetivos de producción y las características específicas del germoplasma utilizado.

4.8 NÚMERO DE ESPIGAS EFECTIVAS

A través de la evaluación de las espigas establecidas, se observó que la variable número de espigas efectivas presentó un valor $0.0001 < p\text{-value}$, indicando así la existencia de diferencias significativas entre las líneas de cebada evaluadas respecto a esta variable (Tabla 16). Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en su capacidad para desarrollar espigas efectivas, lo cual es un aspecto crucial para la optimización de prácticas culturales y la selección de líneas en programas de mejora genética.

Tabla 16.

ADEVA de la variable número de espigas efectivas

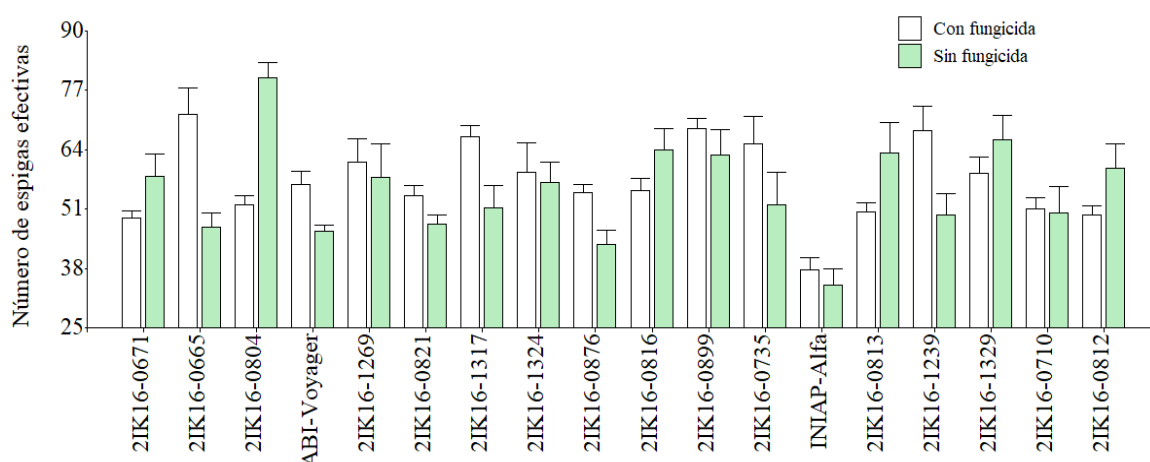
Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	286	5.71	<0.0001
Tratamiento	1	286	2.46	0.1177
Línea:Tratamiento	17	286	4.92	<0.0001

En la Figura 27 se evidencia que las con mayor producción son 2I2IK16-0665, 2IK16- 0899, 2IK16-1239 2IK16-1317 con valores 71.78, 68.56, 68.22, 66.78 y 65.33 números de espigas efectivas, mientras que las variables INIAP-Alfa, 2IK16-0671, 2IK16-0812, 2IK16-0813 y 2IK16-0710, con los valores 37.67, 49.11, 49.78, 50.44 y 51.11 respectivamente obtuvieron los valores más bajos.

Al contrario, para el manejo sin fungicida la línea que obtuvo el valor más alto en relación al número de espigas efectivas fue 2IK16-0804 con un valor de 79.67 , sin embargo, el valor más bajo para esta variable es la variedad INIAP-Alfa con 34.44 Ne. En relación al número de espigas con los valores obtenidos.

Al sacar una media del número de espigas efectivas y líneas sin fungicida se obtuvo que la línea 2IK16-0735 con un valor de 51.89 espigas efectivas se acerca a la media que fue de 53.19 espigas efectivas.

Figura 27.
Número de espigas efectivas



La evidencia indica que las líneas testigo, independientemente de si se aplicaron o no fungicida, exhibieron el menor número de espigas efectivas, subrayando que esta variable es crucial para determinar el rendimiento. Esta afirmación es corroborada por Orrala y Orrala (2020), quienes, en su evaluación de 120 líneas, registraron una media general de 59.55 espigas efectivas por metro lineal. Es imperativo destacar que la cantidad de espigas efectivas es un indicador vital en la evaluación del potencial productivo de diferentes líneas de cebada, y su análisis proporciona insights valiosos para la optimización de estrategias de manejo agronómico y la selección de líneas en programas de mejora genética.

4.9 DÍAS A LA MADURACIÓN FISIOLÓGICA

A través de la evaluación de la variable "días a la maduración fisiológica", (Tabla 17) se identificó una diferencia significativa entre las líneas de cebada evaluadas, evidenciada por $0.0495 < p\text{-value}$. Este resultado indica que las distintas líneas de cebada exhiben variabilidad en el tiempo requerido para alcanzar la maduración fisiológica, un factor crítico que influye en la determinación del momento óptimo de cosecha y, por ende, en la maximización del rendimiento y calidad del grano.

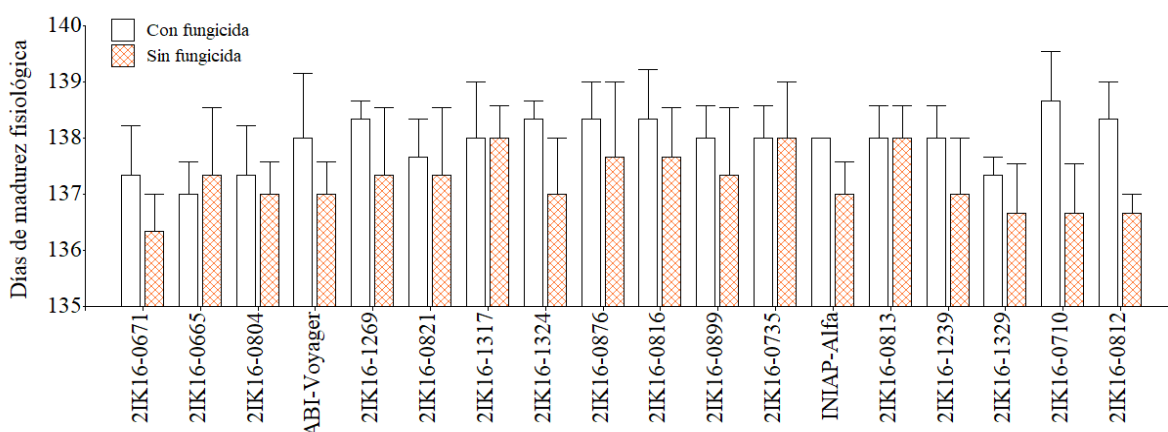
Tabla 17.
ADEVA de la variable días a la maduración fisiológica

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	0.88	0.6037
Tratamiento	1	70	15.62	0.0002
Línea:Tratamiento	17	70	0.61	0.0495

En la Figura 28 se evidencia que la variable mayor producción es 2IK16-0710 con 138.67 días mientras que las variables (2IK16-1324, 2IK16-1269, 2IK16-0876 y 2IK16-0816 y 2IK16-0812) llegan a la madurez fisiológica a los 138.33 días aproximadamente, que a su vez difieren con un día con las líneas (2IK16-0671, 2IK16-0804 y 2IK16-1329) las cuales llegan a la etapa de madurez fisiológica a los 137.33 días. Por otro lado, la variable más baja es 2IK16-0665 con 137 días.

De igual manera para el manejo sin fungicida los valores más altos son de las variables 2IK16-1317, 2IK16-0813 y 2IK16-0735 con 138 días, mientras que la variable con el valor más bajo fue 2IK16-0671 con 136.33 días es decir hay una diferencia de 1.67 días entre el valor más alto y el más bajo sin embargo en la media de los datos las variables (2IK16-0665, 2IK16-0821, 2IK16-0899 y 2IK16-1269) tienen una media de 137.33 días.

Figura 28.
Días a la maduración fisiológica



Garrido et al., (2017) en su investigación realizada en Chimborazo obtuvo valores de 107 y 105 días en líneas de cebada maltera (Scarlett y Cañicapa) donde presentaron precocidad, en comparación con la presente investigación desarrollada, los valores obtenidos fueron tardíos, cabe mencionar que a un mayor número de macollos mayor días para alcanzar la madurez fisiológica.

De la misma manera según la escala utilizada por Duarte et al., (2014) los materiales evaluados serían tardíos mayores a 120 días, también recalcan que los cultivos de ciclo tardío presentan un mayor rendimiento.

Lo que concuerda con la investigación realizada por Caluguillin (2023) en Chaltura con 144 líneas de cebada, alcanzaron valores de 115 y 120 días el 70% de las líneas estudiadas, recalcando que la diferencia fue únicamente de cinco días.

4.10 ALTURA DE PLANTA

A través de la evaluación de la altura de la planta, se identificó una diferencia significativa (Tabla 18) entre las líneas de cebada evaluadas, como lo indica $0.0001 < p\text{-value}$. Este resultado sugiere que las distintas líneas de cebada manifiestan variabilidad en su altura, lo cual es un aspecto fundamental que puede influir en factores como la susceptibilidad a enfermedades y la eficiencia en la utilización de la luz.

Tabla 18.

ADEVA de la variable altura de planta.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	1042	10.22	<0.0001
Tratamiento	1	1042	330.19	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	1042	8.19	<0.0001

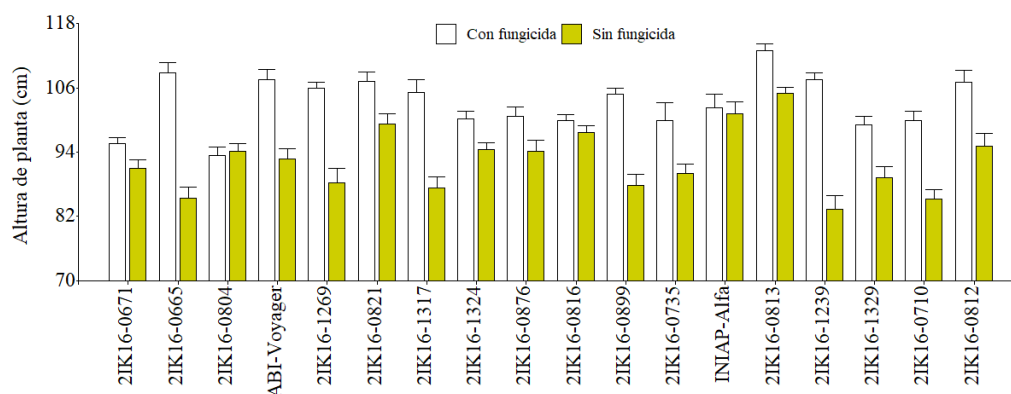
La Figura 29 ilustra que, en el contexto de las líneas de cebada tratadas con fungicida, la línea 2IK16-0813 destacó por alcanzar la mayor altura, registrando 112.88 cm, mientras que la línea 2IK16-0804 exhibió la menor, con 93.4 cm. Es relevante señalar que la variedad INIAP-Alfa, con una altura de 102.23 cm, se alinea con el valor medio de 102.9 cm, obtenido a partir del análisis de las 18 líneas evaluadas.

En cuanto al conjunto de variables sin aplicación de fungicida, la línea 2IK16-0813 también se distinguió por su mayor altura, alcanzando 105.04 cm, en contraste con la línea 2IK16-1239, que presentó la menor altura, con 83.28 cm. Este último valor se aproxima a la media de 90,92 cm, representada específicamente por la línea 2IK16-0671, dentro del espectro de las 18 líneas de cebada examinadas en el estudio.

Esta diferenciación en la altura entre las líneas, bajo distintas condiciones de tratamiento, proporciona una perspectiva valiosa sobre la variabilidad fenotípica y puede informar estrategias de manejo y selección en programas de mejora genética.

Figura 29.

Altura de la planta.



