



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15
VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL
INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, 2024”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma.

Autora:

Serna Illicachi Nataly Jajaira

Tutor:

Jiménez Jácome Cristian Santiago

Co tutor:

Garófalo Sosa Javier Alberto

LATACUNGA- ECUADOR

Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Serna Illicachi Nataly Jajaira, con cédula de ciudadanía No. 1725421737, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,2024”**, siendo el Ingeniero Mg. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Nataly Jajaira Serna Illicachi
C.C: 1725421737
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SERNA ILLICACHI NATALY JAJAIRA**, identificada con cédula de ciudadanía **1725421737** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,2024**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: abril 2021 - agosto 2021

Finalización de la carrera: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: Ing. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,2024**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2025.

Nataly Jajaira Serna Illicachi
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,2024”, de Serna Illicachi Nataly Jajaira, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Ing. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Mg.
C.C: 0501946263
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Serna Illicachi Nataly Jajaira, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO,2024”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

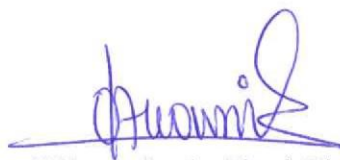
Latacunga, 20 de febrero del 2025



Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

C. C: 0502672934

D. LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

C.C: 0502409725

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Mse. Carlos Torres Miño. PhD.

CC: 0502329238

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar un agradecimiento especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por permitirme estudiar en sus instalaciones y desarrollar un entorno académico en el cual complete mi formación académica.

por el apoyo incondicional que me brindaron durante todo este proceso investigativo y compartirme sus conocimientos y experiencias, ya que han sido fundamentales para la realización de esta investigación. Quiero expresar un agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP en especial a los Ingenieros Javier Garófalo y Javier Noroña del Programa de Cereales,

A mi tutor Ing. Mg. Santiago Jiménez le agradezco por su orientación, esfuerzo y apoyo, el tiempo y paciencia que ha invertido en el proceso de esta investigación ya que, ha sido fundamental para la culminación exitosa de la presente investigación.

A la responsable de mi proyecto vinculado Ing. Mg. Karina Marín quien me ha brindado su apoyo no solo en el éxito de esta investigación también, en todo mi proceso formativo académicamente a lo largo de mi carrera Universitaria.

A toda mi familia por brindarme su apoyo moral y económico, y en especial a mi madre Susana por ser una mamá excepcional, ya que, me ha brindado apoyo y amor incondicional, y por todo el esfuerzo que a dedicado en mi proceso académico.

A mis amigos Evelin, Daniela, Joel, Mateo, Daniel y Estefanía por brindarme su amistad y compañía en cada momento compartido, gracias por su amistad incondicional.

Nataly Jajaira Serna Illicachi

DEDICATORIA

El presente proyecto de Titulación se la dedico principalmente a Dios quien me ha guiado en todas las etapas de mi vida, por concederme fuerza en momentos difíciles, sabiduría y esperanza en cada nuevo comienzo, y a mi madre Susana Illicachi por todo el apoyo y amor que me ha brindado en todo mi proceso formativo, esta tesis es un reflejo de su amor y apoyo incondicional.

A mi tía Lucrecia por siempre apoyarme moralmente con sus consejos y no permitirme decaer en momentos difíciles, a mi prima Carla por ser una prima increíble y a mi tía Beatriz por su apoyo y amor incondicional.

Y a todas las personas que me acompañaron y estuvieron presentes en esta etapa de mi vida.

Nataly Jajaira Serna Illicachi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 15
VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO,2024”.**

Autora: Serna Illicachi

Nataly Jajaira

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes debido a que se cultiva para procesamientos de pienso, malteado, alimento humano y semilla. En Ecuador la producción de cebada es trascendental para la seguridad alimentaria y para los pequeños productores es una fuente de ingresos económicos, sin embargo, este cultivo se ve afectado por cambios climáticos como la sequía, la cual afecta directamente a la producción y calidad. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la tolerancia a la sequía de las 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP, bajo condiciones de invernadero. Con la finalidad de lograr este objetivo se implementó un total de 30 tratamientos bajo un diseño de parcelas divididas con 90 unidades experimentales, en las cuales se probaron dos láminas de riego, la primera en capacidad de campo (CC); 100% de humedad y la segunda en sequía, con el 50% de (CC). Las variables evaluadas fueron: Hábito de crecimiento, vigor de planta, altura de la planta, días al espigamiento, número de macollos, longitud de espiga, materia seca, número de granos por espiga, tipo de grano y rendimiento. Entre los resultados obtenidos, se determinó que la variedad INIAP-TERAN 78 fue la que presentó el menor porcentaje de pérdida de rendimiento con un 6,4 % frente al rendimiento de capacidad de campo (CC), seguida de la variedad INIAP- ATAHUALPA 92 e INIAP PALMIRA 2014 con porcentaje de pérdida de 9 a 12 %, demostrando su tolerancia a la sequía. De manera general, las variedades que mejor comportamiento y respuesta agronómica presentaron fueron: INIAPPALMIRA 2014, INIAP-GUARANGA 2010, INIAP-ALFA 2021 e INIAP- INIAP-DORADA 71. Como conclusión del presente trabajo de investigación, se puede decir que, todas las variedades de cebada fueron afectadas por la sequía, sin embargo, se observaron diferentes niveles de tolerancia.

Palabras claves: sequía, cebada, INIAP, variedades, tolerancia

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

THEME: ‘EVALUATION OF DROUGHT TOLERANCE IN 15 VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) RELEASED FROM INIAP UNDER WINTER CONDITIONS, 2024’.

Author:
Serna Illicachi Nataly Jajaira

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most important cereal crops because it is grown for feed processing, malting, human food and seed. In Ecuador, barley production is crucial for food security and for small farmers it is a source of income. However, this crop is affected by climatic changes such as drought, which directly affects production and quality. The present research aims to evaluate the drought tolerance of 15 varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.) released from INIAP, under greenhouse conditions. In order to achieve this objective, a total of 30 treatments were implemented under a split plot design with 90 experimental units, in which two irrigation schedules were tested, the first in field capacity (CC); 100% humidity and the second in water deficit, with 50% of (CC). The variables evaluated were: Growth habit, plant vigor, plant height, days to heading, number of tillers, ear length, dry matter, number of grains per ear, grain type and yield. Among the results obtained, it was determined that the INIAP-TERAN 78 variety was the one that presented the lowest percentage of yield loss with 6.4% compared to the field capacity (CC) yield, followed by the INIAP- ATAHUALPA 92 and INIAP PALMIRA 2014 varieties with a loss percentage of 9 to 12%, demonstrating its tolerance to drought. In general, the varieties that showed the best behavior and agronomic response were: INIAP-PALMIRA 2014, INIAP-GUARANGA 2010, INIAP-ALFA 2021 and INIAP- INIAP-DORADA 71. As a conclusion of this research work, it can be said that all barley varieties were affected by the applied water deficit, however, different levels of tolerance were observed.

KEYWORDS: Drought, Barley, INIAP, Varieties, Tolerance.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	1
2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
3. PROBLEMÁTICA.....	3
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
5. OBJETIVOS:.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.5. ETAPAS FENOLÓGICAS.....	9
7.6. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS	11
7.8. MANEJO DEL CULTIVO	13
7.9. Preparación del suelo.....	14
7.10. Labores postcosecha	15
7.11. Variables agronómicas y morfológicas	16
7.17. Variedades del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).....	21
7.18. Factores abióticos que afectan el cultivo de cebada.....	22

7.19. Láminas de riego	23
7.20. Condiciones de invernadero	23
8. VALIDACION DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	24
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
9.1. Área del estudio.....	24
9.6. DISTRIBUCION DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA	30
9.9. MATERIALES Y METODOS DE RECOLECCION DE DATOS	34
9.10. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	35
9.13. VARIABLES	37
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
10.1. VARIABLES AGRONÓMICAS	40
10.2. Análisis de varianza.....	50
11. CONCLUSIONES	82
12. RECOMENDACIONES.....	83
13. BIBLIOGRAFÍAS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distribución de la parcela experimental en invernadero	29
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 2. Clasificación Taxonómica	8
Tabla 3. Factores a considerar para altura de planta	17
Tabla 4. Factores a considerar para tamaño de espiga	17
Tabla 5. Factores a considerar para número de granos /espiga	18
Tabla 6. Factores que afectan bióticos y abióticos	19
Tabla 7. Factores que afectan al tipo de grano	20

Tabla 8. Características de las variedades INIAP	21
Tabla 9. Características del área de estudio	25
Tabla 10: Modelo Parcelas Divididas	26
Tabla 11. Variables independientes y dependientes	27
Tabla 12. Tratamientos utilizados en el Ensayo	28
Tabla 13. Diseño de la parcela en invernadero	30
Tabla 14. Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.	36
Tabla 15. Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales.	36
Tabla 16. Escala de evaluación para tipo de grano en cebada.....	38
Tabla 17. Prueba de medias para la variable vigor.	39
Tabla 18. Promedio para la variable Habito de planta.	41
Tabla 19. Promedios de la variable días al espigamiento.	43
Tabla 20. Prevalencia del tipo de grano por variedad en las dos láminas de riego.	45
Tabla 21. ADEVA para variable altura de planta en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero.	48
Tabla 22. Prueba Fisher para láminas en la variable altura de Planta.	49
Tabla 23. Prueba de tukey al 5% de Interacción lamina por Variedad para la variable Altura planta (cm).	50
Tabla 24. ADEVA para variable número de macollos en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero,2024.	54
Tabla 25. Prueba de Fisher para laminas en número de macollos.	54
Tabla 26. Prueba de Tukey para Variedades para número de macollos	54
Tabla 27. Tukey 5% de interacción entre lámina por Variedad en la variable número de macollos.	56
Tabla 28. ADEVA para variable Peso de materia seca en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de	

invernadero,2024.	
59 Tabla 29. Fisher de Lámina para variable Peso materia seca.	
59 Tabla 30. Promedios de la interacción entre lámina por variedad para la variable Peso de materia seca (g/maceta).....	60
Tabla 31. ADEVA para variable Longitud de espiga en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero,2024.	
62 Tabla 32. Promedios de lámina en la variable longitud de espiga.	63
Tabla 33. Promedios de interacción lamina por variedad para la variable longitud de espiga.	
63	
Tabla 34. ADEVA para variable Número de granos por espiga en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero,2024.....	66
Tabla 35. Prueba de Fisher para láminas para variable número de granos por espiga.	66
Tabla 36. Tukey al 5% para interacción de lámina por variedad en la variable número de granos por espiga.	
67	
Tabla 37. ADEVA para variable Rendimiento en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero,2024.	
69 Tabla 38. Fisher para láminas en la variable rendimiento.	
69	
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para la interacción variedad por lámina en la variable rendimiento.	
70 Tabla 40. Perdida de rendimiento (diferencia de medias).	
72	
Tabla 41. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de desarrollo vegetativo	74
Tabla 42. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de madurez fisiológica.	75
Tabla 43. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de Calidad y Rendimiento ..	
76	
Tabla 44. Resultado total de variables toleradas de las diferentes variedades de cebada	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vigor promedio de la planta en la interacción de la lámina de riego por variedad.	40
Figura 2. Tukey al 5% habito de crecimiento de la planta en la interacción de lámina de riego por variedad.	42
Figura 3. Medidas de resumen de la variable días al espigamiento	44
Figura 4. Tukey sobre la interacción de lámina por variedad de la variable Altura de Planta (cm) a los 102 días.	54
Figura 5. Tukey en VARIEDAD para la variable de número de macollos.	56
Figura 6. Interacción en variable Número de macollos	58
Figura 7. Prueba de medias para interacción lamina por variedad en la variable Peso de materia seca.	61
Figura 8. Promedios entre lamina por variedad para la variable longitud de espiga (cm).	65
Figura 9. Tukey al 5% entre la interacción de lámina por variedad para Número de granos.	68
Figura 10. Tukey al 5% en la interacción lamina por variedad en la variable Rendimiento. .	71

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto:

Evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fecha de Inicio:

Octubre 2024

Fecha de finalización:

Marzo 2025

Lugar de ejecución:

Santa Catalina-Cutuglagua-Mejía-Pichincha-Zona 3-Institución Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- La Estación Experimental Santa Catalina.

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Agronomía.

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Mg.

Cotutor: Ing. Garófalo Sosa Javier Alberto, Mg.

Lector 1: Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Lector 2: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

Lector 3: Ing. Msc. Carlos Torres Miño. PhD.

Responsable del Proyecto:

Nombre: Nataly Jajaira Serna Illicachi

Teléfono: 0967127054

Correo electrónico: nataly.serna1737@utc.edu.ec

Área de conocimiento:

Agricultura – Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuarias

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Se basa en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad y los recursos naturales, basados en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, usos ancestrales de los recursos naturales, la adecuada atención al cambio climático y los ecosistemas frágiles. Permitiendo el desarrollo de planes de manejo, producción, equidad social y conservación del patrimonio natural, así como el uso racional de los recursos naturales para reducir y mitigar riesgos naturales.

Líneas de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología, y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio:

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de colaboración interinstitucional UTC- INIAP- Estación Santa Catalina.

2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios de la siguiente investigación son la Universidad Técnica de Cotopaxi y El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- Estación Experimental Santa Catalina.

Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la siguiente investigación son Agricultores, Instituciones públicas y asociaciones de productores agrícolas vinculadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- La Estación Experimental Santa Catalina.

3. PROBLEMÁTICA

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo de cereales que se distribuye a nivel global, ocupa el cuarto lugar en superficie cultivada después del trigo, maíz y arroz con 200 mil hectáreas potenciales para su cultivo y es de gran importancia para la seguridad alimentaria (Ponce et al., 2020). También es importante por su adaptabilidad ecológica y su diversidad en variedades, tiene múltiples utilidades tales como alimento humano, en la producción de pienso de animales y elaboración de malta para la producción de cerveza, en Ecuador se utiliza para producir machica y arroz de cebada, además, es eficiente y versátil en ámbitos industriales y agrícolas (Axayacatl, 2023). La cebada tiene un alto contenido de nutrientes como proteínas, minerales y azúcares solubles de 1,5 a 2,5 además tiene una fibra poco lignificada y tiene un bajo valor energético y contenido de lípidos a diferencia de otros cereales como el trigo y el maíz (Ponce-Molina et al., 2020).