Se estima que la altura óptima de las plantas, que se sitúa entre 0.67 y 1 m, es crucial para optimizar los rendimientos, ya que seleccionar plantas con una estatura inferior puede propiciar una producción más eficiente (Escobar, 2018). Además, Alam et al., (2017) subrayan que, si bien la altura de la planta está intrínsecamente determinada por el cultivar, también es modulada por las condiciones ambientales. Se sostiene que las plantas con una altura inferior a un metro son menos susceptibles al acame, especialmente en condiciones de vientos fuertes durante el riego o lluvias intensas.

En una investigación conducida por Amaguaya (2022) en Riobamba, donde se evaluaron 144 líneas de cebada maltera, se registraron alturas que fluctuaban entre 85 y 95 cm. De manera similar, Caluguillin (2023), al estudiar 144 líneas en Imbabura, identificó un rango de alturas que variaba desde 73.3 cm hasta 112 cm. Estos valores se alinean con los obtenidos en la presente investigación, que registraron alturas de 93.4 a 112.88 cm con fungicida y de 83.28 a 105.04 cm sin fungicida, reafirmando la consistencia de estos hallazgos en diferentes contextos y condiciones de estudio.

4.11 LONGITUD DE ESPIGA

A través de la evaluación de las espigas, se evidencia que la variable longitud de espiga presentó diferencias significativas entre las líneas de cebada examinadas, tal como lo indica el análisis de varianza $0.0014 < p\text{-value}$. De esta manera, se confirma la existencia de una variabilidad estadísticamente significativa en la longitud de la espiga entre las distintas líneas de cebada que fueron objeto de estudio (Tabla 19).

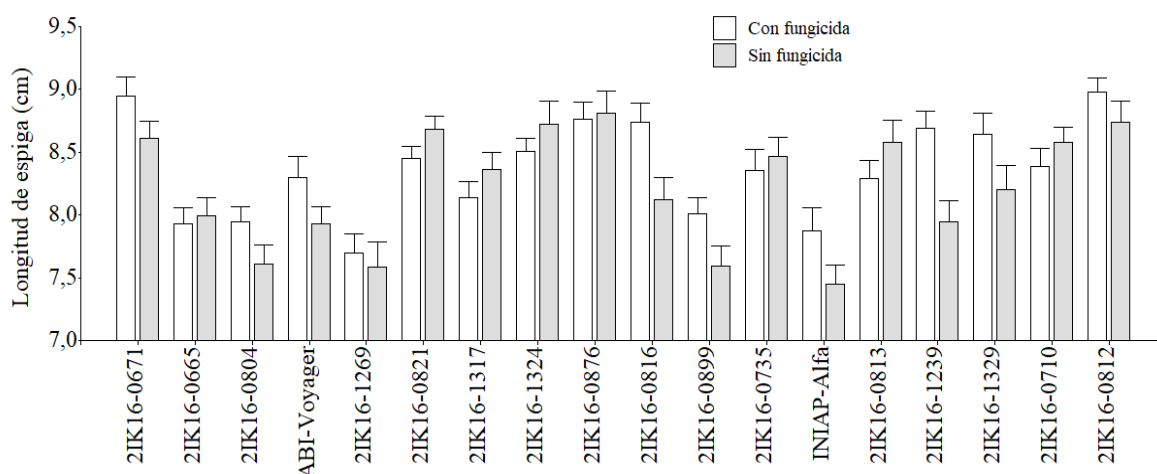
Tabla 19.
ADEVA de la variable longitud de espiga.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	1042	13.39	<0.0001
Tratamiento	1	1042	8.65	0.0033
Línea:Tratamiento	17	1042	2.37	0.0014

En la Figura 30 se evidencia que la línea 2IK16-0812 (8.98 cm) fue la que obtuvo el valor más alto entre la línea de cebada con fungicida y la longitud de espiga, mientras que, el valor más bajo para esta línea con fungicida fue la línea 2IK16-1269 con 7.69cm, valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0735 con 8.35cm, debido a que la línea mencionada cumple con el valor de la media entre las 18 líneas estudiadas.

Para el manejo de las líneas sin fungicida aquella que presentó el valor más alto fue la línea 2IK16-0876 con 8.81cm, mientras que, el valor más bajo para esta variable fue INIAP-Alfa con 7.45cm, valor que está cerca de la media (2IK16-1329; 8.2cm) entre las 18 variables de cebada estudiadas.

Figura 30.
Longitud de espiga.



La longitud de la espiga puede verse influenciada por la densidad de siembra, dado que una menor densidad reduce la competencia por nutrientes, tal como señala Gafaar (2011). En un estudio realizado a cabo por Garrido (2017) en Riobamba, se registraron longitudes de espiga de 9 y 8.67 cm en dos líneas de cebada, respectivamente. Este hallazgo es corroborado por Caluguillin (2023), quien documentó longitudes que oscilaban entre 6.9 cm y 9 cm en 144 líneas de cebada investigadas en Chaltura. Estos datos son coherentes con los obtenidos en la presente investigación, donde, en las muestras tratadas con fungicida, se verifica un rango de longitud de espiga de 8.98 a 7.69 cm, mientras que, en las muestras sin fungicida, el rango fue de 8.81 a 7.45 cm.

4.12 NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

A través de la evaluación del número de granos por espiga (Tabla 20), conforme a los parámetros previamente establecidos, se evidencia que la variable presentó diferencias significativas entre las 18 líneas de cebada analizadas, tal como lo indican los resultados estadísticos $0,0001 < p\text{-value}$. Por lo tanto, se confirma la existencia de una diferencia significativa en el número de granos por espiga entre las líneas de cebada evaluadas.

Tabla 20.

ADEVA de la variable número de granos por espiga.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	1042	351.46	<0.0001
Tratamiento	1	1042	66.78	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	1042	12.36	<0.0001

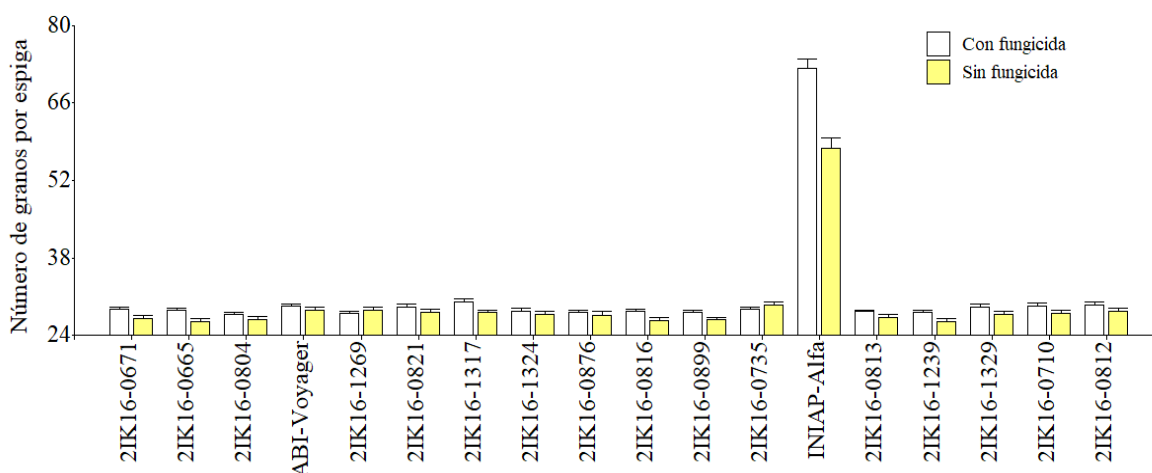
En la Figura 31 se evidencia que la variedad INIAP-Alfa (72.3 granos por espiga) fue la que obtuvo el valor más alto entre la línea de cebada con fungicida y el número de granos por espiga.

Mientras que, el valor más bajo para esta línea con fungicida fue la línea 2IK16-0804 con 27.67 granos por espiga. Estos valores cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0821 con 29.03 granos por espiga debido a que la línea mencionada cumple con el valor de la media entre las 18 líneas estudiadas.

Para el manejo de las líneas sin fungicida la que obtuvo el valor más alto fue la variedad INIAP-Alfa con 57.77 granos por espiga, mientras que, el valor más bajo para esta variable sin fungicida fue la línea 2IK16-0665 con 26.37 granos por espiga, valor que está cerca de la media (2IK16-0812; 28.37) entre las 18 líneas de cebada estudiadas.

Figura 31.

Número de granos por espiga.



La variedad INIAP-ALFA destaca de las demás líneas evaluadas con más del 100% de las demás líneas, lo que lo confirma Flores (2023) alcanzando una media de 53.7 para INIAP-ALFA, obteniendo dos veces lo que obtuvieron las otras líneas estudiadas INIAP-Cañicapa y Andreia con 22.29 y 24.47 respectivamente, con respecto a las demás mantienen un rango de 29.03 a 26.37 granos, datos similares encontraron Bekele et al., (2020) en su estudio con un valor máximo de 30 granos y un valor mínimo de 24 granos por espiga.

También Calugillin (2023) encontró un máximo de 32 granos y el menor valor es de 22 granos. Ambula et al., (2022) menciona en su estudio que, el número de granos depende de la longitud de la espiga, sin embargo, también encontró que el aumento del número de granos disminuye el peso.

4.13 ACAME

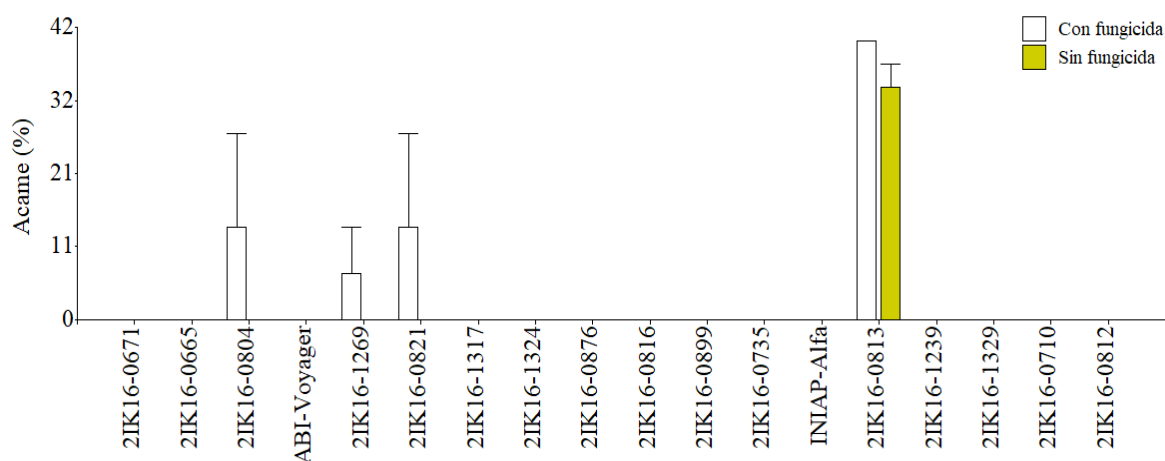
Mediante de la evaluación meticulosa de la variable Acame, basada en la cuantificación previamente establecida de los granos (Tabla 21), se evidenció una diferencia significativa entre las líneas de cebada examinadas, tal como lo confirman los resultados estadísticos $0.0001 < p\text{-value}$. Con lo que, se afirma que existe una discrepancia notable en la incidencia de Acame entre las distintas líneas de cebada que fueron objeto de estudio.

Tabla 21.
Pruebas Friedman Acame

Variable	factor2	factor1	N	Medias	D. E.	Medias	T ²	p
Acame	2IK16-0665	Con fungicida	3	0	0	0	18.71	<0.0001

En la Figura 32, se evidencia que la línea que presenta el valor más alto es 2IK16-0813 en el tratamiento con fungicida con un 40 % de acame seguido de las líneas 2IK16-0821, 3IK16-0804 con un valor de 13,33 % y la línea 2IK16-1269 con un valor de 6.67%. Por otra parte, se evidencia que la línea 2IK16-0813 presenta acame en un 33.33% en el tratamiento sin fungicida.

Figura 32.
Porcentaje de acame de las 18 líneas de cebada maltera



González et al. (2016) articulan que existe una elevación directa entre la altura de los materiales vegetales y su susceptibilidad al fenómeno del acame. De manera análoga, Vivar (2021) sostiene que las plantas cuya altura no supera el metro tienden a resistir de manera más efectiva el acame, aunque esta resistencia también se ve influenciada por el grosor del tallo y otras características intrínsecas a cada línea. Esta afirmación halla eco en los resultados del presente estudio, donde la línea 2IK16-0813, cuando fue tratada con fungicida, manifestó un 40% de acame, mientras que la misma línea, sin aplicación de fungicida, exhibió un porcentaje de acame reducido en 6.67%. Es notable que ninguna otra línea sin tratamiento fungicida se manifestó aquí. Sin embargo, en las líneas que sí fueron tratadas con fungicida, Se identifican dos que presentaron más del 10% de acame y la línea 2IK16-1269 mostró un 6% de acame. Caluguillin (2023) reportó hallazgos similares, identificando un rango de acame entre el 5% y el 75% en el 47% de las 144 líneas evaluadas en su investigación.

4.14 DÍAS A COSECHA

A través de la evaluación meticulosa de la variable días a cosecha, se avanza, mediante un análisis de varianza, que no existe una diferencia significativa entre las líneas de cebada

evaluadas en relación con esta métrica temporal (Tabla 22). Los parámetros estadísticos obtenidos fueron $0.5371 > p\text{-value}$. De esta manera, se infiere que las líneas de cebada estudiadas presentan una uniformidad estadística respecto al tiempo requerido para alcanzar la cosecha.

Tabla 22.

ADEVA de la variable días a cosecha de 18 líneas de cebada maltera.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Línea	1	70	0.94	0.5371
Tratamiento	17	70	3.18	0.0788
Línea:Tratamiento	17	70	0.94	0.5371

En la tabla 23, se evidencia que las líneas 2IK16-0710, 2IK16-0816 y la variedad ABI-VOYAGER sometidas al tratamiento con fungicida tienen la cantidad de 161 días a la cosecha mientras que las demás líneas con los diferentes tratamientos tienen 162 días teniendo un día de diferencia entre sí.

Tabla 23.

Días a la cosecha.

factor2	Variable	Media	E.E.
2IK16-0665	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0671	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0710	diascosecha	161,50	0,50
2IK16-0735	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0804	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0812	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0813	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0816	diascosecha	161,50	0,50
2IK16-0821	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0876	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-0899	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-1239	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-1269	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-1317	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-1324	diascosecha	161,00	0,00
2IK16-1329	diascosecha	161,00	0,00
ABI-Voyager	diascosecha	161,50	0,50
INIAP-Alfa	diascosecha	161,00	0,00

Como lo menciona Orrala (2020) los días a la cosecha varía de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas del área donde se implementa el cultivo independientemente de la variedad o línea que se usa, debido a que en su estudio con 120 líneas promisoras de cebada cervecera en Santa Elena alcanzó una maduración fisiológica a los 103 días después de la siembra. De la

misma manera con 144 líneas estudiadas en Chaltura alcanzó una madurez fisiológica entre 115 y 120 días en la investigación de Caluguillin (2023).

4.15 CALIBRE DEL GRANO

La evaluación de la variable calibre del grano se llevó a cabo a través de una meticulosa medición de los granos con la ayuda del tamizaje con la numeración 2.5, donde demostró la cantidad del % de calibre previamente establecidos (Tabla 24). Los resultados del análisis de varianza indicaron que no se observa una diferencia significativa entre las líneas de cebada evaluadas en lo que respecta a esta variable. Los parámetros estadísticos derivados de este análisis fueron: $0.5027 > p\text{-value}$. Por lo tanto, se concluye que las líneas de cebada estudiadas exhiben una homogeneidad estadística en relación con el calibre del grano.

Tabla 24.

ADEVA de la variable calibre del grano.

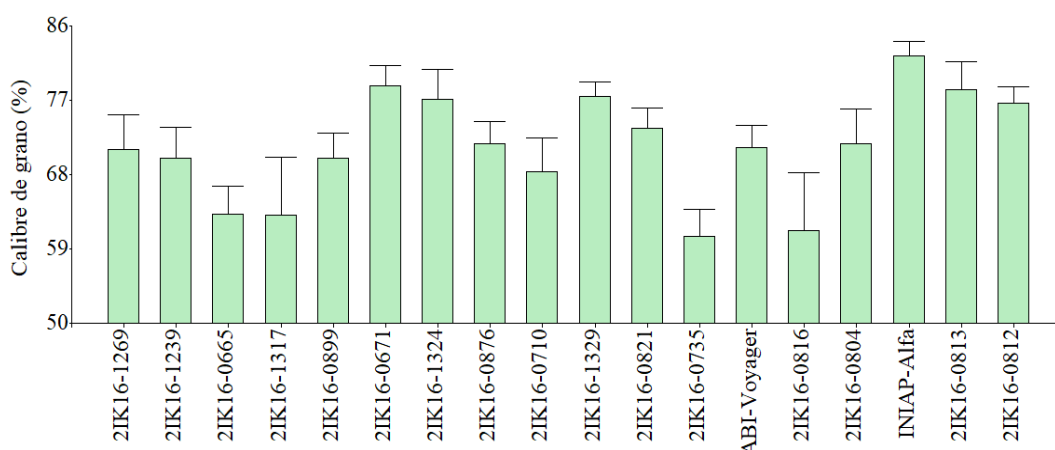
Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	3.84	<0.0001
Tratamiento	1	70	0.18	0.6701
Línea:Tratamiento	17	70	0.97	0.5027

La Figura 33 ilustra que la variedad INIAP-Alfa manifestó el porcentaje más elevado de calibre del grano, con un 83.2%, entre las líneas de cebada tratadas con fungicida. En cambio, la línea 2IK16-0735 exhibió el porcentaje más bajo, con un 57,18%. Es relevante destacar que la línea 2IK16-1269, con un 68.39%, se alinea con el valor medio del calibre del grano entre las 18 líneas evaluadas, sugiriendo una ponderación notable con las demás líneas.

En cuanto al conjunto de variables sin aplicación de fungicida, la variedad INIAP-Alfa se distinguió nuevamente, alcanzando el porcentaje más alto de calibre del grano, con un 81.58%. Por otro lado, la línea 2IK16-1317 registró el porcentaje más bajo, con un 61,51%. Este último valor se aproxima a la media de calibre del grano, que es del 70,81% (variante 2IK16-0821), entre las 18 líneas de cebada investigadas en ausencia de fungicida.

Figura 33.

Calibre del grano.



El calibre ayuda a determinar si una variedad es apta cuando el 80% de los granos evaluados quedan sobre la zaranda, presentado pocos granos delgados o quebrados. En el ensayo realizado por Rivas, (2020) con 30 líneas el 64% de estas presentaron valores iguales o superiores a 80% encontrándose dentro del rango óptimo, sin embargo, el 36% de las accesiones no llegaría al valor óptimo esperando. Caluguillin (2023) obtuvo valores altos para la variable calibre alcanzando un valor mínimo de 52.7% y un máximo de 92.3%. Datos inferiores se encontró en el presente ensayo puesto que únicamente la variedad INIAP-ALFA con y sin fumigación presenta valores superiores al 80%, mientras las demás variedades independientemente si se aplicó o no fungicida están bajo el valor óptimo esperado.

4.16 RENDIMIENTO

En relación con la variable rendimiento total al 12% de humedad, la evaluación de la cantidad de granos reveló una diferencia significativa entre las líneas de cebada examinadas, como lo indica el análisis de varianza $0.0460 > p\text{-value}$. Por lo tanto, se confirma la existencia de una discrepancia apreciable en el rendimiento total, ajustado al 12% de humedad, entre las líneas evaluadas (Tabla 25).

Tabla 25.
ADEVA de la variable rendimiento total

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	2.26	0.0091
Tratamiento	1	70	13.83	0.0004
Línea:Tratamiento	17	70	0.9	0.046

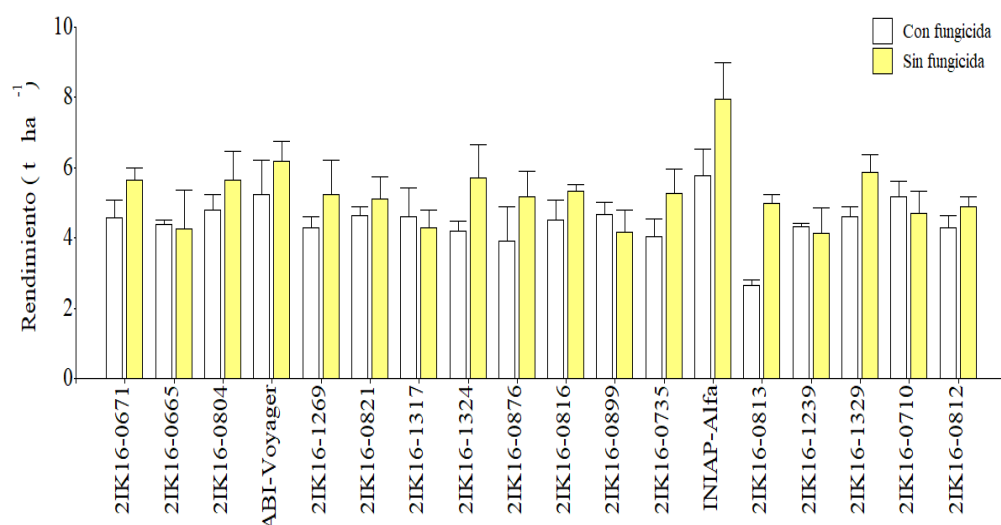
En la Figura 34 se evidencia que al aplicar fumigación las variedades INIAP-Alfa, ABI-Voyager y las líneas 2IK16-0710 y 2IK16-0804 fueron las que obtuvieron el valor más alto con 5.77 T/ha, 5.23 T/ha, 5.16 T/ha y 4.8 T/ha respectivamente mientras que las líneas 2IK16-0813, 2IK16-0876, 2IK16-0735, 2IK16-1324 y 2IK16-1269 obtuvieron los valores más bajos con 2.65 T/ha, 3.9 T/ha, 4.03 T/ha, 4.2 T/ha y 4.28 k T/ha lo cual muestra una estrecha relación con las líneas 2IK16-0665 con 4.38 kg/hl y 2IK16-0816 4.52 kg/hl líneas que muestran un valor medio en el estudio.

De igual manera para el manejo sin fungicida los valores más altos son de las variedades INIAP-Alfa con 7.94 T/ha y ABI-Voyager con un valor de 6.2 T/ha por lo que muestra una amplia similitud con el manejo con fungicida sin embargo los siguientes tres valores considerablemente altos para el manejo sin fungicida son distintos al anteriormente mencionado, las líneas son 2IK16-1329, 2IK16-1324 y 2IK16-0671 mismos que cuentan con los valores de 5.85 T/ha, 5.71 T/ha y 5.64 T/ha respectivamente y las líneas con el peso más bajo son 2IK16-0710, 2IK16-1317, 2IK16-0665, 2IK16-0899 y 2IK16-1239 con valores que oscilan desde 4.71 T/ha, 4.29 T/ha, 4.25 T/ha, 4.18 kg/hl y 4.14 siendo este último valor el más bajo de las líneas.

Al sacar una media de los pesos y líneas sin fungicida tenemos que las líneas 2IK16-0876 con un valor de 5.17 T/ha y 2IK16-0821 con un valor de 5.1 T/ha muestran un valor medio en el presente estudio.