A nivel mundial el mayor exportador de cebada y malta es la Unión Europea y los países que mayor importan cebada son China, Arabia Saudita y Japón, los países que conforman la región Andina el área de producción de cebada es Chile (15170 ha/miles), Ecuador (19500 ha/miles), Perú (146610 ha/miles), Bolivia (55700 ha/miles) y Colombia (4960ha/miles), la cebada en

esta región andina juega un papel sumamente importante a pesar de que su producción se realice en pequeñas extensiones agrícolas con escasas de tecnologías y diferentes altitudes las cuales llegan hasta los 4000 m.n.s.m., bajas precipitaciones y en suelos salinos, además, tiene importancia cultural y usos en alimentos humanos y en diferentes producciones de heno y ensilaje (Ponce-Molina et al., 2020). En el Ecuador Las provincias que cuentan con la mayor superficie sembrada son: Cotopaxi (2640 km²), Carchi (2419 km²), Pichincha (1197 km²), Cotopaxi (2640 km²) y por último Imbabura (976 ha) además tiene un desempeño positivo de 1,3 t ha⁻¹ de grano por superficie cosechada y un área de cultivo que apenas excede las 10000 ha (Ponce-Molina et al., 2020).

En la actualidad el cultivo de cebada se ve afectado en su producción por diversos factores uno de ellos es la intensidad de los cambios climáticos que enfrenta el mundo entero, las concentraciones altas de gases de efecto invernadero retienen más calor en la atmosfera, lo que causa el calentamiento global y con ello catástrofes como la sequía que causan efectos en la seguridad alimentaria y la agricultura (Caribe, 2018). La sequía es un fenómeno que afecta al cultivo de la cebada tanto en su comportamiento fisiológico, morfológicos, bioquímico y molecular como en sus etapas de desarrollo lo que es fundamental para obtener un buen rendimiento y producción de la planta, además, este fenómeno puede aumentar la incidencia de plagas y enfermedades (SNGR, 2020).

La siguiente investigación es importante ya que al evaluar 15 variedades de cebada que fueron mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) bajo condiciones de invernadero ayudara a identificar variedades de cebada tolerantes a la sequía, y con ello la disponibilidad de datos para programas de mejoramiento genético. Es importante el conocimiento de variedades que son tolerantes a la sequía ya que se puede optimizar la producción, ayudar en la sostenibilidad de conservación de agua, mantener la sostenibilidad alimentaria, ya que son, desafíos actuales y futuros que presenta la agricultura.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La sequía es un fenómeno natural complejo que afecta principalmente al sector agrícola causando reducción de la productividad de los cultivos como la cebada, degradación de la tierra y niveles menores de agua (FAO, 2019). Este fenómeno climático es un problema a nivel de la agricultura, Por lo tanto, es muy importante desarrollar variedades de cebada resistentes a

ambientes de sequía para poder utilizarlas en localidades que tengan limitaciones hídricas o en tiempos de sequías. El cultivo de cebada se ve afectado por los efectos de la sequía, en la disminución significativa en rendimiento de grano y otros parámetros como el número de granos y tamaño de espigas provocando variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada (Axayacatl, 2023). La cebada en el Ecuador es uno de los cultivos de cereales más importantes dentro de la canasta básica de familias en la sierra, además es el cuarto cereal más cultivado en el mundo (Ponce-Molina et al., 2020), los principales usos de la cebada son en la producción de insumos como, alimento para animales y humanos, y es materia prima indispensable para la industria de producción de malta y cerveza.

El siguiente proyecto de investigación “Evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.), bajo condiciones de invernadero” tiene como objetivo evaluar e identificar que variedades de cebada son más resistentes a la sequía por medio de su comportamiento al estar expuestas a ambientes de estrés hídrico. Los resultados que presente esta investigación se podrán utilizar para guiar programas de mejora genética ya que al obtener variedades más resistentes a la sequía se pueden realizar cruzamientos que desarrollen nuevas variedades de cebada con carácter resistente a la sequía. Los genotipos tolerantes a la sequía pueden manejar una productividad más alta en diferentes ambientes, lo que es ayuda asegurar el suministro de alimentos y con ello la sostenibilidad alimentaria (Mayor-Duran et al., 2016).

5. OBJETIVOS:

a. General

- “Evaluar la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero”

b. Específicos

- Identificar el comportamiento agronómico de las variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en presencia de sequía.
- Determinar la variedad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) que presente mejor rendimiento en presencia de sequía.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo Específico 1	Actividades	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Identificar el comportamiento agronómico de las variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en presencia de sequía.	Implementación del ensayo: Un DPD con treinta tratamientos y tres repeticiones	Área total: 6,468m ²	Libros de campo, Fotografías, Hojas de cálculo, gráficos, Croquis del ensayo
		Área neta: 4,332 m ²	
		Total 90 unidades experimentales	
	Evaluación y monitoreo de variables	Datos de variables a estudiar:	
	Vigor	Desarrollo de la planta (hojas y tamaño de la planta)	
	Habito de crecimiento	Forma de crecimiento de la planta (hojas y tallo)	
	Días al espigamiento	# de días desde la siembra hasta espigamiento	
	Altura de planta	Tamaño alcanzado de la planta	
	Longitud de espiga	Tamaño final de la espiga	
	Número de granos por espiga	Número de granos alcanzados al completar su desarrollo	
	Rendimiento en g por maceta,	Rendimiento final	
	Peso de materia seca	Peso final de materia seca al final del desarrollo de la planta	
	Perdida de rendimiento	Disminución del rendimiento	
	Número de macollos	Número de macollos por planta en etapas iniciales de la planta	
Tipo de grano	Clasificación de acuerdo a su Tipo de grano.		
Objetivo Específico 2	Actividades	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Determinar la variedad de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) que	Cosecha de variedades de cebada seleccionadas expuestas a niveles hídricos.	Peso de cosecha de cada tratamiento.	Base de datos de rendimiento, Libro de campo, fotografías,

<p>presente mejor rendimiento en presencia de sequía.</p>			<p>Hojas de calculo</p>
--	--	--	-------------------------

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Origen

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo antiguo que el ser humano ha cultivado por generaciones, con sus raíces en el Creciente Fértil hace más de 10,000 años. Su domesticación tuvo lugar en la era Neolítica, periodo en el que fue una de las plantas pioneras en la agricultura, junto con el trigo y el arroz. La cebada silvestre, es el antecesor más próximo a las variedades domesticadas. Este alimento fue vital en antiguas civilizaciones de Egipto y Mesopotamia, no solo por su aplicación en la alimentación, sino también por su utilización en la elaboración de cerveza¹. Durante la historia, la cebada ha logrado adaptarse a diversos climas y zonas, transformándose en una planta de gran importancia en Europa, Asia y África (Simón & Voisin, 2022).

7.2. Importancia de la cebada

La cebada es uno de los cultivos importantes de Ecuador, siendo el cuarto cultivo en importancia después del maíz, el trigo y el arroz. Es relevante por su adaptabilidad ecológica y su diversidad de variedades, y su distribución en diferentes países además, es importante ya que se utiliza para la producción de arroz de cebada, machica, algunos derivados, pienso y en la producción de cerveza y malta (Gadvay et al., 2024), lo que contribuye a la seguridad alimentaria de familias campesinas y funciona como una fuente de ingresos, al comercializar su excedente (Ponce-Molina et al., 2020).

7.3. Distribución geográfica

En Ecuador, el cultivo de cebada ocupa aproximadamente 43 974 hectáreas (ha), generando una producción de 54 048 toneladas (t). El 56% de esta producción total corresponde a las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Pichincha. Estos cultivos se definen principalmente

como minifundios, dado que su mayoría se desarrollan en zonas de menos de 1 hectárea (ha) (Gadvay et al., 2024).

7.4. Características Botánicas 7.4.1.

Clasificación Taxonómica

Tabla 2. Clasificación Taxonómica

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

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2020)

7.4.2. Grano

El grano de cebada es en cariósipide en algunos casos con glumillas adheridas, puede ser cubierto o desnudo, el grano es la semilla complementada de la envoltura, el germen y el endospermo además por el lema y palea la cual es la cascara, es de forma fusiforme (Quispe,2020).

7.4.3. Espigas

Las espigas tienen diferentes apariencias las cuales pueden ser barbadas, sin barba, lisas o dentadas, está formada por espiguillas al azar de a tres en ambos lados del raquis, si son fértiles las espiguillas pueden formar una espiga de seis hileras y si son fértiles las espiguillas centrales forman una espiga de dos hileras (Ponce-Molina et al., 2020). Esta parte de la planta de cebada es la inflorescencia en forma de espiga ya que las flores están agrupadas en espiguillas

formando así aristas además las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas también es autógama (Quispe,2020).

7.4.4. Hojas

Las hojas son angostas, lanceoladas que se descuelgan del tallo, tienen un color claro a comparación con el trigo, además están compuestas por vainas, lamina, dos aurículas y una lígula. Las vainas envuelven el tallo sobre el nudo de su origen, se forma un par de aurículas largas y abrazadoras en la unión de la vaina y la lámina, la lígula es glabra, dentada y corta (Quispe,2020).

7.4.5. Tallos

El tallo es grueso y erecto formado por seis o más entrenudos anchos en su parte central que en los extremos, la altura de los tallos puede depender de las variedades los cuales miden más de 0,50 cm para arriba además estos tallos emiten brotes los cuales generan otros tallos formando así macollos (Quispe,2020).

7.4.6. Raíces

El sistema radicular es fasciculado, fibroso las cuales alcanzan profundidades no muy profunda, por ello la semilla no debe estar sembrada muy profunda para que pueda germinar y al alcanza 4cm empieza la aparición de las raíces seminales, a comparación de las raíces primarias estas pierden importancia a medida que empieza el desarrollo de las raíces coronarias se desarrollan en el estado de la planta de la tercera hoja, estas raíces son coronarias para ayudar al anclaje, adquirir nutrientes y agua para la planta (Quispe,2020).

7.5. ETAPAS FENOLÓGICAS

7.5.1. Germinación

La germinación de la cebada se inicia con la plantación y normalmente se prolonga entre 1 y 3 semanas. En este lapso, el grano asimila agua y se desencadenan procesos bioquímicos vitales para el crecimiento del embrión. Esta etapa finaliza con la aparición del coleóptilo sobre el terreno (Axayacatl, 2024).

7.5.2. Desarrollo vegetativo

Esta fase comienza después de la emergencia y puede extenderse alrededor de 3 a 5 semanas.

En este periodo, la planta forma su sistema radicular y empiezan a surgir las hojas auténticas. La fotosíntesis se pone en marcha, facilitando el desarrollo activo de la planta. Es fundamental un correcto abastecimiento de nutrientes y agua (Axayacatl, 2024).

7.5.3. Macollamiento

Esta es la etapa en la que salen los primeros macollos en la planta de una de las hojas más bajas (Ruano, 2014). El surgimiento de macollos comienza cuando se presenta la tercera hoja. Las plantas o tallos macollas son particularmente importantes ya que su cantidad y habilidad para sobrevivir determinarán su capacidad de supervivencia en gran medida de cuántas espigas se generarán por cada metro cuadrado, lo que representa un valor de un metro cuadrado (Cristian Acan., 2022).

7.5.4. Encañado

Esta fase es en la que aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta, el primer nudo se ubica a una distancia de 2 a 3 cm sobre el suelo (Ruano, 2014).

7.5.5. Espigado

Empiezan a salir las primeras espigas de la vaina foliar en la hoja superior, por lo general empiezan a salir desde la mitad de la espiga (Ruano, 2014). La aparición de las aristas posteriormente a los días, el espigamiento finaliza cuando la espiga queda fuera del cuello. El número de espigas representa una proporción de los macollos, en algunos casos no sobreviven todas, el número final de espigas se establece al momento que el cultivo florece (Cristian Acan, 2022).

7.5.6. Floración

Es la etapa en la cual se empiezan a abrir las primeras flores (Ruano, 2014). Se nota el surgimiento de los estambres a los días posteriores a su formación. Al concluir la etapa de espigamiento, la segunda semana se lleva a cabo la apertura de las flores. La espiga había surgido. La flor se despliega durante unos minutos, pero la polinización persiste durante un periodo de un tiempo reducido. La fase de floración se finaliza en dos días, existen agricultores que reconocen esta fase (Cristian Acan, 2022)

7.5.7. Maduración

Existen diferentes etapas de maduración, etapa maduración lechosa son de consistencia lechosa al momento de ejercer presión en sus granos genera un líquido lechoso, los granos presentan

consistencia pastosa al ejercer presión. Etapa de maduración para cosechar son duros no se cortan con las uñas de los dedos y toda la planta se seca (Ruano,2014).

7.6. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS

7.6.1. Altitud

Para la siembra de cebada, se cultiva en altitudes de 2 400 a 3 400 metros de altitud. Tiene amplia distribución en la sierra ecuatoriana principalmente en el callejón interandino (PonceMolina et al., 2020).

7.6.2. Suelo

La cebada es óptima en terrenos de textura franca, o sea, aquellos que muestran equilibrio de arena, limo y arcilla. Esta textura asegura una correcta ventilación, simplifica el drenaje y promueve un desarrollo óptimo de las raíces, componentes vitales para la asimilación de nutrientes y agua (Axayacatl, 2023).

7.6.3. Temperatura

La temperatura ideal para la cebada es cálida, entre 10 y 20 °C durante su fase de crecimiento. Estas temperaturas favorecen la correcta germinación de las semillas y el crecimiento óptimo de la planta. El calor o el frío extremos pueden afectar negativamente a la germinación y el crecimiento de los granos. Durante el periodo de floración, es crucial que la cebada evite las altas temperaturas, ya que pueden estresar a la planta y dificultar la producción y el llenado de los granos. Las temperaturas superiores a 25°C durante este período pueden reducir significativamente el rendimiento y la calidad del grano (Axayacatl, 2023).

7.6.4. Precipitación

Durante todo el ciclo de cultivo, la cebada necesita, bajo condiciones habituales, entre 500 y 750 milímetros de agua, en función de las condiciones del entorno y del tipo de terreno (Axayacatl, 2024)

7.6.5. pH

La cebada favorece terrenos con un pH que oscila entre un ligero ácido y neutro, usualmente entre 6.0-7.5. garantiza la presencia optima de nutrientes vitales para la planta, reduce componentes dañinos Los terrenos extremadamente ácidos o alcalinos pueden limitar la presencia de determinados nutrientes y perjudicar el desempeño del cultivo (Axayacatl, 2023).

7.7. Factores bióticos que afectan el cultivo de cebada (enfermedades)

En el Ecuador existen principales enfermedades que afectan negativamente a los cultivos de cereales en el rendimiento y calidad del cultivo algunas de ellas son: las royas, *Fusarium* sp, virus del enanismo de la cebada, escaldadura, carbón entre otras (Ponce-Molina et al., 2020).