Figura 34.

Rendimiento total al 12% de humedad



Amaguaya (2022) reporta datos superiores en cuanto al rendimiento, especificando que las líneas 2IK16-0710 y 2IK16-0804 exhibieron valores de 3000 kg/ha y 2852 kg/ha, respectivamente. Es notable que estas mismas líneas presentaron los valores más elevados cuando se aplicó fungicida. En contraste, las líneas 2IK16-1324 y 2IK16-0671 mostraron rendimientos de 3123 kg/ha y 3073.8 kg/ha, respectivamente, sin la aplicación de fungicida. De este modo, se observará un rendimiento superior en el tratamiento sin fungicida y en las líneas 2IK16-1324 y 2IK16-0671, con una diferencia notable de 250 kg.

Esta observación es coherente con los hallazgos de Abeledo (2018), quien registró un rendimiento de 3123 kg/ha con la línea 2IK16-067 en Argentina. De manera similar, Flores (2023) alcanzó un rendimiento de entre 8 y 10 toneladas/ha en su investigación con tres variedades de cebada en Chaltara.

4.17 PESO HECTOLITRITO

En el análisis de la variable de peso hectolitrito (Tabla 26), se registró una cantidad de granos que demostró $0.04884 < p\text{-value}$ la existencia de una diferencia significativa entre el peso hectolitrito y las líneas evaluadas.

Tabla 26.*ADEVA de peso hectolítrico de 18 líneas de cebada maltera*

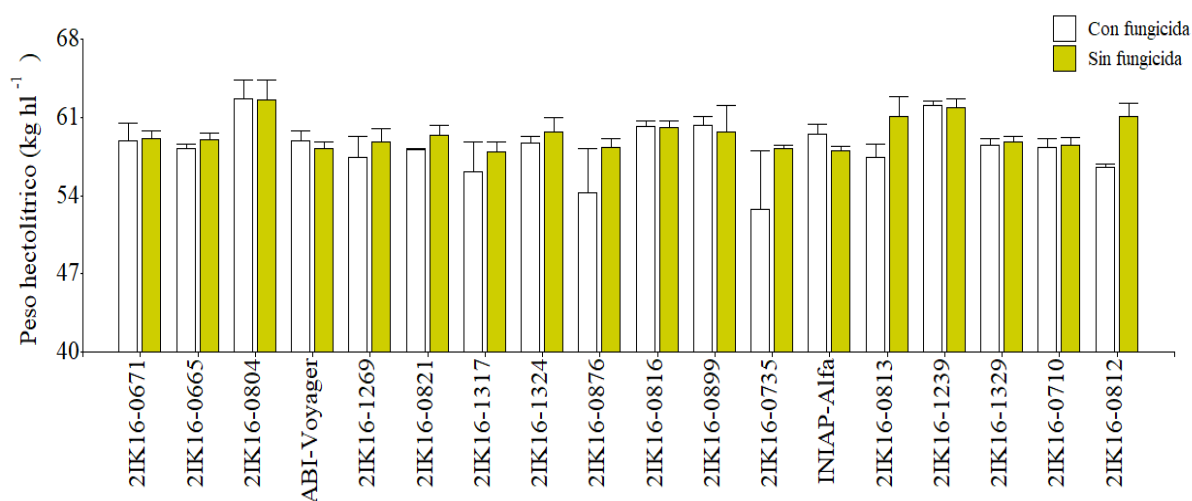
Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Línea	1	70	3.85	0.0538
Tratamiento	17	70	4.87	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	70	1.32	0.0484

En la Figura 35, se observa de manera general para el manejo con fungicida la línea 2IK16-0804 tiene el valor más alto de 62.47 kg/hl y el valor más bajo tiene la línea 2IK16-0735 con un valor de 58.80 Kg/hl, las líneas (2IK16- 0804, 2IK16-1239, 2IK16-0899, 2IK16-0816) tienen una diferencia estadística de 2kg/hl con respecto a las líneas (INIAP-Alfa, 2IK16-0671, ABI-VOYAGER, 2IK16-1324, 2IK16-1329, 2IK16-0710, 2IK16-0665, 2IK16-0821, 2IK16-8013, 2IK16-1269, 2IK16-0812, 2IK16-1317, 2IK16-0876, 2IK16-0735).

Por otra parte, sin embargo para el manejo sin fungicida el valor más alto tiene una línea 2IK16-0804 con un valor de 62.53kg/hl y la línea con el peso más bajo es 2IK16-1317 con el valor de 57.90kg/hl, las líneas (2IK16-0804, 2IK16-1239, 2IK16-0813, 2IK16-0812, 2IK16-0816) tienen una diferencia de 2kg/hl con respecto a las líneas (2IK16-0899, 2IK16-1324, 2IK16-0821, 2IK16-0671, 2IK16-0665, 2IK16-1329, 2IK16-1269, 2IK16-0710, 2IK16-0876, 2IK16-0735, ABI-VOYAGER, INIAP-Alfa, 2IK16-1317)

Figura 35.

Peso hectolítrico de las 18 líneas de cebada maltera.



González et al., (2016) y Andrade, (2020) consideran que el peso hectolítrico del grano de cebada debe estar en un promedio de 60.3 kg/hl, este parámetro es fundamental en la determinación de la densidad del cultivo por hectáreas sembradas. Navarrete, (2015) menciona que el tamaño del grano tiene un efecto importante sobre el peso hectolítrico, granos redondos y pequeños presentarían un mejor peso hectolítrico, por lo que la diferencia de valores entre las accesiones está relacionada a variaciones en la morfología del grano. Del total de líneas evaluadas únicamente el 30% está sobre los 60 kg/hl y el 70% está bajo este promedio.

Datos semejantes encontró Caluguillin (2023) en su investigación en la parroquia de Chaltura obteniendo valores de 56 a 69 kg/hl, pero valores superiores alcanzaron las tres variedades que estudio Flores (2023) en Chaltura, con una mínima de 67.19kg/hl la variedad INIAP-Cañicapa y la variedad Andreia alcanzo una media de 71.04kg/hl.

4.18 PESO 1000G

Mediante la medición de la cantidad de granos previamente establecida, la variable del peso 1000 granos demostró (Tabla 27), $0.0357 < p\text{-value}$ por tal razón si existe diferencia significativa entre el peso de 1000 granos y las líneas de cebada evaluadas.

Tabla 27.

ADEVA de la variable peso de 1000 granos en el cultivo de cebada maltera.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Línea	1	70	3.34	0.0002
Tratamiento	17	70	3.67	0.0593
Línea:Tratamiento	17	70	0.90	0.0357

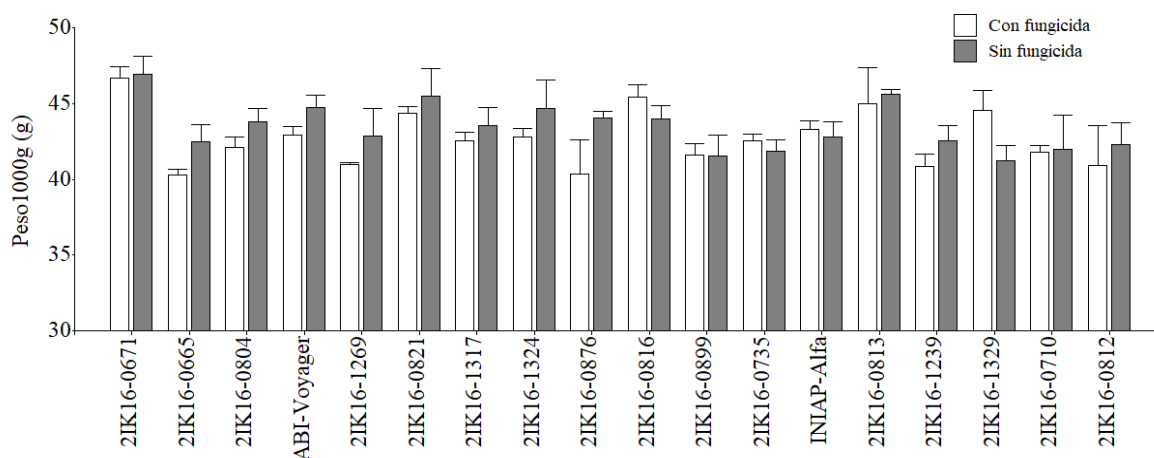
En la Figura 36, se evidencia que las líneas 2IK16-0671, 2IK16-0816, 2IK16-0813, 2IK16-1329 y 2IK16-0821 fueron las que obtuvieron el valor más alto con 46.67 gr, 45.4 gr, 45 gr, 44.53 gr y 44.33 gr, respectivamente. Mientras que, las líneas 2IK16-1269, 2IK16-0812, 2IK16-1239, 2IK16-0876 y 2IK16-0665, obtuvieron los valores más bajos con 41 gr, 40.93 gr, 40.87 gr, 40.37 gr, 40.3 gr; lo cual muestra una estrecha relación con las líneas 2IK16-1317 con 13.27% y 2IK16-0735 con 13.37% líneas que muestran un valor medio en el estudio.

De igual manera para el manejo sin fungicida el valor más alto es de la línea 2IK16-0671, con un valor de 46.93 gr, y la línea con el peso más bajo es 2IK16-1329, con un valor de 41.23 gr.

Al sacar una media de los pesos y línea sin fungicida tenemos que la línea 2IK16-1317 con un valor de 43.57gr que muestra un valor medio en el presente estudio.

Figura 36.

Peso de 1000 granos obtenidos por 18 líneas de cebada maltera evaluadas.



La investigación realizada por Velasco et al., (2020) donde se evaluaron 83 accesiones de cebada, para la variable peso de 1000 granos obtuvieron valores entre 40,5 a 70,4 g, con una media de 69,16 gr, considerando como óptimo un valor de 55g. En comparación con la presente investigación, los valores obtenidos son menores con una media de 43.49 g con fumigación y sin fumigación una media de 44.08, pero estos datos son más cercanos a los encontrados por Rani y Bhardwaj, (2021) quienes mencionan que el peso de 1000 granos debe ser superior a 45 g para la cebada de dos hileras. Caluguillin (2023), encontró en su investigación con 144 líneas de cebada maltera realizada en Chaltura un 20% de las líneas obtuvo valores mayores de 40g y el 80% restante de las líneas se encuentran en rangos de 36 a 39 g.

4.19 SEVERIDAD DE ENFERMEDADES PRESENTES EN EL CULTIVO

4.19.1 Royal lineal

A través de la medición de la enfermedad royal en términos lineales (Tabla 28), se evaluó la variable de severidad de royal $0.0486 < p\text{-value}$. Como resultado, no se observó una diferencia significativa entre la incidencia de royal en términos lineales y las diversas líneas de cebada algunas veces a evaluación. Este análisis estadístico sugiere que las líneas de cebada evaluadas exhiben un comportamiento similar en relación con la severidad de la enfermedad real, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Tabla 28.

ADEVA de la enfermedad roya lineal.