7.7.1. Roya Amarilla

La roya amarilla es una enfermedad que afecta negativamente al cultivo de cebada, trigo y triticale, su agente causal es el hongo *Puccinia striiformis* causando daños en las espigas y en el follaje de la planta, aparece como manchas amarillas con crecimiento en las nervaduras de las hojas (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.2. Roya de la hoja

La roya de la hoja es una enfermedad que afecta negativamente al cultivo de cebada su agente causal es el hongo *Puccinia hordei* causando daños en las hojas de la planta, son pústulas en forma circular se distribuye sin ningún patrón y son de color anaranjado y café anaranjado (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.3. Roya del tallo

La roya del tallo o roya negra es una enfermedad que afecta al cultivo de cebada, su agente causal es el hongo *Puccinia graminis Pers*, realizan pústulas de color café oscuro las cuales se forman en el envés y el as de las hojas de la planta, en los tallos y en las espigas además dan a la planta una apariencia áspera y agrietada (Ponce-Molina et al., 2019).

7.7.4. Fusarium (Fusarium spp.)

Fusarium spp. se refiere a un tipo de hongos que habita en el terreno y se desarrolla en relación con plantas. Está presente a nivel global, y diversas de sus especies generan enfermedades en una extensa diversidad de cultivos de cereales fundamentales como el maíz y el trigo. Estas afecciones impactan en el desempeño y la calidad de los granos, a causa de la disminución del valor nutricional y la constante contaminación con micotoxinas (compuestos venenosos

generados por el hongo durante la infección) que provocan enfermedades en seres humanos y animales (Garcilazo, 2020).

7.7.5. Virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley yellow Dwarf Virus, BYDV)

El virus del enanismo amarillo de la cebada representa una de las patologías virales más relevantes de los cereales a nivel global. Este patógeno puede provocar pérdidas de producción y económicas significativas para varios cultivos de cereales importantes. Este patógeno puede ser propagado de forma circulatoria no propagativa sin una transmisión transovarial, no se propaga de forma mecánica ni por medio de semillas (González Segnana et al., 2015)

Carbón de la Panoja

El carbón, *Ustilago maydis*, es un carbón volador localizado que incide en cualquier tejido joven o en desarrollo de la zona aérea de la planta, lugar donde se generan las bolsas de carbono. Es un carbón volador, de infección local, que se forma en tejidos jóvenes y en desarrollo, tal como en hiperplasias o deformidades asociadas a los ataques de *Peronosclerospora sorghi*, la bacteria responsable de la "punta loca" del maíz. No se trata de un carbón persistente o de infección embrionaria (Williams-Alanís et al., 2009)

7.8. MANEJO DEL CULTIVO

Manejar el cultivo de cebada es sumamente importante ya que influye en la calidad y rendimiento del cultivo, todos los procesos tienen cuidado especial.

7.8.1. Semillas

La selección de semilla es crucial para la buena producción agrícola, las semillas de buena calidad aumentan la producción, productividad y su uso ya que representan buenas características en la emergencia o vigor de la planta (Torres, 2011).

7.8.2. Selección del sustrato

Para una germinación de cebada óptimo se debe tomar en cuenta el sustrato el cual es cualquier material distinto al suelo la cual se emplea para conservar los nutrientes y la humedad del suelo, así como para funcionar como soporte en la parte de la raíz de la planta. Los sustratos están compuestos por mezclas de elementos orgánicos. se utilizan en todo tipo de cultivos, incluidos los invernaderos, un suelo ideal en el que la planta puede encontrar el agua, las sustancias

minerales y el oxígeno que necesita para tener un crecimiento y desarrollo óptimo (sha_admin, 2022).

7.9. Preparación del suelo

7.9.1. Siembra

Semilla: la semilla es uno de los pilares más importantes en la producción de cultivos ya que contienen el potencial genético y variedades que resultaron de mejoras a lo largo del tiempo, se debe tener en cuenta semillas limpias, fuera de enfermedades y deben ser previamente desinfectadas antes de la siembra con la finalidad de obtener una producción de calidad y libre de patógenos que no permitan el buen rendimiento (Aepla, 2022).

Método de siembra: La siembra de cebada se realiza a inicios de épocas lluviosas para que su cosecha se realice en épocas seca, además la humedad del suelo es de sumamente importancia ya que esto garantiza la germinación de la semilla. Existen dos tipos de siembras el método manual al voleo comúnmente utilizada en la sierra ecuatoriana o la siembra mecanizada otro aspecto importante es la profundidad de siembra la cual debe ser poco profunda lo suficiente para que no sea superficial a una profundidad de semilla de 5 centímetros máximo de profundidad (Llangari et al., 2013).

7.9.2. Control de maleza

Para la reducción de malezas o mala hierba en el cultivo se debe realizar una buena preparación del suelo. Cuando el cultivo está establecido en campo para controlar este tipo de problema existen dos tipos de métodos el control manual o químico. Para el control manual se toma en cuenta las malezas más grandes ya que son más fáciles de retirarlas, además este proceso se realiza después de la etapa de macollamiento de la planta cuando las plantas estén bien sujetas al suelo para de esta manera no causar daños al cultivo por otro lado el control químico involucra la aplicación de herbicidas que eliminan malezas de hojas anchas (López-Urquidez et al., 2020).

7.9.3. Desmezcla

Este proceso ayuda a eliminar plantas atípicas o extrañas que no tienen características de la variedad plantada que estén deformes o tengan alguna enfermedad. Esta labor se realiza al menos dos veces en todo el ciclo del cultivo al inicio del espigamiento y en la etapa de la madurez fisiológica de la cebada, todo esto con el objetivo de obtener semillas que sean de interés y evitar que no se mezclen entre variedades (Falconí-Castillo et al., 2010)

7.9.4. Cosecha

La cosecha se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su madurez y en épocas secas ya que en este momento los granos se limitan en absorber humedad cualidad que ayuda a la conservación y almacenamiento del grano, la cosecha se puede realizar manualmente mediante el uso de herramientas agrícolas como la hoz (segador de cereales), cortando las espigas y formando manojos las cuales se agrupan y forman parvas de esta manera se conserva en campo para luego llevar a la trilla (Falconí-Castillo et al., 2010).

7.9.5. Trilla

El procedimiento de trilla se utiliza para diferenciar los granos de los tallos o espigas donde han desarrollado su crecimiento. La trilla puede llevarse a cabo en el campo, en la finca o en el pueblo; puede llevarse a cabo de manera manual, con la ayuda de animales o con equipos. Los métodos más básicos implican golpear las espigas contra un muro o el suelo, golpear las espigas contra una superficie dura, caminar sobre personas, llevar a los animales directamente sobre el grano o arrastrarlos con una máquina o rastra (Ruiz-Silvera et al., 2018).

7.10. Labores postcosecha

7.10.1. Secado de grano

Una vez realizado el proceso de cosecha es fundamental realizar el secado del grano ya que esto permite que no se pierda la conservación y calidad de grano también se evita presencia de enfermedades y hongos que dañan su conservación. El secado del grano se lleva a cabo mediante la colocación de los granos en una superficie plana en donde llegue el sol para que de esta manera se deshidrate el grano (Ponce-Molina et al., 2022)

7.10.2. Limpieza clasificación

El grano se limpia de impurezas y se clasifica por tamaños, se realiza procesos como las zarandas una en (5mm) la cual retiene impurezas de tamaño grande y permite el paso de grano pequeño, también está la zaranda en (3mm) la cual retiene grano considerado como semilla y permite el paso del grano pequeño (Ponce-Molina et al., 2022).

Ensayado e identificación de semilla

Este proceso consiste en colocar la semilla limpia, clasificada y seca en sacos de tela o costal en muy buen estado y limpios de cualquier impureza sobre todo de sobrantes de semillas de

otras variedades. Además, se etiqueta con información principal del cultivo como: nombre del propietario, cultivo y variedad, fecha de cosecha y peso para de esta manera se pueda identificar fácilmente (Falconí-Castillo et al., 2010).

7.10.3. Almacenamiento

Las semillas se almacenan en lugares acondicionados que permitan la buena conservación de semilla debe ser libre de humedad, roedores y con una buena ventilación además no se debe almacenar los sacos en contacto con el suelo o las paredes ya que esto provocara que al tener contacto las semillas puedan absorber humedad (Falconí-Castillo et al., 2010).

7.11. Variables agronómicas y morfológicas

7.11.1. Vigor de la planta

Se evalúa el vigor de la planta para obtener estimaciones de expresiones genéticas, el vigor de una planta se caracteriza por ser la fuerza con la que crece la planta tomando en cuenta características como tamaño de hoja, planta y población también es influenciado por diferentes factores como: la semilla, presencia de nutrientes y nivel de humedad en el área de cultivo. El parámetro de vigor de planta es subjetivo y se evalúa de forma visual y se comparan entre diferentes líneas o materiales que están cultivadas en un mismo ensayo (Ponce-Molina et al., 2019).

7.11.2. Habito de crecimiento

Este parámetro evalúa el crecimiento de la planta mediante la disposición de las hojas y tallo durante el ciclo de la planta. Se utiliza la escala con diferentes caracteres relacionado con el tamaño y las hojas de la planta. es influenciado por la genética del germoplasma, temperatura, fotoperiodo, precipitaciones y nutrientes (Ponce-Molina et al., 2019).

7.11.3. Días al espigamiento

Este parámetro se evalúa mediante el conteo de los días de espigamiento desde la siembra hasta que las espigas aparezcan en la parcela en un 50% total, además se evalúa visualmente, este parámetro se controla continuamente haciendo lecturas ya que los materiales florecen en diferentes días también es influenciado por factores como: condiciones climáticas, sequia, pisos altitudinales, cambios extremos de temperatura, alta humedad, fotoperiodo y nubosidad (Ponce-Molina et al., 2019).

7.11.4. Altura de planta

Este parámetro evalúa la altura que alcanza la planta al finalizar su ciclo completo se toma los datos con ayuda de una regla marcada en centímetros, se mide la planta desde la base del suelo hasta el punto más alto que a alcanzado la espiga. El momento de medir este parámetro es cuando la planta alcanza su madures comercial o en la cosecha (Ponce-Molina et al., 2019).

7.12. Factores a considerar

Tabla 3. Factores a consideras para altura de planta

Disponibilidad de nutrientes
Alta precipitación
Pisos altitudinales
Condiciones climáticas
Sequia
Nubosidad
Fotoperiodo
Temperatura
Factores genéticos

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

7.12.1. Tamaño de espiga

Este parámetro determina la longitud que alcanza la espiga después del desarrollo con ayuda de una regla marcada en centímetros. se toma la longitud de espiga desde su base hasta su extremo, además, se utiliza para estimar la producción del cultivo se debe tomar 10 muestras al azar para poder sacar promedios. El momento óptimo de evaluar este parámetro es cuando el cultivo alcanza su madurez ósea en la cosecha (Ponce-Molina et al., 2019).

7.13. Factores a considerar

Tabla 4. Factores a considerar para tamaño de espiga

Disponibilidad de nutrientes
Precipitación
Pisos altitudinales
Condiciones climáticas
Sequia
Nubosidad
Fotoperiodo
Temperatura
Factores genéticos

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

7.13.1. Peso de espiga

El peso de la espiga se determina mediante el peso de la misma cuando ya alcanzo su madures y esté completamente seco. Se pesa las espigas de diferentes materiales mediante la utilización de una balanza en gramos y de esta manera obtener promedios.

7.13.2. Número de granos por espiga

Este parámetro determina el número de granos de cada espiga que ha alcanzado el desarrollo completo, también se evalúa visualmente mediante el conteo de los granos llenos de cada espiga que se toma al azar en campo (10 muestras). Con este parámetro se puede estimar la productividad del material y se evalúa cuando el cultivo está en su madurez comercial / cosecha (Ponce-Molina et al., 2019).

7.14. Factores a considerar

Tabla 5. Factores a considerar para número de granos /espiga

Disponibilidad de nutrientes
Precipitación
Pisos altitudinales
Condiciones climáticas
Sequia
Nubosidad
Fotoperiodo
Temperatura

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

7.14.1. Rendimiento

Este parámetro se considera como uno de los más importantes ya que mediante este parámetro nos indica la productividad potencial que puede llegar a alcanzar en grano los diferentes materiales. Se evalúa mediante el peso total de los granos producidos de cada material. Se toma en cuenta la humedad del grano debe estar en un 13% y además el grano debe estar limpio, este valor esta dado en g parcela o en kg ha (Ponce-Molina et al., 2019).

7.15. Factores que afectan

Tabla 6. Factores que afectan bióticos y abióticos

Factores bióticos:	Enfermedades y plagas
Factores abióticos:	Clima, Suelo, Agua, Temperatura, nubosidad, nutrientes, pH, granizada, helada, etc.

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

7.15.1. Peso de materia seca

Este parámetro se mide cuando el cultivo alcanza su madurez en el momento de su cosecha. El proceso de evaluación empieza cuando las plantas son cosechadas en campo y se dejan expuestas al sol para que estén completamente secas luego se utiliza una balanza para obtener una estimación de datos para identificar promedios de la biomasa producida por el cultivo y con ello también obtener el rendimiento agronómico.

7.15.2. Tipo y color de grano

Este parámetro se determina con la evaluación del grano mediante la visualización además se clasifica el grano por su color, forma, tamaño daño o uniformidad, también se evalúa cuando el grano está completamente seco, su clasificación se basa en escalas propuestas por el programa de cereales del INIAP (Ponce-Molina et al., 2019).

7.16. Factores que afectan

Tabla 7. Factores que afectan al tipo de grano

Precipitaciones
temperaturas presentes al final del ciclo del cultivo
Enfermedades que afectan a la espiga

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

7.16.1. Variedad

La variedad es un grupo de plantas que se diferencia por sus características morfológicas, fisiología u otros que al momento de ser sometidas a evaluaciones o se reproducen mantienen sus características que los distinguen de las demás variedades (Realpe Cuaspa, 2022).

7.16.2. Variedad mejorada

Una variedad mejorada es el resultado de diferentes procesos de mejora genética a lo largo del tiempo dando como resultado grupo de plantas con características uniformes en mayor rendimiento, precocidad, alta calidad culinaria, resistencia a plagas y enfermedades en algunos casos resistentes a fenómenos climatológicos como la sequía (Realpe Cuaspa, 2022).

7.17. Variedades del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Tabla 8. Características de las variedades INIAP

Variedad	Ciclo del Cultivo (días)	Altura (m.s.n.m)	Precipitación	Reacción a enfermedades	Tolerancia a la Sequia	Días al espigamiento	Tamaño de espiga (cm)	Número granos espiga	Número de macollos	Altura de planta (cm)	Rendimiento (kg/ ha)
INIAP-DORADA 71	150	2500-3600		Resistente: Rolla amarilla, escaladura y carbon.		80	10	40-50	6-8.	110	1818-5227
INIAP-DUCHICELA 78	160	2800-3200	600-800	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla, Escaldadura, carbón y enanismo cereales		90	10	40-50	5-8.	110-120	1410-5730
INIAP-TERAN 78	145	2500-3300	600-800	Resistente: Rolla amarilla, escaladura y carbon.		80	10	28-32	5- 8.	95- 105	1500- 5400
INIAP-SHYRI 89	154	2500-3500	600-801	Tolerante: Roya de la hoja, Roya amarilla y Escaldadura		84	12	26-30	5-7.	100-105	1533-4937
INIAP-CALICUCHIMA 92	150	2500-3349	500-700	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla, Escaldadura, carbón y Fusarium.		80	10	40-50	6-8.	70-100	1676-5148
INIAP-ATAHUALPA 92	155	2500-3380	500-600	Tolerante: Roya de la hoja, Roya amarilla y Escaldadura		80	10	20-30	6-8.	70-100	1560-3600
INIAP-SHYRI 2000	179	2400-3600	600-800	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla y Escaldadura		88		30	12	110	7000
INIAP-QUILOTOA 2003	175	2800-3399	500-600	Resistente: Roya de la hoja, Carbón y Escaldadura	Tolerante	88	7-8.	46-58	9	95-105	3100
INIAP-CAÑARI 2003	170	2800-3400	500-700	Resistente: Roya de la hoja, Carbón y Escaldadura	Tolerante	84	8-9.	49-62	10	90-100	2900
INIAP-CAÑICAPA 2003	180	2400-3200	500-700	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla, Escaldadura, Carbon y Fusarium.	Tolerante	90	12	30	8-10.	110-130	2700-4500
INIAP-PACHA 2003	160	2400-3200	500-700	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla, Escaldadura, Carbon y Fusarium.	Tolerante	85	11	30	10-12.	100-110	4500
INIAP-GUARANGA 2010	170	2400-3500	500-600	Resistente: Roya de la hoja, Roya amarilla y Enanismos cereales.	Resistente	104	10	35-40	6-8.	109-120	2700-3600
INIAP-PALMIRA 2014	160	2200-3400	300 o menos	Resistencia parcial: Roya de la hoja, Roya amarilla y Enanismos cereales.	Tolerante	80	8	20-25	6	90-110	1350-2700
INIAP-ÑUSTA 2016	120	2400-3000	500	Tolerante: Roya amarilla, Roya de la hoja, Escaldadura y Enanismo cereales.	Tolerante	70	5-7.	55-65	7-8.	90-100	40-50
INIAP-ALFA 2021	160-180	2400-3000	500	Resistencia parcial: Roya de la hoja, Roya amarilla y resistente al Enanismos cereales.	Tolerante	80-90	8-9.	30-40	3-5.	90-100	3000-4000

Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2020)

7.18. Factores abióticos que afectan el cultivo de cebada

7.18.1. Sequia

Se distingue por falta de humedad en el suelo, que se refleja en un desarrollo vegetal escaso inexistente, y consecuentemente, en disminuciones en los rendimientos. La naturaleza estacional no se limita a una estación específica, sino que surge en un periodo que se anticiparía que sería lluvioso (Velasco et al., 2005). La sequía es un suceso natural presente a nivel global e impacta en la disponibilidad de recursos de agua vitales para la vida y el crecimiento humano. Conforme el cambio climático se agudiza y la necesidad de agua se incrementa debido al aumento poblacional y al crecimiento de las actividades económicas, la administración correcta de las sequías se vuelve un reto mundial cada vez más esencial (Valdivielso,2024).

7.18.2. Requerimientos hídricos de la cebada

Durante la fase inicial, desde el cultivo hasta la recolección, la cebada requiere de 3 y 5 milímetros de agua diariamente, sumando alrededor de 150 a 250 milímetros mediante este periodo. En este periodo, es esencial un abastecimiento apropiado de agua para asegurar una germinación homogénea y un crecimiento radicular robusto, cimentando de esta manera una base firme para las fases subsiguientes del desarrollo de cultivo. Durante etapas de encañado y llenado del grano, el requerimiento de agua de la cebada se incrementa considerablemente, variando entre 6 a 8 milímetros al día, lo que equivale a un total de 250 a 350 milímetros para este periodo. Esta es una etapa crucial, dado que una escasez de agua puede provocar una disminución considerable en el tamaño y calidad (Axayacatl, 2023).

7.18.3. Estrés hídrico

El estrés hídrico se da por la falta necesaria de agua ante la disponibilidad de agua, en la actualidad el estrés hídrico es elevado, especialmente en aquellas zonas donde los recursos de agua dulce disponibles son limitados debido a las condiciones climáticas (FAO,2021) además, el estrés hídrico es una de las causas primordiales de fallecimiento en las plantas, sucede cuando la transpiración supera el agua que las raíces absorben. Las repercusiones morfológicas y fisiológicas del estrés hídrico en los árboles están extensamente registradas, pero no se dispone de suficiente información sobre la condición de la plántula (Luna-Flores et al., 2012).

7.18.4. Capacidad de campo

La capacidad de un lugar agrícola para retener agua tras el drenaje del exceso de agua por gravedad, pero antes de que las plantas empiecen a sufrir sequía. En esta condición, el suelo posee una alta saturación y las fuerzas capilares conservan agua en sus poros; esta agua está al alcance de las plantas. La capacidad de campo es una medida crucial para la administración del riego y la determinación de cuándo y cuánto agua extra puede requerir un cultivo. La capacidad de campo puede fluctuar dependiendo del tipo de terreno, su conformación y composición (Moreno,2023).

7.18.5. Tolerancia

La tolerancia, entendida como la disminución del perjuicio que provoca a un huésped la infección por un patógeno, es un mecanismo de protección de las plantas contra patógenos tan comunes como la resistencia, a pesar de ser menos investigado. La Tolerancia es para una variedad de planta es la capacidad de limitar el crecimiento y/o el desarrollo de una plaga determinada, así como el perjuicio que provoca en comparación con variedades de plantas propensas bajo condiciones ambientales y de presión de la plaga parecida. Las variedades tolerantes pueden manifestar ciertas manifestaciones de enfermedad o perjuicios bajo una intensa presión de la plaga (Falconseeds, 2020).

7.19. Láminas de riego

Para la investigación se utilizó dos láminas de riego

7.19.1. Lamina 1 (L1): Capacidad de Campo (CC)

Es una medida crucial para la administración del riego y la determinación de cuándo y cuánto agua extra puede requerir un cultivo. La capacidad de campo puede fluctuar dependiendo del tipo de terreno, su conformación y composición

7.19.2. Lamina 2 (L2): Capacidad de Campo al 50%

Es la reducción de agua tomando de referencia la capacidad de campo a la cual solo determina el 50% para el riego mediante cálculos

7.20. Condiciones de invernadero

7.20.1. Temperatura

El desarrollo de las plantas que se cultivan en invernaderos es influenciado por la temperatura, afecta en procesos como la fotosíntesis lo cual causa el aumento de la tasa de transpiración y

respiración de las plantas. La temperatura del invernadero influye positiva y negativamente en las plantas como en la pérdida de producción y calidad (Nata Rivera & Silva Pilaguano, 2019).

7.20.2. Humedad

La humedad en invernaderos se ve afectada por las altas temperaturas lo que causa un menor HR ya que no tiene mucha capacidad de retener vapor de agua. Lo que hace que las plantas transpiren de manera acelerada lo que causa la deshidratación de la misma. Por otro lado, si se tiene una menor temperatura causa mayor HR, por la reducción de transpiración de plantas y crecimientos. Para obtener un ambiente equilibrado se usa ventilación, lo que aumenta la temperatura evitando exceso de humedad (Nata Rivera & Silva Pilaguano, 2019)

7.20.3. Ventilación

Se combaten las temperaturas altas en los invernaderos reduciendo y eliminando la energía excesiva por ello se emplean diferentes técnicas de ventilación como el sistema de ventilación natural o forzada, lo que reduce la temperatura del aire interno al igual que el aire externo. La aireación es el intercambio de aire del invernadero con el del exterior, se realiza mediante las ventanas o rejillas del invernadero con el objetivo de eliminar calor excesivo así se modifica la composición gaseosa de atmosfera en el invernadero (Nata Rivera & Silva Pilaguano, 2019)

7.20.4. Cereal

Los cereales representan la principal fuente de energía a escala global; Cultivos como el trigo, arroz y maíz suministran cerca de la mitad de la energía alimentaria de la humanidad, su procesamiento es esencial para el consumo humano.

8. VALIDACION DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Las variedades de cebada no presentan tolerancia a la sequía

Hipótesis Alternativa

Las variedades de cebada presentan tolerancia a la sequía.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Área del estudio

Este estudio se realizó en un invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicado en la parroquia Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha, a una altitud de 3058 msnm, con longitudes 00 22' Sur y 78 33' Oeste. Las 90 bandejas se llenaron con 15 variedades de cebada

Tabla 9. Características del área de estudio

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
PROVINCIA	Pichincha
CANTON	Mejía
PARROQUIA	Cutuglagua
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
ALTITUD	3058msnm
LONGITUD	78°33'19.80"O
LATITUD	0°22'9.54"S



Fuente: (Google Earth)

Para la fase de análisis y evaluación se realizó después de la cosecha en la Institución Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- Estación Experimental Santa Catalina.

9.2. Tipo de investigación

9.2.1. Experimental

La siguiente investigación es experimental. Un estudio experimental involucra una causa y un efecto en un determinado caso (Renova et al., 2021), por lo tanto, esta investigación se basa en la evaluación de la tolerancia a la sequía de 15 variedades de cebada liberadas por el INIAP.

9.2.2. Cuantitativa

Se recolecta y analiza datos cuantitativos o numéricos la cual trata de determinar la gran asociación entre variables con la generalización y objetivación de los resultados obtenidos mediante una muestra para su respectiva diferenciación (Cadena-Iñiguez et al., 2017).

9.3. Especificaciones del campo experimental

9.3.1. Diseño experimental

Se utilizo un diseño experimental de parcelas divididas con sus siglas (DPD), el cual contiene parcelas de áreas grandes con parcelas pequeñas dentro de la parcela grande y en cada área con su respectivo tratamiento, ya que cada tratamiento o unidad experimental está bajo algún estímulo diferente a otro en un mismo contexto que se desee estudiar además trabaja con arreglos factoriales este diseño se aplica principalmente a factores como encalado, láminas de riego, sistema de cultivos, ancho de surco entre otros (Ponce Renova et al., 2021).

Se llevo a cabo el análisis estadístico con la prueba de Tukey al 5%, para las variables de rendimiento, altura de planta, peso seco y fresco, número de granos por espiga, longitud de espiga, se realiza el análisis de varianza (ANOVA). Por otro lado, para variables habito de crecimiento, vigor, días al espigamiento, tipo de grano se realiza tablas de promedios empleando una estadística descriptiva.

9.3.2. Esquema de ADEVA

Tabla 10: Modelo Parcelas Divididas

Modelo - Parcelas divididas

Repetición o Bloque
Factor A / Repetición * Factor A
Factor A * Bloque
Factor B
Factor A * Factor B

Fuente: (Tigse Quezada, 2024)

9.3.3. Variables

Tabla 11. Variables independientes y dependientes

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice (unidad de medida)	Técnica	Instrumentos
Variable independiente: Quince variedades de cebada, láminas de riego a Capacidad de campo y Capacidad de campo 50%.	Características agronómicas	Vigor	Escala (1-5)	Evaluación visual	Escala de zadoks (buena, regular, mala)
		Habito de crecimiento	Escala (1-3)	Evaluación visual	Escala de zadoks (erecto, semierecto, postrado)
		Días al espigamiento	Días	Conteo y visual	Observación directa
		Altura de planta	(cm)	Medición directa	Regla
		Longitud de espiga	(cm)	Medición directa	Regla
		Número de granos por espiga	(#)	Evaluación conteo y visual	Observación directa
		Número de macollos	(#)	Evaluación conteo y visual	Observación directa

Variable Dependiente: comportamiento Agronómico	Rendimiento del cultivo	Rendimiento	(g/maceta)	Pesaje	Balanza
		Porcentaje de Perdida de Rendimiento	(g/maceta)	Cálculo de porcentaje	Balanza
		Tipo de grano	(*,**,***,+)	Escala descriptiva	Observación directa
		Peso de MS	(g/maceta)	Pesaje	Balanza

Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

9.4. Factores en estudio

9.4.1. Variedades de cebada

Las semillas de cebada utilizadas en la presente investigación fueron proporcionadas por el programa de cereales del Instituto de Investigación Agropecuarias (INIAP) las mismas que fueron: Dorada 71, Duchicela 78, Teran 78, Shyri 89, Calicuchima 92, Atahualpa 92, Shyri 2000, Quilotoa 2003, Cañari 2003, Cañicapa 2003, Pacha 2003, Guaranga 2010, Palmira 2014, Ñusta 2016, Alfa 2021.

9.4.2. Láminas de riego

- **L1:** Esta lamina de riego, tiene su Capacidad de campo óptima para el cultivo implementado de cebada la cual, se debe administrar en las parcelas adecuadamente alcanzando o manteniendo su capacidad de Campo para de esta manera evaluar y comparar las diferentes variedades de cebada de la lámina 2.
- **L2:** Esta lamina de riego, contiene solo el 50% de la Capacidad de campo la cual ayudara a simular un ambiente de sequía y se aplica únicamente a los tratamientos asignados, permitiendo así evaluar la tolerancia a la sequía en las 15 variedades de cebada

9.5. Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por las 15 variedades de cebada liberadas por el INIAP (Programa de cereales).