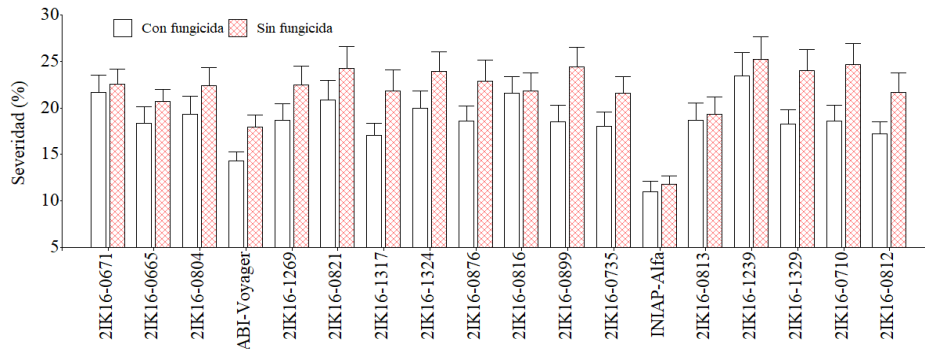
Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	2122	5.19	<0.0001
Tratamiento	1	2122	30.45	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	2122	0.43	0.0486

En la Figura 37, se observa que la variable que presenta la mayor severidad en términos de Royal Lineal es 2IK16-0816, con un valor de 1.28%, mientras que la variedad con la menor severidad es INIAP-Alfa, registrando un valor de 0.97 %. Además, se nota que las líneas 2IK16-0808, 2IK16-1317 y 2IK16-0812 comparten un valor similar de 1.18%, ya que se ubican en la media entre las 18 líneas estudiadas. Siendo Iniap-Alfa la línea que presenta una menor incidencia con respecto a roya tanto en el manejo con y sin fungicida.

En el caso del manejo de las variables sin la aplicación de fungicida, las líneas 2IK16-0710, 2IK16-0671 y 2IK16-0899 presentaron la mayor severidad, con un valor de 1.31%, mientras que la variedad INIAP-Alfa mostró la menor severidad. , con un valor de 1,03%. Asimismo, se observa que las líneas 2IK16-0812, 2IK16-1317 y 2IK16-0816 también comparten un valor cercano, registrando 1.24% de severidad, ya que cumplen con el promedio entre las 18 líneas evaluadas.

Figura 37.

Enfermedad de roya lineal en las 18 líneas de cebada maltera.



Este hallazgo concuerda con la investigación de González et al. (2013), quienes señalan que el desarrollo de la enfermedad requiere de temperaturas que oscilan entre 15 a 20 °C y una duración de lluvias de más de 6 horas para que la infección del hospedero tenga lugar. Además, el cultivo debe estar expuesto a estas condiciones durante un período de 6 a 8 horas. Estas condiciones climáticas desfavorables para la infección de la roya explican los valores bajos de severidad de esta plaga observada en el estudio.

Además, este resultado es respaldado por la investigación de Caluguillin (2023), quien analizó 144 líneas promisorias de cebada. A pesar de que las condiciones climáticas eran propicias para la presencia de la roya, ninguna de las 144 líneas presentó esta enfermedad. Este éxito se atribuye al manejo adecuado del ensayo realizado, lo que demuestra la importancia de las prácticas de manejo en la resistencia de la cebada a esta enfermedad.

4.19.2 Mancha en red

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), caracterizados por $0.996 > p\text{-value}$, no proporcionaron evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo cual, se infiere que no existe una diferencia significativa entre la incidencia de mancha en roja y las líneas de cebada evaluadas en el presente estudio (Tabla 29).

Tabla 29.

ADEVA de la variable peso de 1000 granos en el cultivo de cebada maltera.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	2122	1.09	0.3577
Tratamiento	1	2122	0.71	0.3982
Línea:Tratamiento	17	2122	0.32	0.996

Conforme se ilustra en la Figura 38, se observa una notable variabilidad en la severidad de la Mancha en Red entre las diferentes líneas de cebada analizadas. La línea 2IK16-0821 manifestó la mayor severidad, registrando un 5.26%, mientras que la variedad INIAP-Alfa exhibió la menor, con un 3.27%. Interesantemente, la línea 2IK16-0665 demuestra una severidad

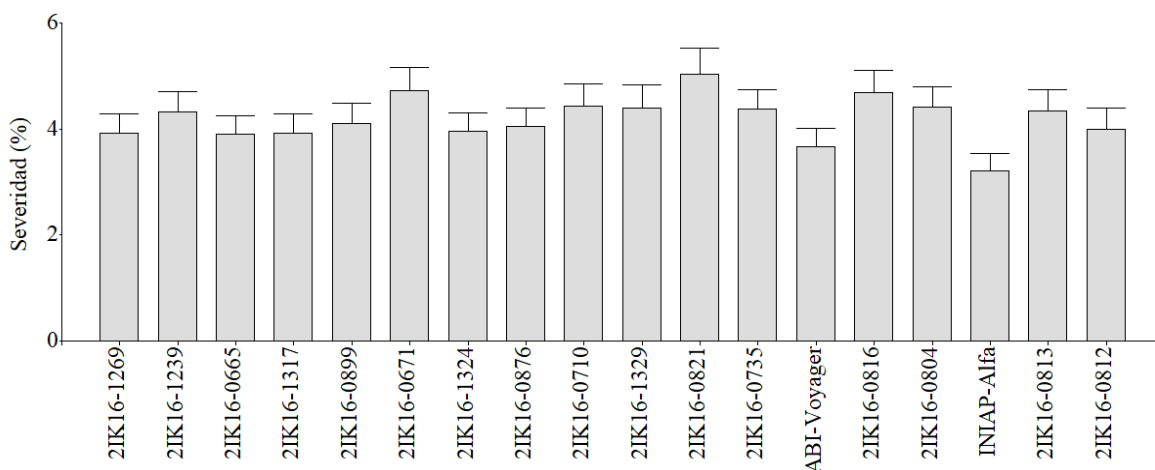
intermedia de 4.04%, lo cual, bajo un escrutinio más detallado, se alinea con el valor medio entre las 18 líneas evaluadas.

En el contexto donde no se aplicó fungicida, la línea 2IK16-0813 presentó la máxima severidad de la Mancha en Red, alcanzando un 4.91%, en contraposición a la variedad INIAP-Alfa que mostró la mínima severidad, con un 3.15%. Notablemente, la línea 2IK16-0812 exhibió una severidad del 4.17%, situándose en cercanía con el valor medio entre las 18 líneas en el contexto sin fungicida.

La relación intrínseca entre la severidad de la Mancha en Red y las líneas mencionadas, tanto en el contexto con o sin fungicida, sugiere la necesidad de explorar profundamente los factores genéticos y ambientales que podrían estar influyendo en estos patrones.

Figura 38.

Enfermedad de mancha en red en las 18 líneas de cebada.



La severidad media de la mancha en red, en el contexto de las investigaciones agronómicas previas y contemporáneas, ha sido registrada en un rango del 10 al 12%. Este fenómeno está robustamente documentado, como es evidenciado por los hallazgos de Orlando (2010), quien signó una incidencia alineada con este intervalo. En contraste, la severidad de la incidencia observada en la presente investigación se manifiesta significativamente menor, con valores que no superan el umbral del 5.5%. Esta discrepancia no es trivial y amerita una exploración y disertación meticulosa.

La diferencia observada en la severidad de la mancha en red entre los hallazgos actuales y los registrados por Orlando (2010) podría atribuirse a una serie de variables. Estas pueden abarcar diferencias en las condiciones ambientales, técnicas de manejo de cultivos, y/o las líneas específicas de cebada examinadas en cada estudio.

4.19.3 Escaldadura

Mediante la medición de la incidencia de enfermedades, la variable incidencia de escaldadura $0.0002 < p\text{-value}$ por tal razón si existe diferencia significativa entre incidencia de escaldadura y las líneas de cebada evaluadas (Tabla 30).

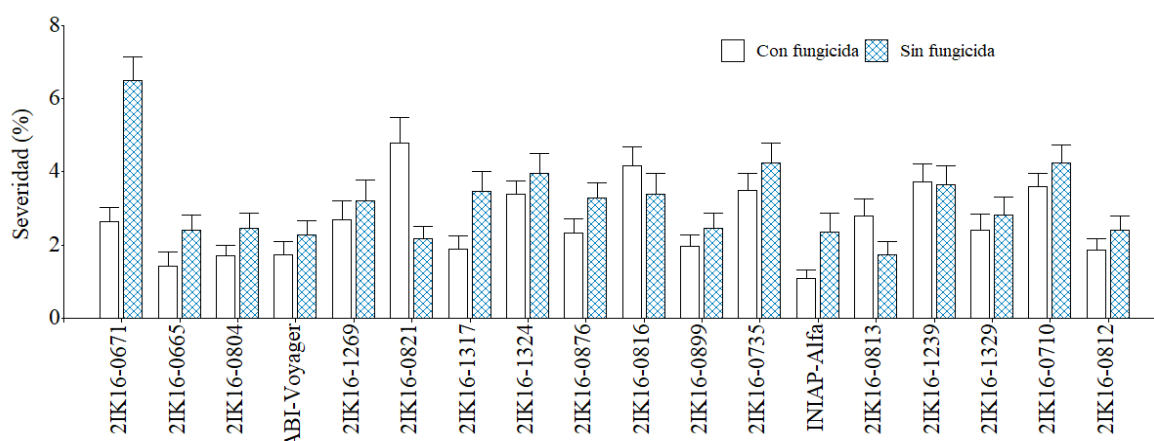
Tabla 30.
ADEVA de la enfermedad escaldadura.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	2122	7.46	<0.0001
Tratamiento	1	2122	5.98	0.0145
Línea:Tratamiento	17	2122	2.73	0.0002

En la Figura 39 se evidencia que la línea con el valor más alto de incidencia de Escaldadura es 2IK16-0821 con 4.8% mientras que el valor más bajo es de la variedad INIAP-Alfa con 1.1%. Valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-0876 con un valor de 2.33%, debido a que las líneas mencionadas cumplen con el valor de la media entre las 18 estudiadas.

Mientras que para el manejo de las variables sin fungicida el valor más alto fue de la línea 2IK16-0671 con 6.5% de incidencia, mientras que el valor más bajo fue de la línea 2IK16-0813 con 1.75%. Valores que cuentan con una estrecha relación con la línea 2IK16-1329 con 2.83% debido a que las líneas mencionadas cumplen con el valor de la media entre las 18.

Figura 39.
Enfermedad de Escaldadura en las 18 líneas de cebada maltera.



La incidencia de enfermedades en cultivos agrícolas es un fenómeno intrincadamente modulado por una diversidad de factores, entre los cuales se encuentran la genética de las líneas de cultivo y las prácticas agronómicas implementadas. En el contexto de la presente investigación, la línea 2IK16-0671 manifestó una severidad del 6.5% en condiciones exentas de la aplicación de fungicidas, representando el pináculo de la severidad observada en nuestro conjunto de datos.

A pesar de que este valor se posiciona como el más elevado dentro de nuestro espectro de estudio, es pertinente mencionar que aún se categoriza dentro de los parámetros establecidos para líneas resistentes.

Esta observación se torna particularmente intrigante al ser contrastada con los hallazgos de Hernández, Ramírez y Perales (2020), quienes documentaron una severidad considerablemente más elevada, del 22.03%, en líneas que fueron categorizadas como susceptibles a la enfermedad. Dicha disparidad en los resultados puede ser atribuida a una variedad de factores, tales como las condiciones ambientales, las líneas de cebada evaluadas y las metodologías empleadas para cuantificar la incidencia de la enfermedad.

Por otra parte, el estudio realizado por Flores (2023) sobre tres líneas de cebada en la parroquia de Chaltura reveló una severidad de enfermedad fluctuando entre el 1% y el 5%, cifras que indican una susceptibilidad a la enfermedad marcadamente menor en comparación con los estudios anteriores. mencionados. Esta variabilidad entre los estudios realza la complejidad inherente al estudio de la incidencia de enfermedades en cultivos, y subraya la influencia potencial de factores locales y específicos de cada variedad.

Por lo tanto, la síntesis de estos hallazgos sugiere que la resistencia y susceptibilidad a enfermedades en líneas de cebada pueden estar moduladas por una confluencia de factores genéticos y ambientales.