Tabla 12. Tratamientos utilizados en el Ensayo

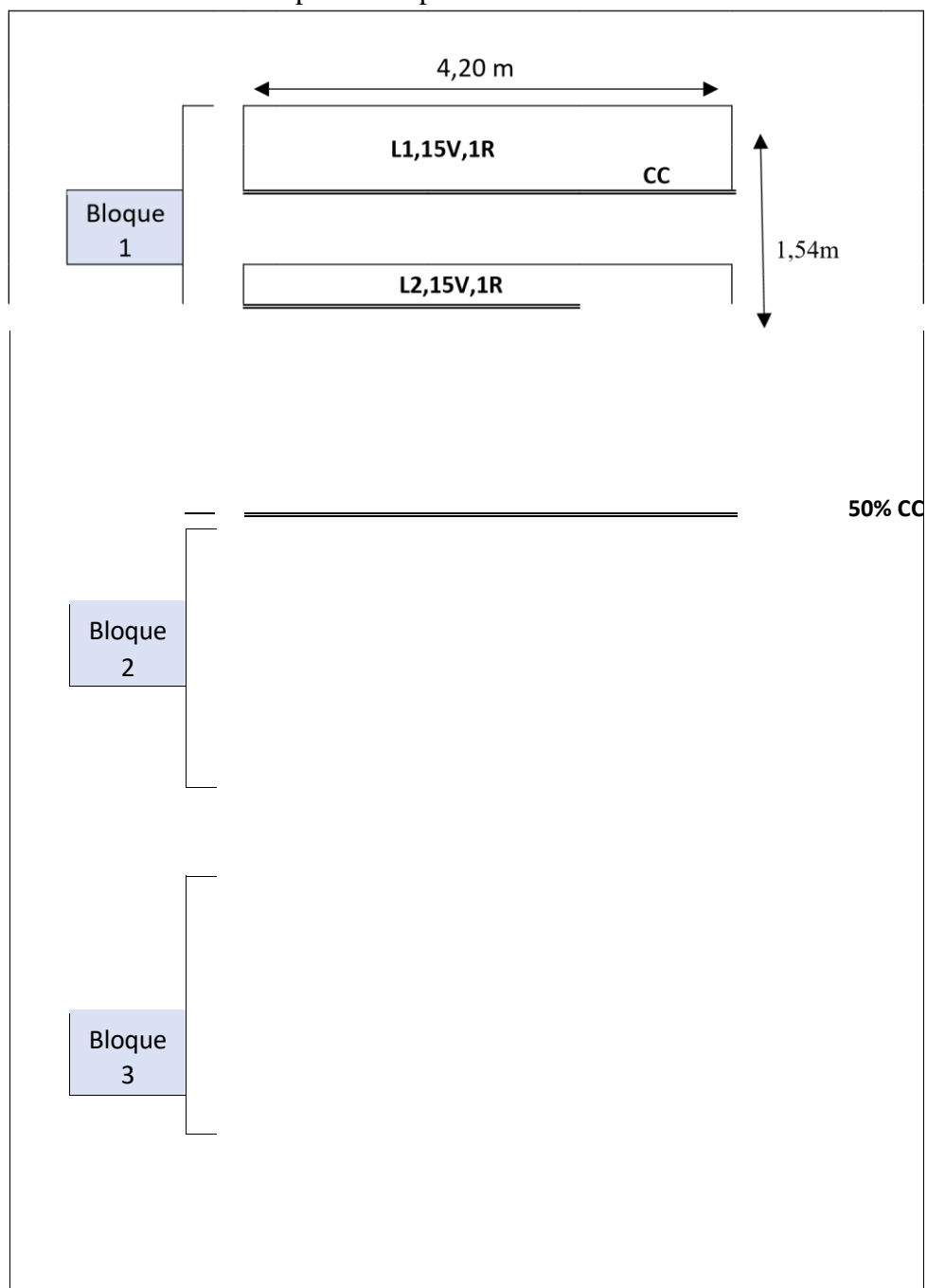
Tratamiento	Descripción	Lámina y variedad	Símbolo
T1	INIAP-DORADA 71	L1V1	EGGC/2022 S-1
T2	INIAP-DUCHICELA 78	L1V2	S-2
T3	INIAP-TERAN 78	L1V3	S-3
T4	INIAP-SHYRI 89	L1V4	S-4
T5	INIAP-CALICUCHIMA 92	L1V5	S-5
T6	INIAP-ATAHUALPA 92	L1V6	S-6
T7	INIAP-SHYRI 2000	L1V7	S-7
T8	INIAP-QUILOTOA 2003	L1V8	S-8
T9	INIAP-CAÑARI 2003	L1V9	S-9
T10	INIAP-CAÑICAPA 2003	L1V10	S-10
T11	INIAP-PACHA 2003	L1V11	S-11
T12	INIAP-GUARANGA 2010	L1V12	S-12
T13	INIAP-PALMIRA 2014	L1V13	S-13
T14	INIAP-ÑUSTA 2016	L1V14	S-14
T15	INIAP-ALFA 2021	L1V15	S-15
T16	INIAP-DORADA 71	L2V1	S-16
T17	INIAP-DUCHICELA 78	L1V2	S-17
T18	INIAP-TERAN 78	L1V3	S-18
T19	INIAP-SHYRI 89	L1V4	S-19
T20	INIAP-CALICUCHIMA 92	L1V5	S-20
T21	INIAP-ATAHUALPA 92	L1V6	S-21
T22	INIAP-SHYRI 2000	L1V7	S-22
T23	INIAP-QUILOTOA 2003	L1V8	S-23
T24	INIAP-CAÑARI 2003	L1V9	S-24
T25	INIAP-CAÑICAPA 2003	L1V10	S-25
T26	INIAP-PACHA 2003	L1V11	S-26
T27	INIAP-GUARANGA 2010	L1V12	S-27

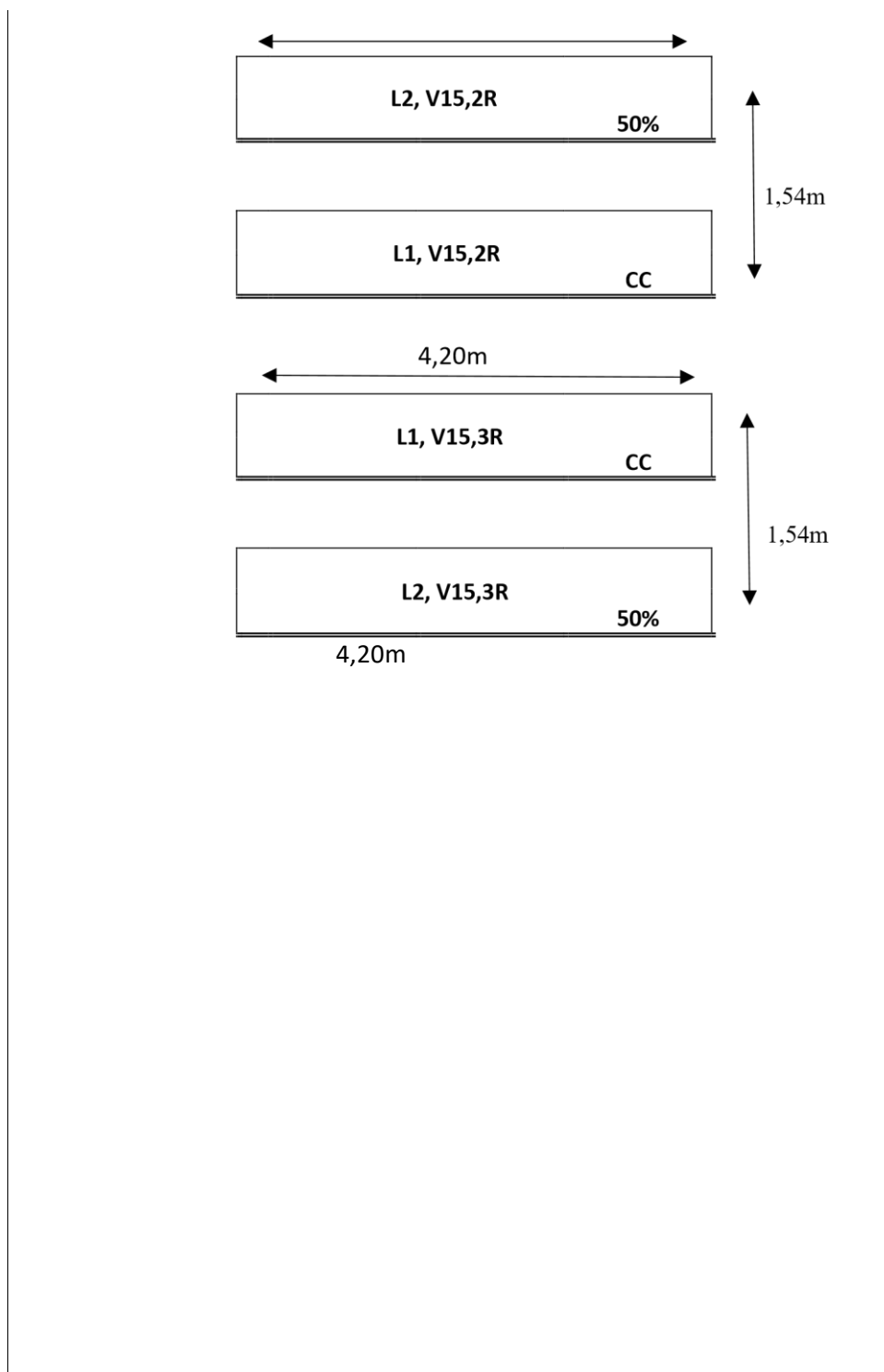
T28	INIAP-PALMIRA 2014	L1V13	S-28
T29	INIAP-ÑUSTA 2016	L1V14	S-29
T30	INIAP-ALFA 2021	L1V15	S-30

Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

9.6. DISTRIBUCION DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA

Ilustración 1. Distribución de la parcela experimental en invernadero





Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

9.7. Especificaciones del Campo experimental

- **Número de tratamientos:** 30
- **Número de repeticiones:** 3
- **Número de Unidades Experimentales:** 90
- **Forma de parcela:** Rectangular

- **Área de parcela total:** $4,20\text{m} \times 1,54\text{m} = 6,468\text{m}^2$
- **Área de parcela neta:** Área neta= $3,80\text{m} \times 1,14\text{m} = 4,332\text{m}^2$
- **Densidad de siembra:** sembrado manualmente 5 semillas por maceta.

9.8. Diseño de parcelas en invernadero

Tabla 13. Diseño de la parcela en invernadero

Símbolo	Descripción
	Macetas M:
L1 y L2:	Láminas de riego
T:	Tratamientos
V1.....V15:	Variedades de cebada

Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

a. REPETICIÓN 1

	M1	M2	M3	M4	M5	
	T1	T2	T3	T4	T5	
	L1V1	L1V2	L1V3	L1V4	L1V5	
	M10	M9	M8	M7	M6	
	T10	T9	T8	T7	T6	
	L1V10	L1V9	L1V8	L1V7	L1V6	
	M11	M12	M13	M14	M15	
I	T11	T12	T13	T14	T15	30 macetas
	L1V11	L1V12	L1V13	L1V14	L1V15	
	M20	M19	M18	M17	M16	
	T20	T19	T18	T17	T16	
	L2V5	L2V4	L2V3	L2V2	L2V1	
	M21	M22	M23	M24	M25	
	T21	T22	T23	T24	T25	
	L2V6	L2V7	L2V8	L2V9	L2V10	
	M30	M29	M28	M27	M26	
	T30	T29	T28	T27	T26	
	L2V15	L2V14	L2V13	L2V12	L2V11	

b. REPETICIÓN 2

M31	M32	M33	M34	M35
-----	-----	-----	-----	-----

T31	T32	T33	T34	T35	
L2V3	L2V14	L2V5	L2V2	L2V6	
M40	M39	M38	M37	M36	
T40	T39	T38	T37	T36	
L2V15	L2V8	L2V12	L2V13	L2V10	
M41	M42	M43	M44	M45	
T41	T42	T43	T44	T45	
L2V9	L2V1	L2V11	L2V4	L2V7	
M50	M49	M48	M47	M46	
T50	T49	T48	T47	T46	
L1V9	L1V11	L1V1	L1V10	L1V3	
M51	M52	M53	M54	M55	
T51	T52	T53	T54	T55	
L1V4	L1V15	L1V5	L1V14	L1V12	
M60	M59	M58	M57	M56	
T60	T59	T58	T57	T56	30
L1V7	L1V6	L1V8	L1V2	L1V13	macetas

c. **REPETICIÓN 3**

M61	M62	M63	M64	M65	
T61	T62	T63	T64	T65	
L1V10	L1V4	L1V8	L1V2	L1V5	
M70	M69	M68	M67	M66	
T70	T69	T68	T67	T66	
L1V1	L1V15	L1V12	L1V13	L1V14	
M71	M72	M73	M74	M75	
T71	T72	T73	T74	T75	
L1V9	L1V3	L1V11	L1V7	L1V6	
M80	M79	M78	M77	M76	
T80	T79	T78	T77	T76	
L2V4	L2V13	L2V1	L2V15	L2V12	
M81	M82	M83	M84	M85	
T81	T82	T83	T84	T85	
L2V14	L2V2	L2V7	L2V3	L2V6	
M90	M89	M88	M87	M86	
T90	T89	T88	T87	T86	30
L2V11	L2V10	L2V8	L2V9	L2V5	macetas

Elaborado por: (Nataly Serna,2024)

9.9. MATERIALES Y METODOS DE RECOLECCION DE DATOS

9.9.1. Observación visual

La visualización en el invernadero es importante ya que de esta manera se puede evaluar los signos de estrés que presente como la necrosis, marchitamiento, cambios en el color de las hojas aspectos físicos que a simple vista se pueden percibir.

9.9.2. Elección de muestras

Se selecciona muestras de cada bloque con diferentes ambientes de estrés hídrico y de esta manera comparar y evaluar las diferentes características que presenten al estar expuestas a diferentes tipos de estrés hídrico (L1 y L2) de cada muestra.

9.9.3. Registro de datos

Los datos tomados en campo se registran en un libro de campo para luego pasarlos a una matriz en Excel para de esta manera guardar y ordenar datos de las diferentes variables y con ello llevar a cabo la obtención de resultados.

9.9.4. Análisis Estadístico

Se realiza un análisis estadístico con los datos obtenidos y registrados en campo de los diferentes tratamientos después, los datos se registran en Excel y con la ayuda del programa de InfoStat el cual permitió que sea más fácil realizar el análisis estadístico se obtiene resultados de manera organizada y precisa para la interpretación de resultados.

9.9.5. Fisher LSD

Es un método el cual compara diferencias de medidas luego de un ANOVA, además se utiliza para revisar si existe asociación de variedades dicotómicas en muestras pequeñas, y evalúa si una muestra proviene de una población con distribución y desviación estándar específicas (Tigse Quezada, 2024).

9.9.6. Análisis de la varianza

Este método permite analizar la variación de variables de respuesta medidas, las cuales están designadas por un factor discreto, se utiliza cuando existen más de dos grupos que requieran de comparación solo dos grupos también cuando hay medición repetida, o cuando se requiera analizar simultáneamente efecto de dos tratamientos distintos por separado (Admin, 2015).

9.9.7. Cuadro Descriptivo

Se realiza para resumir de manera concisa la información de datos cuantitativos, estas tablas contienen medidas de tendencia central, medidas de dispersión entre otras estadísticas descriptivas (Rodríguez, 2023).

9.10. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

De acuerdo con el manual del INIAP “Parámetros de Evaluación y Selección en cereales” (Ponce-Molina et al., 2019) serán evaluadas las variables, se detalla en base a los objetivos.

9.11. Objetivo específico 1:

Adaptación del área experimental.

Para implementar el ensayo, se prepara el área experimental con limpiezas tanto del lugar en donde se ubican los tratamientos como de macetas, las cuales antes de rellenarlas con sustrato para la siembra son previamente lavadas y supervisadas para controlar que estén en buen estado. Es importante realizar esta limpieza para obtener un ambiente libre de cualquier factor que afecte los resultados del experimento.

9.11.1. Preparación de sustrato

Se realizó la preparación del sustrato con la selección de sustrato con contenidos adicionales de nutrientes como el abono (estiércol de vaca). Se obtuvo de la ganadería del INIAP. Luego se preparó el sustrato con eliminación de residuos como piedras, ramas de árboles o algún tipo de basura no deseada. Se ensa la maceta en una balanza para después pesas 2000kg de sustrato con la finalidad de quitar el peso de la maceta y solo obtener el peso del sustrato. Luego se saturó las macetas con agua para llegar a capacidad de campo y que todas estén iguales para poder partir de ahí el ensayo.

9.11.2. Distribución de los tratamientos en las parcelas del invernadero

La distribución de los tratamientos se basó en el diseño experimental establecido y con la ayuda del Software Excel que permitió realizar una codificación para tener un modelo de ubicación de cada tratamiento y con ello ayudarnos en la etiquetación de macetas. Se diferencia la sección de la lámina 1 (Capacidad de Campo) y la lámina 2 (Capacidad de Campo 50%) para distribuir los 30 primeros tratamientos en el bloque 1 de la primera repetición y así sucesivamente hasta obtener las 90 unidades experimentales. Todo esto con el fin de obtener un área experimental ordenado para no tener dificultad al momento de tomar datos o realizar el respectivo riego.

9.11.3. Fertilización

De acuerdo con las recomendaciones del INIAP, se fertilizo el sustrato de cada maceta con 1030-10/maceta con una dosis de 5 gr/maceta y al macollamiento con una dosis igual de 5g/maceta de Urea aplicado manualmente con humedad en el suelo.

9.11.4. Semilla y desinfección

Se utiliza 15 variedades de semillas de cebada seleccionadas y proporcionadas por el programa de cereales del Instituto de Investigación Agropecuarias (INIAP), las cuales fueron seleccionadas previo a la implementación del ensayo en base a sus características fisiológicas y genéticas de tolerancia a la sequía y por su alto valor, además para su desinfección de acuerdo con el INIAP se utilizó Vitavax 300 (Carboxin-Captan).

9.11.5. Siembra

Se realizó en el mes de (agosto, 2024) bajo invernadero de una forma manual, se sembró 5 semillas de cebada en cada una de la maceta la distribución de semilla fue uniforme. Además, se etiquetaron en base a su distribución de lámina de riego tipo de variedad y número de repetición.

9.11.6. Control de maleza

Las malezas fueron controladas manualmente ya que no requiere mucho por estar en macetas que facilitan este tipo de control.

9.11.7. Riego

El aplica mediante las dos láminas de riego **lámina 1** (Capacidad de campo/ 100% de humedad) **lámina 2** (50% Capacidad de Campo/ estrés hídrico) la aplicación de estas laminas se realizó mediante diferencias de pesos recolectados antes y después del riego, la cantidad de pérdida de peso es igual a la cantidad de agua al aplicarse, una vez obtenida la diferencia de la lámina 1 se calcula la lámina 2 al 50% (CC) para aplicar su riego. Se realizó el riego 3 días a la semana y desde la semana 14 se empezó a dar riego 2 días a la semana.

9.11.8. Aplicación de Urea

Se realizo la aplicación de urea después de 30 -45 días de la siembra en la etapa de desarrollo de macollos de las plantas. Se aplico 5 gramos por maceta, Con un total de 450 g de Urea.

9.12. Objetivo específico 2:

9.12.1. Monitoreo y evaluación de variables

El monitoreo y evaluación de variables se realizó a lo largo del desarrollo de las plantas hasta el estado de madurez (cosecha). Se recolecto datos considerando variables experimentales como número de plantas por maceta, número de macollos, altura de planta, tamaño, peso de espigas entre otros. Todo esto con la finalidad de obtener resultados precisos.

9.12.2. Cosecha y trilla

Para la recolección de datos en la cosecha y trilla primero las plantas alcanzaron su estado de madurez y estén completamente secas las espigas, luego se etiquetaron según su tipo de variedad utilizando bolsas de papel en base a su lamina, repetición y variedad para luego su respectiva trilla y almacenamiento. Se utilizo varias herramientas como una balanza en gramos ya que no contienen mucha masa para su respectivo registro de peso. La trilla se realizó manualmente con ayuda de instrumentos de trilla para luego colocar el grano en sobres etiquetados mediante la utilización de herramientas manuales se realizo la trilla para finalmente colocar todos los granos en sobres etiquetados.

9.13. VARIABLES

9.13.1. Vigor de la planta

La variable vigor de planta determina su capacidad de generar un crecimiento abundante, capacidad de sobrevivir a diferentes ambientes como la sequía y aun así completar sus procesos de producción también es la forma de como crecen las plantas mediante el desarrollo del cultivo (tamaño de planta y hoja). Este parámetro se evaluó visualmente para comparar su desarrollo entre parcelas, además, se utilizando una escala. Según el manual del INIAP, "Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales"(Ponce-Molina et al., 2019).

Tabla 14. Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Bueno	Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas
2		Escala intermedia
3	Regular	Planta y hojas medianamente desarrolladas

4		Escala intermedia
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019)

9.13.2. Hábito de crecimiento o porte

Este parámetro se relaciona con la forma de crecimiento de la planta en base a la disponibilidad de las hojas y tallo, además se evaluó utilizando una escala. Según el manual del INIAP, "Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales" (Ponce-Molina et al., 2019).

Tabla 15. Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales.

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

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019)

9.13.3. Días al espigamiento

Esta variable fue registrada contando los días transcurridos desde la siembra hasta que un 50% de las espigas de las plantas se visualicen, para esta variable se realiza lecturas continuas ya que los materiales florecen en diferentes días (Ponce-Molina et al., 2019).

9.13.4. Altura de Planta

Este parámetro se recolecto los datos con la utilización de una regla en centímetros, después de su etapa inicial de germinación desde la base del suelo hasta el final de la espiga. Este parámetro se midió cada quince días.

9.13.5. Tamaño de espiga

Este parámetro es el tamaño final que ha alcanzado la espiga después de todo su desarrollo hasta su madurez (Ponce-Molina et al., 2019). Se midió con la utilización de una regla desde

la base hasta el extremo de la espiga en centímetros, con el objetivo de estimar la productividad del cultivo

9.13.6. Peso de espiga

Este parámetro se evaluó después de la cosecha, se pesó las espigas seleccionadas con ayuda de una balanza en gramos ya que las espigas no contienen mucha masa con el objetivo de obtener los datos de peso espiga.

9.13.7. Número de granos por espiga

Es el número de granos por espigas que ha alcanzado obtener después de completar todo su desarrollo de madurez, este parámetro es visual (Ponce-Molina et al., 2019). Se determino los datos contando el total de granos por espiga manualmente de espigas seleccionadas.

9.13.8. Peso de materia seca

Este parámetro se obtuvo después de la cosecha de las espigas, cuando el material ya se encontró completamente seco.

9.13.9. Rendimiento

Este parámetro es sumamente importante ya que nos indica la producción en grano que pueden llegar a alcanzar, este valor está dado en g parcela para calcular el rendimiento potencial (Ponce-Molina et al., 2019). Mediante el peso de cada unidad experimental se determinó el rendimiento previo a que el grano estuviera seco y limpio.

9.13.10. Pérdida de rendimiento

Se evaluó mediante la comparación de las variedades de las dos diferentes láminas de riego. Lámina uno capacidad de campo (CC) y lámina dos (50%). Gracias a esto se realizó el análisis de datos para la pérdida de rendimiento ya que cada lámina indica diferentes simulaciones de estrés hídrico y esto influye en las plantas de cebada.

9.13.11. Tipo y color de grano

Esta variable se evaluó cuando el cultivo completo todo su desarrollo hasta llegar a su madurez la cosecha, en base a una escala. Según el manual del INIAP, "Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales" (Ponce-Molina et al., 2019).

Tabla 16. Escala de evaluación para tipo de grano en cebada

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

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019)

9.13.12. Cosecha y Trillado

La cosecha de las plantas de cebada se realizó manualmente al igual que la trilla primero una vez que se completó el ciclo de la cebada, se empezó a sacar todas las espigas seleccionadas de cada unidad experimental en orden con cuidado de no mezclar las diferentes muestras y etiquetándolas en sobres. Luego se trillo las espigas con ayuda de materiales de trilla, de manera que frotando la espigas hasta que se desprendan los granos del material seco restante

9.13.13. Almacenamiento

Se almaceno los granos de cebada en base a su diferente variedad.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Medidas de resumen

10.1.1. Vigor de la planta

Tabla 17. Prueba de medias para la variable vigor.

Tratamiento	Lámina (L)	VARIEDAD	Promedio escala (1-5)		
				Mín	Máx
T1	CC	INIAP-DORADA 71	2	2	2
T2	CC	INIAP-DUCHICELA 78	2	2	2
T3	CC	INIAP-TERAN 78	2	2	2
T4	CC	INIAP-SHYRI 89	2	2	2
T5	CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	2	2	2
T6	CC	INIAP-ATAHUALPA 92	2	2	2
T7	CC	INIAP-SHYRI 2000	2	2	2
T8	CC	INIAP-QUILOTOA 2003	1	1	1
T9	CC	INIAP-CAÑARI 2003	1	1	1

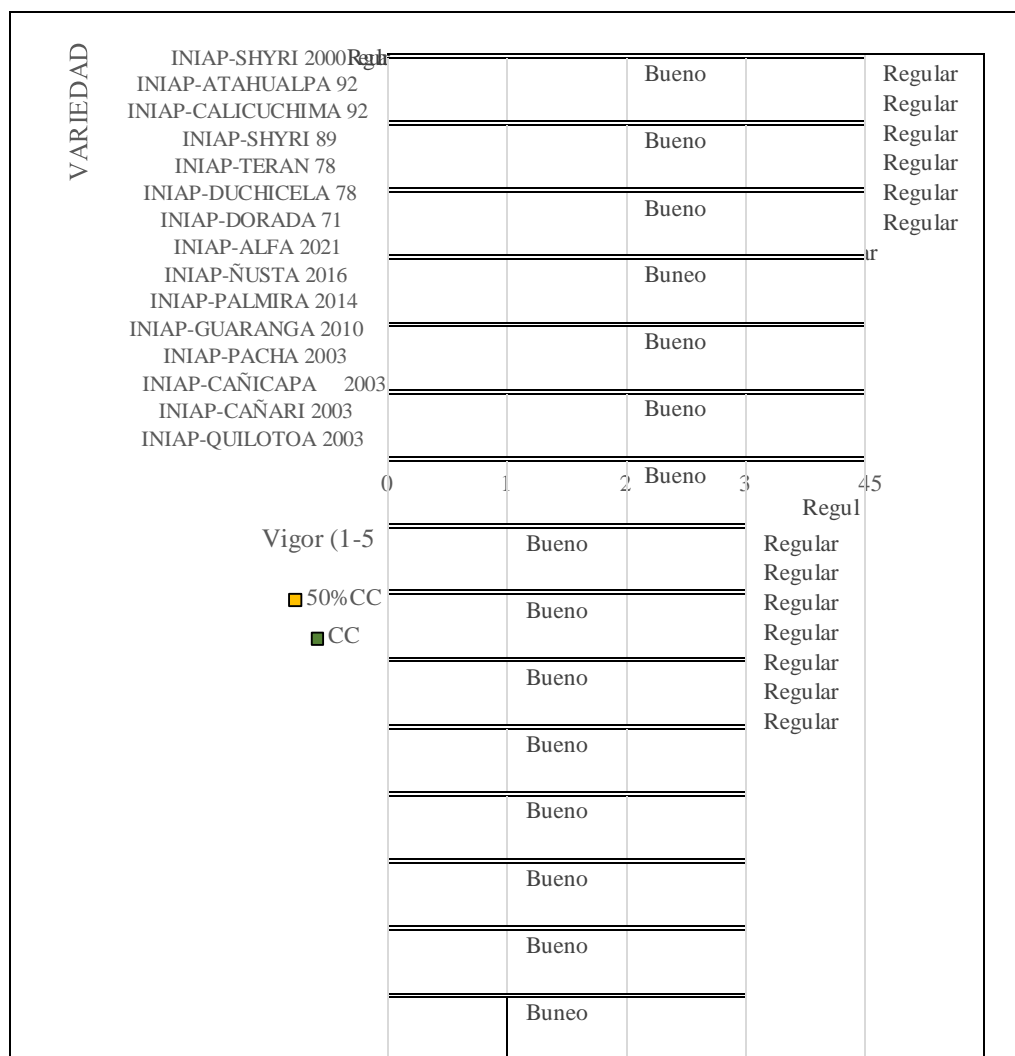
T10	CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	1	1	1
T11	CC	INIAP-PACHA 2003	1	1	1
T12	CC	INIAP-GUARANGA 2010	1	1	1
T13	CC	INIAP-PALMIRA 2014	1	1	1
T14	CC	INIAP-ÑUSTA 2016	1	1	1
T15	CC	INIAP-ALFA 2021	1	1	1
T16	50%CC	INIAP-DORADA 71	4	4	4
T17	50%CC	INIAP-DUCHICELA 78	4	4	4
T18	50%CC	INIAP-TERAN 78	4	4	4
T19	50%CC	INIAP-SHYRI 89	4	4	4
T20	50%CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	4	4	4
T21	50%CC	INIAP-ATAHUALPA 92	4	4	4
T22	50%CC	INIAP-SHYRI 2000	4	4	4
T23	50%CC	INIAP-QUILOTOA 2003	3	3	3
T24	50%CC	INIAP-CAÑARI 2003	3	3	3
T25	50%CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	3	3	3
T26	50%CC	INIAP-PACHA 2003	3	3	3
T27	50%CC	INIAP-GUARANGA 2010	3	3	3
T28	50%CC	INIAP-PALMIRA 2014	3	3	3
T29	50%CC	INIAP-ÑUSTA 2016	3	3	3
T30	50%CC	INIAP-ALFA 2021	3	3	4
PROMEDIO			2,48		

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 17 se observan promedios de la variable categórica vigor. Para la lámina de riego en Capacidad de Campo la mayoría de las variedades de cebada presentaron un rango de 1 a 2, lo que se considera que las plantas tienen un vigor “Bueno”; plantas y hojas bien desarrolladas, siendo INIAP-ALFA 2021, INIAP- QUILOTOA 2003, INIAP-CAÑARI 2003, INIAPCAÑICAPA 2003, INIAP-PACHA 2003, INIAP-GUARANGA 2010, INIAP-PALMIRA 2014, INIAP- ÑUSTA 2016, las variedades que presentaron valor de 1. Por otro lado, para la lámina al 50% de su Capacidad de Campo la variable de vigor disminuye y la mayoría de las variedades se encuentran en la escala de 3 a 4 lo que indica plantas y hojas medianamente desarrolladas. El promedio general de vigor de planta en la tabla es de 2,48, indicando que, las diferentes variedades de cebada tienen un vigor regular en ambas láminas de riego.