4.19.4 Septoria

Mediante la medición de la incidencia de enfermedades, la variable incidencia de septoria $0.0431 < p\text{-value}$ por tal razón si existe diferencia significativa entre incidencia de septoria y las líneas de cebada evaluadas (Tabla 31).

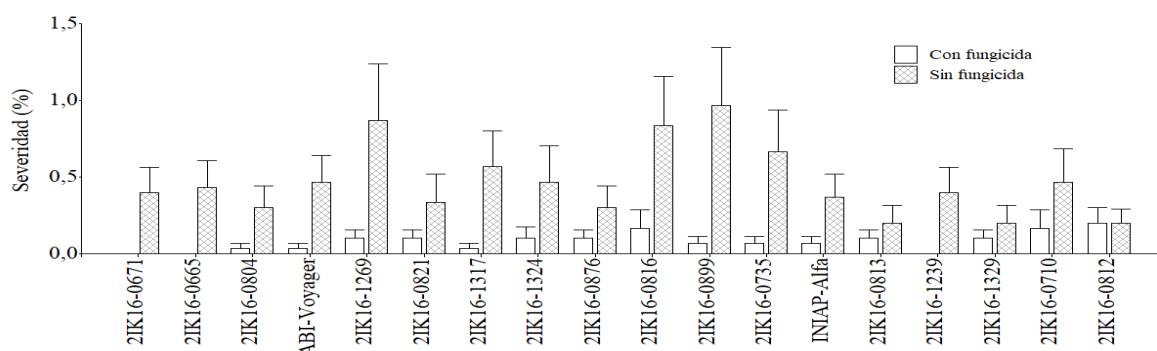
Tabla 31.

ADEVA de la enfermedad Septoria.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	2122	0.51	0.9479
Tratamiento	1	2122	52.05	<0.0001
Línea:Tratamiento	17	2122	0.77	0.0431

En la Figura 40 se evidencia que la línea con el valor más alto de incidencia de Septoria es 2IK16-0812 con 0.2%, mientras que en las líneas (2IK16-0665, 2IK16-0671 y 2IK16-1239) no se reportó presencia de la enfermedad. Valores que cuentan con una estrecha relación con las líneas (2IK16-0735, 2IK16-0899 e INIAP-Alfa) con un valor de 0.07%, debido a que las líneas mencionadas cumplen con el valor de la media entre las 18 estudiadas.

Para el manejo de las variables sin fungicida el valor más alto fue de la línea 2IK16-0899 con 0.97% de incidencia, mientras que el valor más bajo fue de las líneas (2IK16-0812, 2IK16-0813 y 2IK16-1329) con 0.2%. Valores que cuentan con una estrecha relación con la variedad INIAP-Alfa con 0.37% debido a que las líneas mencionadas cumplen con el valor de la media entre las 18.

Figura 40.*Enfermedad de Septoria en las 18 líneas de cebada maltera.*

Gilchrist (2000) menciona que, la severidad de la septoria es frecuente encontrar en una misma hoja lesiones causadas por más de uno de los patógenos mencionados, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad y de las condiciones ambientales prevalecientes durante el ciclo. Esta estrecha asociación dificulta el diagnóstico y hace imprecisa la estimación de los patógenos que están presentes con mayor frecuencia y causan el daño más severo lo que concuerda con la línea 2IK16-0816 y 2IK16-0899 las cuales mostraron una mayor severidad de septoria en el factor 1.

Dicha baja severidad puede ser el resultado de una confluencia de diversos factores, que podrían incluir la resistencia genética propia de las líneas evaluadas, condiciones ambientales específicas, o prácticas de manejo agronómico que pueden haber inhibido la proliferación del patógeno. Además, las fluctuaciones anuales en las condiciones climáticas y las diferencias en las prácticas agrícolas entre las regiones de estudio también pueden haber jugado un papel crucial en la reducción de la severidad de la enfermedad.

4.19.5 Enfermedad en espiga (Carbón)

Mediante la medición de la incidencia de enfermedades, la variable incidencia de enfermedad en espiga $0.094 > p$ -value por tal razón no existe diferencia significativa entre incidencia de escaldadura y las líneas de cebada evaluadas (Tabla 32).

Tabla 32.*ADEVA de Enfermedad en espiga.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Línea	17	70	15.46	<0.0001
Tratamiento	1	70	0.17	0.6843
Línea:Tratamiento	17	70	1.58	0.094

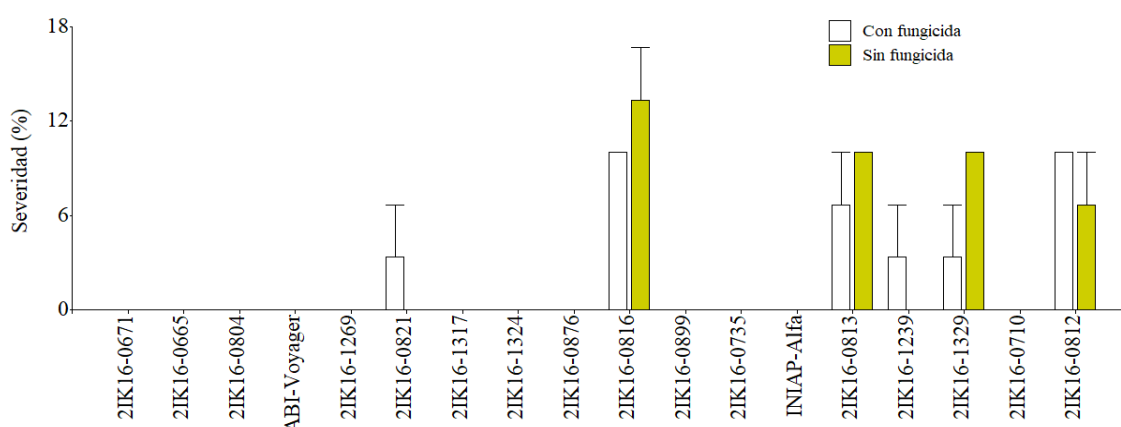
En la Figura 41 se evidencia que las líneas con el valor más alto de incidencia de Enfermedad de la espiga son (2IK16-0812 y 2IK16-0816) con 10%, (2IK16-0821, 2IK16-1239 y 2IK16-1329) con un valor de 3.33%, seguidamente de la línea 2IK16-0813 con un valor de 6.67%, por

otro lado, el valor más bajo es de las demás líneas con un valor de 0% demostrando que no presentan valores de incidencia.

Para el manejo de las variables sin fungicida el valor más alto fue de la línea 2IK16-0816 con 13.33% de incidencia, mientras que el valor más bajo de las demás líneas es de 0% a excepción de la línea 2IK16-0812 con 6.67%, seguidamente de las líneas (2IK16-0813 y 2IK16-1329 con un valor de 10%.

Figura 41.

Enfermedad en espiga (Carbón) de las 18 líneas de cebada maltera.



Las implicaciones económicas derivadas de la severidad de las enfermedades en los cultivos de cebada constituyen un área de interés crítico, especialmente en el contexto de la optimización de prácticas de manejo de cultivos. En la presente información, se ha identificado que las líneas 2IK16-0812, 2IK16-0816, 2IK16-0821, 2IK16-1239 y 2IK16-1329, cuando son tratados con fungicida, así como las líneas 2IK16-0816, 2IK16-0812, 2IK16-0813 y 2IK16-1329 en ausencia de tratamiento fungicida, exhiben una severidad de enfermedad que permea el umbral económico, tal como se ha establecido en estudios previos.

Larran (2022) proveyó un marco de referencia valioso en este ámbito, documentando en su investigación una severidad del 0.02% y estableciendo un umbral económico de afección de 2.23%, donde valores superiores a este punto de referencia son considerados como perjudiciales desde una perspectiva económica. Es fundamental mencionar que este umbral constituye un parámetro crítico, ya que la superación del mismo implica un impacto negativo en la viabilidad económica de los cultivos.

Por otro lado, la investigación conducida por Flores (2023) también esclarece el panorama en cuanto a la correlación entre severidad de la enfermedad y repercusiones económicas. Flores reportó una severidad del 1.6% para la variedad Andreia, un valor que se sitúa por debajo del umbral económico, sugiriendo que, a pesar de la presencia de la enfermedad, la viabilidad económica del cultivo no se vio comprometida de manera sustancial.

La disparidad observada entre estas investigaciones y los hallazgos actuales, particularmente en el contexto de las diferentes líneas y condiciones de tratamiento, sugiere que la dinámica entre la severidad de la enfermedad y su impacto económico puede estar modulada por una serie de factores, incluyendo la genética, de las líneas de cebada y las condiciones ambientales prevalentes durante el ciclo de crecimiento.

4.20 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

Se emprendió un examen exhaustivo del manejo fitosanitario de 18 líneas distintas de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.), con un enfoque particular en la evaluación minuciosa de los costos de producción y los ingresos derivados de las ventas (Tabla 33). La estructuración de los costos se efectuó mediante una clasificación meticulosa en diversas categorías, las cuales fueron posteriormente agrupadas en costos directos e indirectos, todos ellos asociados con la producción de cebada. Este análisis tomó en cuenta las condiciones bajo las cuales se implementaron tratamientos con fungicidas, así como escenarios en los que estos no fueron aplicados (véanse los Anexos 1 y 2 para un desglose detallado de los costos). Además, se aprovecharon datos de rendimiento en campo para cada tratamiento, los cuales fueron convertidos a USD ha⁻¹.

Tabla 33.

Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas del cultivo de cebada maltera.

Indicadores	T3	T4	T11	T6	T28	T27	T20	T22
	2IK16-0710	2IK16-0804	2IK16-0899	2IK16-0821	2IK16-1329	2IK16-1324	2IK16-0671	2IK16-0804
Rendimiento								
kg ha-1	5160	4800	4650	4630	5850	5710	5640	5630
Quintales/ha	114,67	106,67	103,33	102,89	130	126,89	125,33	125,11
P.V.P	\$22,00	\$22,00	\$22,00	\$22,00	\$22,00	\$22,00	\$22,00	\$22,00
Ingresos por venta	\$2.522,67	\$2.346,67	\$2.273,33	\$2.263,56	\$2.860,00	\$2.791,56	\$2.757,33	\$2.752,44
Costos de producción	1732,05	1701,65	1690,25	1686,45	1759,65	1744,45	1740,65	1740,65
Utilidad	\$790,62	\$645,02	\$583,08	\$577,11	\$1.100,35	\$1.047,11	\$1.016,68	\$1.011,79
B/C	1,46	1,38	1,34	1,34	1,63	1,60	1,58	1,58

En la tabla 32 se puede apreciar un análisis y comparación de los ingresos entre las líneas que alcanzaron mayor rendimiento, cabe mencionar que se encuentran cuatro líneas con fumigación y cuatro sin fumigación. De esta manera se puede observar que para el tratamiento con fumigación la línea 2IK16-0710 es la mejor obteniendo una producción de 114 quintales/ha y una relación beneficio costo de \$1.46, mientras el tratamiento sin fumigación obtuvo mejores rendimientos siendo la línea 2IK16-1329 la que generó una producción de 130 quintales/ha y una relación beneficio costo de \$1.63.