Los datos obtenidos tienen relación con Tigse (2024), quien a través de su investigación de la Evaluación de la tolerancia a la sequía en trigo, Ecuador, presentan un vigor de planta promedio de 2,6 señalando que los cereales tienden a tener un vigor con escala buena a intermedia, a pesar de estar expuestas a estrés hídrico.

Figura 1. Vigor promedio de la planta en la interacción de la lámina de riego por variedad.



En la figura (1) se muestra de forma gráfica la interacción de cada variedad por lámina, se observa que las variedades con mejor vigor de planta son INIAP- ALFA 2021, INIAP-ÑUSTA 2016, INIAP-PALMIRA 2014, INIAP-GUARANGA 2010, INIAP-PACHA 2003, INIAPCAÑICAPA 2003, INIAP-CAÑARI 2003 e INIAP- QUILOTOA 2003 las cuales están expuestas a las dos láminas de riego con un valor de escala 1; plantas y hojas grandes bien desarrolladas, determinando que toleran la sequía a diferencia de las variedades en capacidad de campo 50% de capacidad presentaron un valor intermedio entre bueno y malo con el valor 4.

10.1.2. Hábito de crecimiento

Tabla 18. Promedio para la variable Hábito de planta.

Tratamientos Lámina (L)	VARIEDAD	Promedio (1-3)	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-DORADA 71	2	2
T2	CC	INIAP-DUCHICELA 78	1	1
T3	CC	INIAP-TERAN 78	1	1

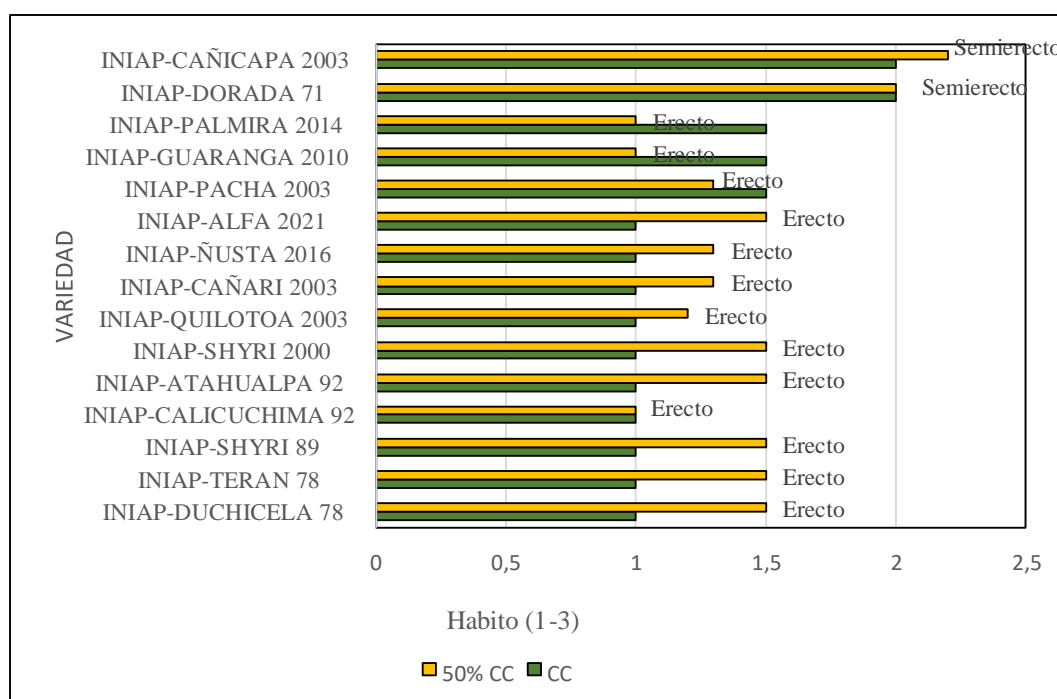
T4	CC	INIAP-SHYRI 89	1	1	1
T5	CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	1	1	1
T6	CC	INIAP-ATAHUALPA 92	1	1	1
T7	CC	INIAP-SHYRI 2000	1	1	1
T8	CC	INIAP-QUILOTOA 2003	1	1	1
T9	CC	INIAP-CAÑARI 2003	1	1	1
T10	CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	2	2	2
T11	CC	INIAP-PACHA 2003	1,5	1,5	1,5
T12	CC	INIAP-GUARANGA 2010	1,5	1,5	1,5
T13	CC	INIAP-PALMIRA 2014	1,5	1,5	1,5
T14	CC	INIAP-ÑUSTA 2016	1	1	1
T15	CC	INIAP-ALFA 2021	1	1	1
T16	50% CC	INIAP-DORADA 71	2	2	2
T17	50% CC	INIAP-DUCHICELA 78	1,5	1,5	1,5
T18	50% CC	INIAP-TERAN 78	1,5	1,5	1,5
T19	50% CC	INIAP-SHYRI 89	1,5	1,5	1,5
T20	50% CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	1	1	1
T21	50% CC	INIAP-ATAHUALPA 92	1,5	1,5	1,5
T22	50% CC	INIAP-SHYRI 2000	1,5	1,5	1,5
T23	50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	1,2	1	1,5
T24	50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	1,3	1	1,5
T25	50% CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	2,2	2	2,5
T26	50% CC	INIAP-PACHA 2003	1,3	1	1,5
T27	50% CC	INIAP-GUARANGA 2010	1	1	1
T28	50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	1	1	1
T29	50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	1,3	1	1,5
T30	50% CC	INIAP-ALFA 2021	1,5	1,5	1,5
PROMEDIO			1,33		

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 18 se muestra promedios del hábito de crecimiento de las diferentes variedades de cebada expuestas a las dos láminas de riego Capacidad de Campo y Capacidad de Campo al 50%. En la lámina capacidad de campo, la mayoría de las variedades de cebada tienen un hábito de crecimiento de 1; hojas dispuestas verticalmente hacia arriba a excepción de las variedades INIAP-CAÑICAPA 2003 e INIAP- DORADA 71 que tienen un hábito de crecimiento de 2; plantas semierectas en ambas láminas de riego y para la lámina de 50% de capacidad su hábito es de 2; hojas dispuestas diagonalmente semierecto. En general indica que la mayoría de las variedades de cebada presentan un hábito de crecimiento entre erecto y semierecto con promedio de 1,33.

Los datos determinados en esta investigación se pueden convalidar con otras investigaciones de cereales. Tigse Quezada (2024) y Tigasi Caisaguano (2024), quienes a través de su investigación en trigo y cebada identificaron datos de hábito de planta con escalas de 2; intermedio semierecto, lo que señala que los cereales tienen un hábito de crecimiento en donde la humedad del suelo influye en la forma de crecimiento de la planta. Esta variable se ve afectada por temperaturas, fotoperiodo, precipitaciones y los nutrientes del suelo (PonceMolina et al., 2019).

Figura 2. Tukey al 5% hábito de crecimiento de la planta en la interacción de lámina de riego por variedad.



En la figura (2) se observan las variedades de cebada, INIAP- CALICUCHIMA 92, INIAPGUARANGA 2010 e INIAP- PALMIRA 2014 con valor de 1; planta con hojas dispuestas verticalmente hacia arriba en las dos láminas de riego, a diferencia de las otras variedades que se clasifican con valor de escala 2; semierecto con hojas dispuestas diagonalmente, a pesar de estar expuestas a la lámina de 50% de capacidad de campo.

10.1.3. Días al espigamiento

Tabla 19. Promedios de la variable días al espigamiento.

Tratamientos Lámina (L)		VARIEDAD	Promedio %	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-DORADA 71	89,0	89	89

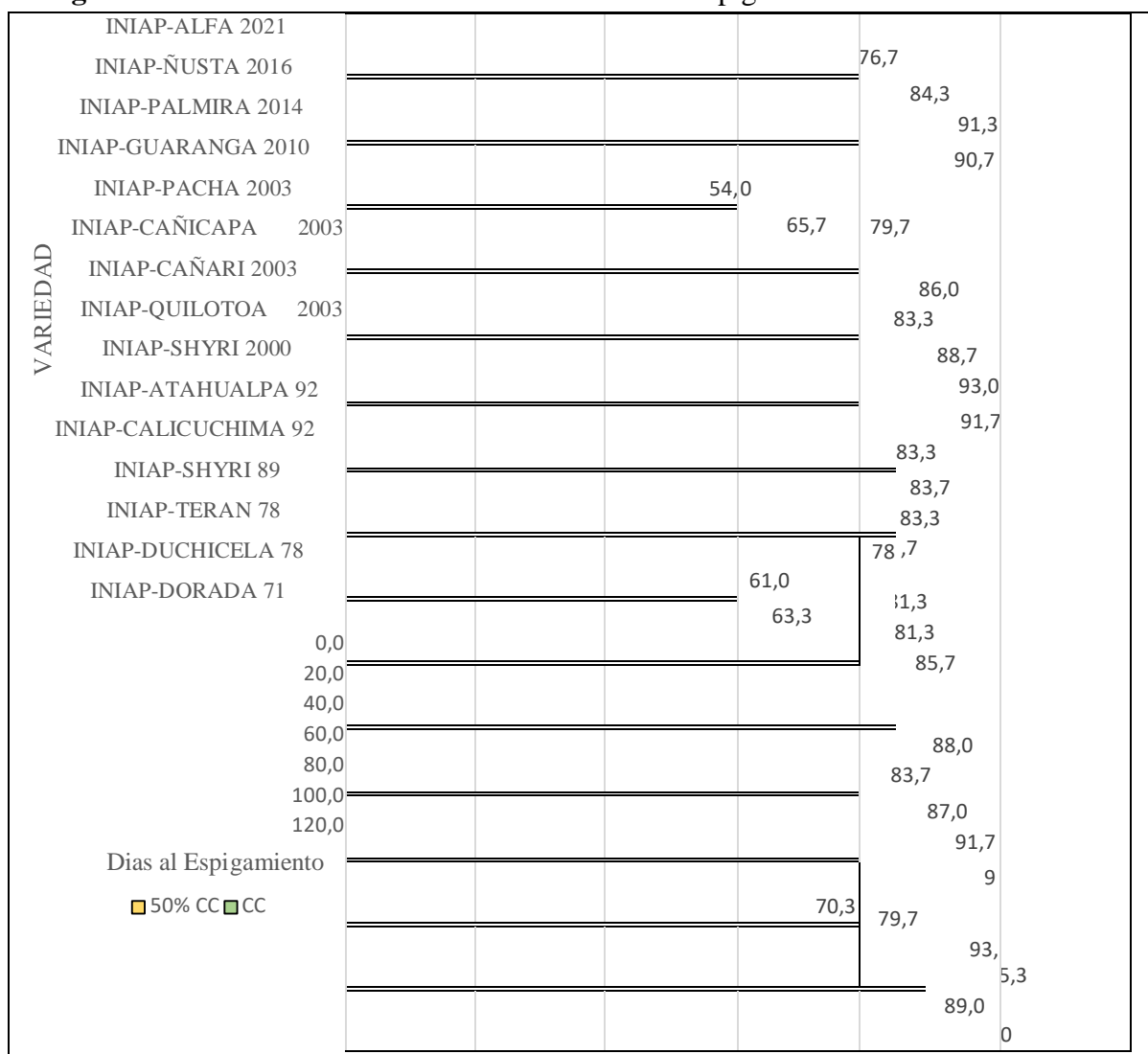
T2	CC	INIAP-DUCHICELA 78	79,7	75	82
T3	CC	INIAP-TERAN 78	95,3	93	100
T4	CC	INIAP-SHYRI 89	87,0	86	89
T5	CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	88,0	86	89
T6	CC	INIAP-ATAHUALPA 92	81,3	79	86
T7	CC	INIAP-SHYRI 2000	63,3	61	61
T8	CC	INIAP-QUILOTOA 2003	78,7	75	82
T9	CC	INIAP-CAÑARI 2003	83,7	79	86
T10	CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	91,7	89	93
T11	CC	INIAP-PACHA 2003	88,7	82	98
T12	CC	INIAP-GUARANGA 2010	86,0	86	86
T13	CC	INIAP-PALMIRA 2014	65,7	54	54
T14	CC	INIAP-ÑUSTA 2016	90,7	72	107
T15	CC	INIAP-ALFA 2021	84,3	75	103
T16	50%CC	INIAP-DORADA 71	93,0	93	93
T17	50%CC	INIAP-DUCHICELA 78	70,3	64	79
T18	50%CC	INIAP-TERAN 78	91,7	89	93
T19	50%CC	INIAP-SHYRI 89	83,7	80	86
T20	50%CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	85,7	72	96
T21	50%CC	INIAP-ATAHUALPA 92	81,3	79	86
T22	50%CC	INIAP-SHYRI 2000	61,0	61	68
T23	50%CC	INIAP-QUILOTOA 2003	83,3	75	89
T24	50%CC	INIAP-CAÑARI 2003	83,3	72	89
T25	50%CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	93,0	93	93
T26	50%CC	INIAP-PACHA 2003	83,3	82	86
T27	50%CC	INIAP-GUARANGA 2010	79,7	75	82
T28	50%CC	INIAP-PALMIRA 2014	54,0	54	79
T29	50%CC	INIAP-ÑUSTA 2016	91,3	89	96
T30	50%CC	INIAP-ALFA 2021	76,7	72	79
PROMEDIO			82,14		

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 19 se observan diferentes datos de días al espigamiento que varían dependiendo de la variedad de cebada y lámina de riego a la que estén expuestas, para la lámina en capacidad de campo los promedios van de 84 a 89 días indicando ciclos largos de espigamiento, también, se identificaron variedades de cebada que presentaron ciclos cortos en la lámina 50% (CC). La variedad INIAP-PALMIRA2014 con ciclo corto de 54 días al espigamiento seguida de la variedad INIAP-SHYRI 2000 con 61 días al espigamiento, señalando que son tolerantes a la sequía a pesar de estar expuestas a la sequía.

Los resultados de este estudio indican que las variedades de corto ciclo alcanzaron su madurez fisiológica más rápido en la lámina de riego al 50%, en comparación con las demás variedades de cebada expuestas a las dos láminas de riego, Tigse Quezada (2024) indica en su estudio sobre tolerancia a la sequía en trigo diferentes variedades que alcanzo el espigamiento en un ciclo corto, de 64 y 68 días lo que indica que los cereales al estar expuestos a condiciones de sequía tienden a madurar precozmente. La variable de días al espigamiento se ve afectada por condiciones climáticas, sequia, cambios bruscos de temperatura altas y bajas (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 3. Medidas de resumen de la variable días al espigamiento



Se utilizo la figura (3), para que el lector visualicen de forma más rápida y sencilla el porcentaje de días al espigamiento de las diferentes variedades de cebada expuestas a la lámina de capacidad de campo de 50%, varían dependiendo la variedad, INIAP-PALMIRA2014,

INIAPDUCHICELA 78 e INIAP-SHYRI 2000 son las variedades que más destacan en tolerar la sequía por obtener ciclos de espigamiento corto.