Datos semejantes obtuvieron Cajamarca y Montenegro (2015), en su estudio de 13 líneas promisorias alcanzando valores entre 1,32 y 2,66 USD de relación B/C, encontrándose los resultados del presente estudio dentro de estos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En síntesis, la línea 2IK16-0813 exhibió la preeminencia en altura de planta, registrando 112 cm y 105 cm con y sin aplicación de fumigación, respectivamente. Este incremento en la altura correlaciona con una incidencia de acame del 40% y del 33.33%, respectivamente, constituyendo este factor como un elemento crucial que contribuye a la pérdida de producción en cebada maltera. En contraparte, la línea 2IK16-0804, cuando fue sometida a fumigación, registró una altura 20 cm inferior, lo que se tradujo en una reducción del 26.7% en la incidencia de acame. Por lo cual la selección de líneas de cebada maltera promisorias requiere una evaluación meticulosa tanto del rendimiento como de la calidad del grano, considerando factores como el contenido de proteínas, la capacidad de malteo y la resistencia a condiciones adversas y plagas. No solo es vital asegurar que las líneas seleccionadas cumplan con los estándares de calidad y rendimiento, sino también que demuestren robustez y adaptabilidad a diversas condiciones ambientales. La alineación de la calidad del grano con las expectativas de los cerveceros y las preferencias del mercado es crucial para equilibrar la viabilidad agronómica con la calidad del grano para satisfacer las demandas de la industria.
- En relación a las enfermedades predominantes en la cebada maltera, se observará que las líneas sujetas a fumigación experimenten una menor incidencia en comparación con sus contrapartes no fumigadas. Específicamente, las líneas 2IK16-0812, 2IK16-0808 y 2IK16-1317 presentaron la menor incidencia de Roya, con un 1.18%. Por otro lado, para las enfermedades Mancha en Red y Septoria, la línea 2IK16-0665 exhibió la menor incidencia, con valores de 4.04% y 0%, respectivamente.
- En cuanto los tratamientos para la producción de cebada maltera, el tratamiento con fumigación la línea 2IK16-0710 es la mejor obteniendo una producción de 114 quintales/ha y una relación beneficio costo de \$1.46, mientras el tratamiento sin fumigación obtuvo mejores rendimientos siendo la línea 2IK16-1329 la que generó una producción de 130 quintales/ha y una relación beneficio costo de \$1.63.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se aconseja emprender investigaciones adicionales enfocadas en explorar la eficacia de diversos regímenes de fertilización aplicados a las líneas 2IK16-0804, 2IK16-0671, 2IK16-0812, 2IK16-0808 y 2IK16-1317, las cuales demostraron un rendimiento destacado en múltiples variables en el presente estudio. La implementación de esta recomendación permitirá determinar estrategias óptimas de fertilización para potenciar la producción de cebada maltera en la localidad en cuestión.
- Se sugiere la ejecución de este estudio en distintas regiones del país productoras de cebada, dada la premisa de que las condiciones edafoclimáticas influyen sustancialmente en los cultivos y, por ende, suelen variar significativamente de una localidad a otra. La replicación de la investigación en diversas zonas permitiría la validación y adaptación de las conclusiones y recomendaciones a diferentes contextos geográficos y climáticos.
- Se propone la realización de ensayos a mayor escala con las líneas 2IK16-0804, 2IK16-0671, 2IK16-0812, 2IK16-0808 y 2IK16-1317, dadas las respuestas favorables obtenidas en las condiciones experimentales previas. La ampliación del área de cultivo para estas líneas permitiría una evaluación más detallada y representativa de los aspectos relacionados con el rendimiento y la calidad, facilitando así la extrapolación de los resultados a escenarios de producción comercial.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Abeledo, G. (2018) *Limitantes al rendimiento en trigo y cebada*. Agronomía y ambiente, 73. Buenos Aires – Argentina.
- Álvarez Díaz, Paulino A., Luna Flores, Maximino, Hernández Martínez, José, Lara Herrera, Alfredo, Salas Luévano, Miguel Ángel, & Cabañas Cruz, Bertoldo. (2006). Sistemas de Producción de Cebada Maltera (*Hordeum vulgare* L.) en el Estado de Zacatecas, México. *Agricultura técnica en México*, 32(2), 181-190. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200006&lng=es&tlng=es
- Amaguaña, F. (2022).** *Evaluación de la adaptación y comportamiento productivo de ciento cuarenta y cuatro líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la estación experimental Tunshi*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]
- Ambula, K., James, O., & Charimbu, M. (2022). Evaluation of yield and yield components of advanced Kenyan barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *African Journal of Biological Sciences*, 4(2) 46-56. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4084485
- Andrade, D. (2020). Caracterización fisicoquímica de nueve líneas de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) aplicando métodos tradicionales. [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas].
- Arias, G. (1991). Calidad industrial de la cebada cervecera. Montevideo-Uruguay: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA.
- Ayo Simbaña, M. R. (2015) *Evaluación de la resistencia a roya amarilla (puccinia striiformis f. sp. hordei) y roya de la hoja (puccinia hordei) en el germoplasma promisorio de cebada (hordeum vulgare l.) del INIAP en dos localidades de Pichincha* [Tesis de tercer nivel, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4539/1/T-UCE-0004-5.pdf>
- Basantes, E. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
- Bernardi, L. (2015). *Producción de cebada*. Subsecretaría de Alimentos y Bebidas. [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=119#:~:text=La%20cebada%20\(Hordeum%20vulgare\)%20desciende,para%20animales%20como%20para%20humanos](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=119#:~:text=La%20cebada%20(Hordeum%20vulgare)%20desciende,para%20animales%20como%20para%20humanos)
- Bernardi, L. (2019). *Perfil de la cebada*. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf

- Borsini, J. (2019). *Fertilización en cebada cervecera (*Hordeum vulgare L.*) con ure y urea con inhibidor de ureasa en dos momentos de aplicación*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Luján] <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/1148/5-Agronomia-TFA%20BORSINI%20JUAN%20MARCOS%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabañas-Cruz, B., Galindo-Gonzales, G., Mena-Covarrubias, J. y Medina-García, G. (2004). *La siembra en surcos y corrugaciones con pileteo en cebada maltera de temporal en Zacatecas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/LA_SIEMBRA_EN_SURCOS_Y_CORRUGACIONES_CON_PILETEO.pdf
- Cajamarca-Guardazaca, B. G. (2015). *Selección de una línea provisoria de cebada (*Hordeum vulgare L.*) Bio-Fortificada, de grano descubierto y bajo contenido de en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana*. [Tesis de tercer nivel, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS%20CEBADA.pdf>
- Caluguillin, E. (2023). *Evaluación agronómica de 144 líneas promisorias de cebada maltera (*Hordeum vulgare L.*) en la granja experimental “La pradera” Chaltura-Imbabura*. [Tesis de tercer nivel, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13683/2/03%20AGP%20353%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Carrillo, F., & Minga, F. (2021). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi. *Polo del Conocimiento*, 6(1), 637-655.
- Castañeda-Saucedo, M. C., López-Castañeda, C., Molina-Moreno, J., Colinas-León, T. B. y Libera-Hernández, A. (2004). Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(2), 167-175. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61027207.pdf>
- Castañeda-Saucedo, M. C., López-Castañeda, C., Molina-Moreno, J., Colinas-León, T. B. y Libera-Hernández, A. (2009) Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Revista fito-técnica mexicana* 24(4), 0378-1844
- Castro, A., Hoffman, E., & Viega, L. (2011). Limitación para la productividad de trigo y cebada, Montevideo, Uruguay. *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Obtenido de http://www.metrico.udl.cat/es/misc/Limitaciones_para_la_productividad_de_trigo_y_cebada_2011.pdf
- Chicaiza, K. (2014). *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*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar].
- Chicaiza-Quelal, J. A. (2018). *Producción y comercialización de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) en la provincia del Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].

- <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8657/1/03%20AGN%20042%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Coque, K. (2020). *Evaluación de la calidad maltera para la elaboración de cerveza con la línea promisorio CM-09-003 procedente de siete localidades*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].
- Escobar, F. (2018). *Efecto de la densidad de siembra de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con respecto a sus parámetros productivos y composición química bromatológica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2081/TESIS_2018_ZOOTECNIA_VIANEY%20ESCOBAR%20FELIX.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Etchevers, G., Banasik, O., y Watson, C. (1976). A method for instrumental measurement of barley color. *Cereal Chemistry*
- FAO. 2001. *Trigo Regado: Manejo del Cultivo*. Por: Rawson H, Gómez H. Roma, Italia. ISBN 92-5-304488-8. <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#>
- Flores, A. (2023). *Evaluación del desempeño agronómico y la adaptabilidad de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13682>.
- García, A. (2017). Densidad de Siembra en Trigo. *INIA*, 18. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6995/1/revista-INIA-49.p.17-22.pdf>
- Garófalo, J. (2012). *Extracción de Nutrientes por el cultivo de cebada*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].
- Garrido, B. (2017). *Evaluación del comportamiento agronómico y cinco niveles de fertilización en dos variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en Tushi Provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/8177/1/13T0856.pdf>
- González, M., Zamora, M., & Solano, S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 159-171. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Gonzalez-49/publication/298757239_Evaluacion_agronomica_y_fisica_en_lineas_avanzadas_de_cebada_maltera/links/56eac03b08aee3ae24a28b6e/Evaluacion-agronomica-y-fisica-en-lineas-avanzadas-de-cebada-maltera.pdf
- González, M., Zamora, M., Huerta, H., & Hernández, S. (2013). Eficiencia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 127-1250. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263128356010.pdf>
- González, M., Zamora, M., & Solano, S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 159-171. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000100159&lng=es&tlng=es.

- Gonzales, M., Zamora, M., Solano, S., Huerta, R., Gómez, R., & Rojas, I. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985- 2020). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15-16-17.
- Grignola, M. (2018). *Factores genéticos que afectan las sub fases de la fenología de una población de cebada (Hordeum vulgare L.) en Uruguay*. [Tesis de posgrado, Universidad de la Republica]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29863/1/GrignolaMart%3%adnMar%3%adaP%3%ada.pdf>
- Gutiérrez, L., & Pérez, L. (2020). *Caracterización y evaluación de 20 accesiones de maíz (Zea mays L.) procedente del banco nacional de germoplasma del Instituto nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/4048/1/tnf30g984a.pdf>
- Hasan, A., Sait, A., Ayse, A., Akkaya, M., & Zeybek, A. (2018). Agronomic and quality evaluation of rainfed barley (*Hordeum vulgare L.*) in eastern mediterranean condition. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 6532-6546. Obtenido de <http://acikerisim.mu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12809/1633/Ay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hoyle, A., Brennan, M., Jackson, G., y Hoad, S. (2019). Increased grain density of spring barley (*Hordeum vulgare L.*) is associated with increase in grain nitrogen. *Cereal Science*
- Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. (2019). *Cultivo de la Cebada*. <https://icamex.edomex.gob.mx/cebada>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA., 1996). *Control químico de enfermedades en el trigo*. <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160344.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2004). *Cebada*. [http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20\(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20\(10%20000%20ha](http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20(10%20000%20ha)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2011). *Guía práctica para los productores de cebada de la sierra sur*. (Boletín divulgativo N°404). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1106/1/404.PDF>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2020). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*. (Primera Edición, Manual No. 116). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>.

- Lema-Aguirre, A. C., Basantes-Morales, E. M., Pantoja-Guamán, J. L., (2017), *Producción de cebada (Hordeum vulgare L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador*. Agron. Mesoam 28(1). <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.22705>.
- Lucero, S (2013). *Modelamiento a través de un SIG para la zonificación agroecológica de los principales cultivos (papa, maíz, brócoli, cebolla blanca, cebada y pasto) dentro de la parroquia de Alóag*. [Tesis para Magíster, Universidad San Francisco], <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1663/1/106532.pdf>
- MAGAP. (2017). *1 464 hectáreas de cebada variedad Metcalfe y Cañicapa seran sembradas en la Zona 3*. Obtenido de Agricultura: <http://www.agricultura.gob.ec/1-464-hectareas-de-cebada-variedad-metcalfe-y-canicapa-seran-sembradas-en-la-zona-3/>
- Navarrete, D. (2015). *Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (Hordeum distichum L.)*. [Tesis de posgrado, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas] http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2623/Navarrete_Rojas_D_MC_Edafologia_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Orrala-Sorlano, K. A. (2020), *Valoración agronómica de 120 líneas promisoras de cebada cervecera en el azúcar – Santa Elena*. [Tesis de tercer nivel, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5402/1/UPSE-TIA-2020-0013.pdf>
- Orús, A. (2022). *Los diez mayores productores mundiales de cebada en 2020*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1124490/principales-paises-productores-de-cebada-en-el-mundo/#:~:text=Los%20diez%20mayores%20productores%20mundiales%20de%20cebada%20en%202020&text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20total%20de,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%2C%20respectivamente.>
- Peñaherrera-Bunce, A. E. (2013, abril). *Estudio de mercado y análisis financiero para la creación de una empresa productora de cerveza artesanal en el distrito metropolitano de Quito, con énfasis en el uso de la marca de la primera cervecera creada en América*. [Tesis de tercer nivel, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6322/T-PUCE-6510.pdf?sequence=1#:~:text=En%20Ecuador%2C%20estos%20grupos%20conforman,Brahma%2C%20Brahma%20Beats%20y%20Zenda>
- Pérez-Poicón, J. M. (2010, 3 de junio). *La cebada*. La cebada 10. <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>
- Piguave-Gordillo, L. (2016, enero). *La rentabilidad del sector de las bebidas alcohólicas en el Ecuador – caso Cervecera Nacional*. [Tesis de maestría Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9956/1/TESIS%20PIGUAVE.pdf>
- Producción Agrícola Mundial, (2022). *Producción Mundial de Cebada 2021-2022*. <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/cebada.aspx>

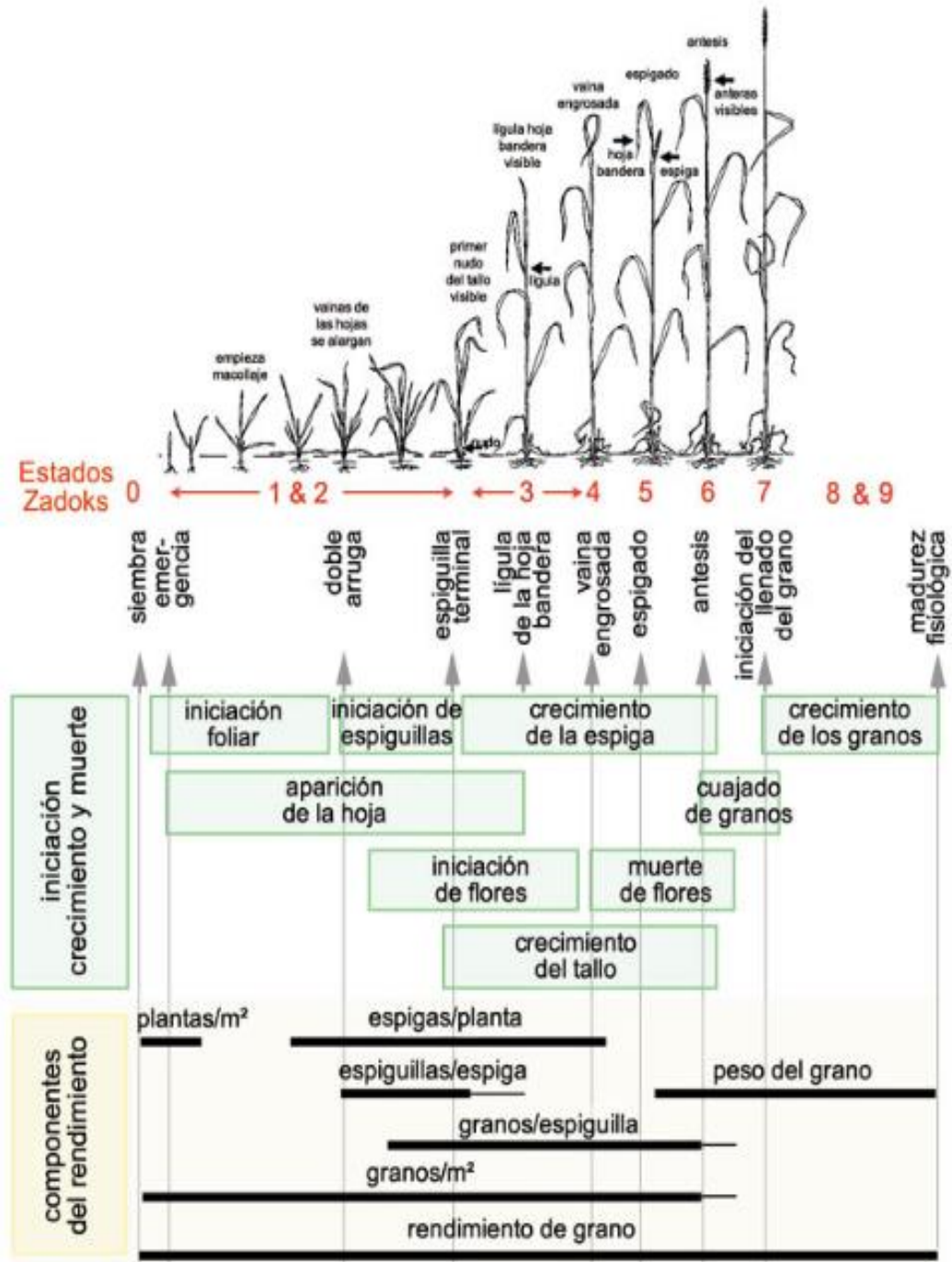
- Quelal-Altamirano, N. C. (2014). *Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe (hordeum vulgare L.) en Chaltura-Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2814/1/03%20AGP%20172%20TE%20SIS.pdf>
- Rani, H., & Bhardwaj, R. (2021). Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. *Journal of Food Science*. 86(8), 3322-3340. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.15858>
- Ríos, D., Brito, R., & Delgado, H. (2011). Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) diferenciados por su tipo de espiga y grano. *Actualidad y Divulgación Científica*, 14(2), 55-63. doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.775>.
- Rivas, F. (2020). Estudio de los efectos de la variedad y el calibre de la semilla sobre la emergencia y el crecimiento inicial del trigo candeal. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Sur] <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5274/Rivas,%20Facundo%20Trabajo%20de%20Intensificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- Rosales-Ledesma, J.C. (1999, abril). *El cultivo de La Cebada (Hordeum vulgare) y sus principales Plagas y Enfermedades*. [Tesis de tercer nivel, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/730/T10218%20ROSALES%20LEDESMA%20JUAN%20CARLOS%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruíz, T. (2018). *Determinación de la floración en una población de cebada (Hordeum vulgare L.) bajo condiciones mediterráneas y sus implicaciones agronómicas*. [Tesis de pregrado, Universidad de León] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221308>
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2019). *Hordeum vulgare var. Vulgare*. Argentina.gob.ar. <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/hordeum-vulgare-var-vulgare>
- USDA. (2016). *Hordeum vulgare L.* Obtenido de United States Department of Agriculture: <http://plants.usda.gov/>
- Vivar-Romero, M. E. y Gordillo-Ortiz, T. (2021). *Selección de líneas avanzadas de cebada (Hordeum vulgare L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad. Chimborazo*. [Tesis de tercer nivel, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35986/6/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Wade, A., Froment, M., y Muller, R. (2003). *Barley quality and grain size homogeneity for malting*. 1(320).

Wilson-García, C. Y., Hernández-Garay, A., Ortega-Cerilla, E., López-Castañeda, C., Bárcena-Gama, R., Zaragoza-Ramírez, J. L. y Aranda-Osorio, G., (2017), *Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo 49(2). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652017000200006&script=sci_arttext&tlng=en

VI. ANEXOS

Anexo 1.

Estados fenológicos de la cebada, variables agronómicas y de rendimiento que se evalúan en cada uno de sus estados



Fuente: FAO, (2001).

Anexo 2.

Costos de producción promedio de las líneas cerveceras con fumigación.

COSTOS DE PRODUCCION CEBADA CF						
COSTOS DIRECTOS						
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P Unit USD	Sub Total USD	%
Preparación de suelo					205	13,11
Análisis de suelo	Análisis	Muestra	1	25	25	
Arada	Tractor	Hora	4	20	80	
Rastrada 2 pases	Tractor	Hora	3	20	60	
Cruzas	Tractor	Hora	2	20	40	
Siembra y Fertilización					316	22,9
Semilla	Líneas	kg	100	0,35	35	
Siembra	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Fertilizantes	DAP	kg	150	0,9	135	
	SULFOMAG	kg	100	0,7	70	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Flete Semillas y abono	Transporte	Flete	1	20	20	
Tapado de semillas	Tractor	hora	1	20	20	
Labores Culturales					200,44	11
Control Malezas Emergencia	D´amina	Unidad	2	9,62	19,24	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Control Fitosanitario	Tebuconazole BLANKET	Unidad	1	21,2	21,2	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Fertilización complementaria	Urea	kg	100	1	100	

	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Deshierbe	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Cosecha y poscosecha					541,8	29,1
Cosecha y poscosecha	Mano de obra	Jornal	10	12	120	
Trilladora	Alquiler	sacos	106	3	318	
Secado	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Limpieza, claseado y ensacado	Mano de obra	Jornal	4	12	48	
	Envase	Sacos	106	0,3	31,8	
Comercialización					77	4,01
Venta en mercado	Transporte	flete	106	0,5	53	
	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS					1340,24	80,12
COSTOS INDIRECTOS						
Nombre	Unidad	Cantidad	P Unit USD	Sub Total USD	%	
Administración	%CD	5		61,85		
Arrendamiento Tierra	\$/ha/ciclo	1	200	200		
Interés Capital	%CD	5		61,85		
Imprevistos	%CD	3		37,71		
SUBTOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					361,41	19,88
COSTO TOTAL					1701,65	100

Anexo 3.

Costos de producción promedio de las líneas cerveceras sin fumigación.

COSTOS DE PRODUCCION CEBADA CF						
COSTOS DIRECTOS						
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P Unit USD	Sub Total USD	%
Preparación de suelo					205	13,11
Análisis de suelo	Análisis	Muestra	1	25	25	
Arada	Tractor	Hora	4	20	80	
Rastrada 2 pases	Tractor	Hora	3	20	60	
Cruzas	Tractor	Hora	2	20	40	
Siembra y Fertilización					316	22,9
Semilla	Líneas	kg	100	0,35	35	
Siembra	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Fertilizantes	DAP	kg	150	0,9	135	
	SULFOMAG	kg	100	0,7	70	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Flete Semillas y abono	Transporte	Flete	1	20	20	
Tapado de semillas	Tractor	hora	1	20	20	
Labores Culturales					148	11
Control Malezas Emergencia	D´amina	Unidad	0	0	0	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	
Control Fitosanitario	Tebuconazole BLANKET	Unidad	0	21,2	0	
	Mano de obra	Jornal	0	12	0	
Fertilización complementaria	Urea	kg	100	1	100	
	Mano de obra	Jornal	1	12	12	

Deshierbe	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Cosecha y poscosecha					541,8	29,1
Cosecha y poscosecha	Mano de obra	Jornal	10	12	120	
Trilladora	Alquiler	sacos	106	3	318	
Secado	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
Limpieza, claseado y ensacado	Mano de obra	Jornal	4	12	48	
	Envase	Sacos	126	0,3	37,8	
Comercialización					77	4,01
Venta en mercado	Transporte	flete	126	0,5	63	
	Mano de obra	Jornal	2	12	24	
SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS					1287,8	80,12

COSTOS INDIRECTOS

Nombre	Unidad	Cantidad	P Unit USD	Sub Total USD	%
Administración	%CD	5		61,85	
Arrendamiento Tierra	\$/ha/ciclo	1	200	200	
Interés Capital	%CD	5		61,85	
Imprevistos	%CD	3		37,71	
SUBTOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				361,41	19,88
COSTO TOTAL				1649,21	100