10.1.4. Tipo de Grano

Tabla 20. Prevalencia del tipo de grano por variedad en las dos láminas de riego.

Tratamiento	Variedad	Lámina	I	II	III	Prevalencia
T1	INIAP-DORADA 71	CC	**	**	*	**
T2	INIAP-DUCHICELA 78	CC	**	*	*	*
T3	INIAP-TERAN 78	CC	**	***	**	**
T4	INIAP-SHYRI 89	CC	**	***	**	**
T5	INIAP-CALICUCHIMA 92	CC	*	*	.+	*
T6	INIAP-ATAHUALPA 92	CC	**	**	**	**
T7	INIAP-SHYRI 2000	CC	**	***	***	***
T8	INIAP-QUILOTOA 2003	CC	**	*	*	*
T9	INIAP-CAÑARI 2003	CC	*	**	*	*
T10	INIAP-CAÑICAPA 2003	CC	***	***	***	***
T11	INIAP-PACHA 2003	CC	*	*	*	*
T12	INIAP-GUARANGA 2010	CC	***	**	*	**
T13	INIAP-PALMIRA 2014	CC				

			**	**	**	**
T14	INIAP-ÑUSTA 2016	CC	*	*	*	*
T15	INIAP-ALFA 2021	CC	*	**	*	*
T16	INIAP-DORADA 71	50% CC	*	**	**	**
T17	INIAP-DUCHICELA 78	50% CC	.+	*	*	*
T18	INIAP-TERAN 78	50% CC	**	**	**	**
T19	INIAP-SHYRI 89	50% CC	*	*	*	*
T20	INIAP- CALICUCHIMA 92	50% CC	.+	*	.+	.+
T21	INIAP-ATAHUALPA 92	50% CC	*	*	*	*
T22	INIAP-SHYRI 2000	50% CC	**	**	*	**
T23	INIAP-QUILOTOA 2003	50% CC	.+	*	*	*
T24	INIAP-CAÑARI 2003	50% CC	.+	*	*	*
T25	INIAP-CAÑICAPA 2003	50% CC	**	***	***	***
T26	INIAP-PACHA 2003	50% CC	*	*	*	*
T27	INIAP-GUARANGA 2010	50% CC	**	*	**	**
T28	INIAP-PALMIRA 2014	50% CC	**	**	**	**
T29	INIAP-ÑUSTA 2016	50% CC	*	*	*	*
T30	INIAP-ALFA 2021	50% CC	.+	*	*	*

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 20 se identifica mediante la escala para tipo de grano, la variedad INIAPCAÑICAPA 2003 e INIAP- SHYRI 2000 son las que tienen un tipo de grano grande y grueso tanto en la lámina Cc como en la de 50% Cc con escala de “***” y con una disminución baja en la calidad de grano, se considera la variedad INIAP-CALICUCHIMA 92 expuesta a capacidad de campo de 50%, ya que presentó calidad de grano baja con valor de “+” indicando Grano pequeño, delgado, manchado, chupado, señalando que el riego para obtener un tipo de grano de calidad es esencial. Los resultados identificados en esta investigación indican que la variable tipo de grano disminuyó en función de su calidad significativamente en presencia de la sequía, estos datos se convalidan con estudios relacionados a este tipo de investigación. Herrera (2013) en su estudio del efecto de la sequía en frijol, México indica que esta variable se ve influenciada por la sequía afectando la calidad y tamaño de grano. Sin embargo, en otras variedades de frijol al estar expuestas a la sequía presentaron un tamaño de grano moderado como en este estudio que a pesar que estuvieron expuestas a sequía algunas variedades mantuvieron su calidad de grano, esto puede ser por la aptitud genética de cada variedad. Esta variable además, se ve influenciada por la precipitación y temperaturas a la que este expuestas el cultivo al final de su ciclo (Ponce-Molina et al., 2019).

10.2. Análisis de varianza

10.2.1. Altura de Planta

Tabla 21. ADEVA para variable altura de planta en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero.

Fuentes de variación	gl	45 días				75 días				102 días			
		SC	CM	F	p-valor	SC	CM	F	p-valor	SC	CM	F	p-valor
Total	89	4611,4 2				5117,21				6612,54			
Repeticiones	2	202,83	101,41	6,94	0,002	239,9	119,95	8,28	0,0007	113,2	56,6	3,16	0,0502
Lámina (L)	1	1901,46	1901,46	72,62	0,0135	1440,16	1440,16	195,19	0,0051	1836,93	3	33,54	0,0285
Error (a)	2	52,37	26,18	1,79	0,1761	14,76	7,38	0,51	0,6035	109,55	54,77	3,06	0,055
		1076,4 9											<0,000
Variedad (V)	14		76,89	5,26	<0,0001	2134,91	152,49	10,53	<0,0001	3031,17	216,51	12,08	1
L x V	14	559,84	39,99	2,74	0,0039	476,53	34,04	2,35	0,0122	518,18	37,01	2,07	0,0285
		818,44	14,62			810,96	14,48			1003,51	17,92		
Error (b)	56												
Promedio	43,6					50,29				55,97			
CV (%)	3												
	8,76					7,57				7,56			

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s.: significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (21) se observa que para todos los factores lámina, variedad y lámina por variedad a los 45, 75 y 102 días existe significación estadística determinando que existe una relación, y con coeficientes de variación de 8,76 a los 45 días, 7,57 a los 75 días y 7,56 a los 102 días.

10.2.2. Fisher para lámina (Altura cm).

Tabla 22. Prueba Fisher para láminas en la variable altura de Planta.

Lámina	46 días		75 días		102 días	
	Promedio de altura (cm)	Rangos de Significación n	Promedio de altura (cm)	Rangos de Significación n	Promedio de altura (cm)	Rangos de Significación n
CC	48,22	A	54,29	A	60,48	A
50% CC	39,03	B	46,29	B	51,45	B

En la tabla 22 se observa la prueba de Fisher para factor lámina a los 46, 75 y 102 días, la lámina uno (CC) frente a la lámina dos (50%CC) es la mejor con promedios de 48 a 60,48 para altura en centímetros y la lámina dos (50% CC) con promedios de 39 a 51,45 cm en altura de planta, lo que, indica que, al momento del desarrollo de las plantas el riego es fundamental para su óptimo desarrollo. Las letras A y B muestran que pertenecen a grupos significativamente diferentes lo que demuestra que la lámina CC tiene mayor efecto en la variable altura de planta.

10.3. Prueba de Tukey al 5% de la Interacción Lamina por variedad para la variable Altura de planta.

Tabla 23. Prueba de tukey al 5% de Interacción lamina por Variedad para la variable Altura planta (cm).

45 días				75 días			102 días				
Lámina Variedad (L)	Promedio os na Altura (cm)	Rangos de Significació n	Lámina (L)	Variedad	Promedi os Altura (cm)	Rangos de Significaci ón	Lámi na (L)	VARIEDAD	Promed io Altura (cm)	Rango de Significaci ón	
CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	57,67	A	CC	INIAP-DORADA 71	67	A	CC	INIAP-DORADA 71	76	A
CC	INIAP-DORADA 71	56,67	AB	CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	63,56	AB	CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	74,57	AB
CC	INIAP-PALMIRA 2014	51,66	ABC	CC	INIAP-PACHA 2003	57,89	ABC	50% CC	INIAP-DORADA 71	64,33	ABC
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	51,56	ABC	CC	INIAP-DORADA 71	57,56	ABC	CC	INIAP-PACHA 2003	63,9	ABC
CC	INIAP-PACHA 2003	51,45	ABC	CC	INIAP-DUCHICELA 78	56,78	ABC	CC	INIAP-DUCHICELA 78	62,77	ABCD
CC	INIAP-DUCHICELA 78	51,22	ABC	CC	INIAP-PALMIRA 2014	56,11	ABC	CC	INIAP-SHYRI 89	61,77	BCDE
50% CC	INIAP-DORADA 71	47,11	ABCD	CC	INIAP-QUILOTOA 2003	55,33	ABCD	CC	INIAP-QUILOTOA 2003	61,57	BCDE

CC	INIAP-ATAHUALPA 92	46,89	ABCD	50%	INIAP-DUCHICELA 78	55,22	ABCDE	CC	INIAP-GUARANGA 2010	60,03	CDEF
CC	INIAP-CALICUCHI MA 92	46,78	ABCD	50%	INIAP-CAÑICAPA 2003	54,22	BCDE	50%	INIAP-SHYRI 89	59,47	CDEF
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	46,67	ABCD	CC	INIAP-SHYRI 89	53,22	BCDEF	CC	INIAP-PALMIRA 2014	59,43	CDEF

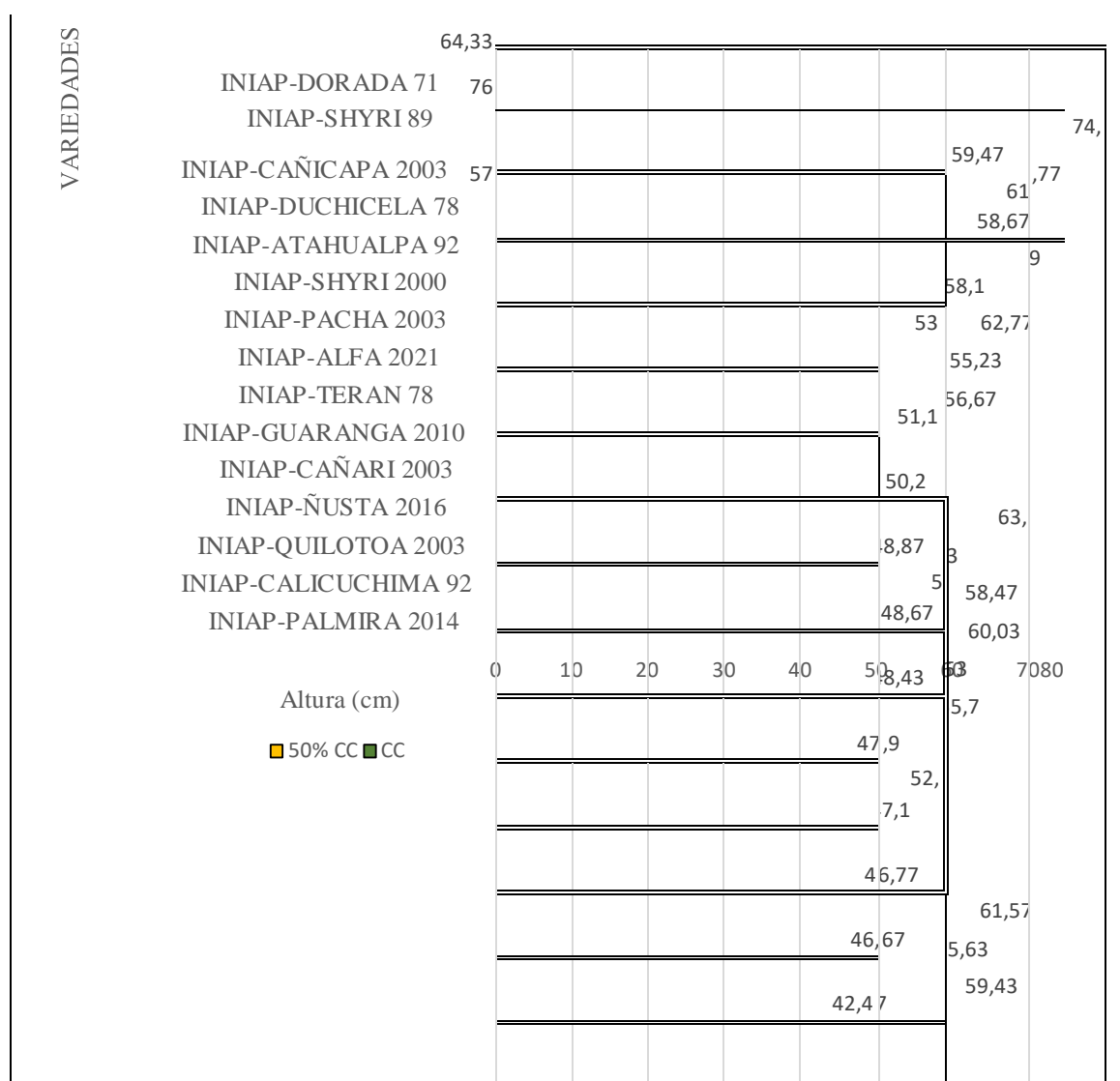
50% CC	INIAP- ATAHUALP A 92	38,67	DEF	50 % CC	INIAP-QUILOTOA 2003	43,67	DEFGH	50% CC	INIAP-TERAN 78	48,67	EFG
50% CC	INIAP- QUILOTOA 2003	38	DEF	50 % CC	INIAP-PACHA 2003	43,22	DEFGH	50% CC	INIAP-GUARANGA 2010	48,43	EFG
50% CC	INIAP- PACHA 2003	37,78	DEF	50 % CC	INIAP-TERAN 78	43	EFGH	50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	47,9	FG
50% CC	INIAP- ÑUSTA 2016	36,44	DEF	50 % CC	INIAP-ÑUSTA 2016	41,33	FGH	50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	47,1	FG
50% CC	INIAP- PALMIRA 2014	34,33	EF	50 % CC	INIAP-CAÑARI 2003	40,78	GH	50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	46,77	FG
50% CC	INIAP- CALICUCHI MA 92	34,33	EF	50 % CC	INIAP- CALICUCHIMA 92	40,33	GH	50% CC	INIAP- CALICUCHIMA 92	46,67	FG
50% CC	INIAP- CAÑARI 2003	33,67	F	50 % CC	INIAP-PALMIRA 2014	38,55	H	50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	42,47	G

Tukey al 5% para interacción lámina por variedad (Tabla 23), presenta los resultados para tres fechas de crecimiento (45 días, 75 días y 102 días) en las diferentes variedades de cebada expuestas a dos láminas de riego. Para la fecha de 45 días se identifica seis rangos de significación estadística, para la fecha de 75 días se identifica ocho rangos de significación y para la fecha de 102 días desde la siembra tenemos siete rangos de significación. A los 45 días desde la siembra se encuentra en el rango “a” la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 (57,67cm) seguida de la INIAP-DORADA 71 (56,67 cm) liderando en la lámina en capacidad de campo, indicando que son las variedades con mejores resultados en altura a diferencia de otras variedades las cuales obtuvieron promedios bajos como la variedad INIPA- CAÑARI 2003 (33,67 cm) e INIAP-CALICUCHIMA 92 (34,33) con la lámina en Capacidad de campo al 50% ubicándolas en rangos inferiores. A los 75 días desde la siembra la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 deja de liderar y se

coloca en el rango más alto la variedad INIAP-DORADA 71, otras variedades también se ubican en posiciones de competitividad la variedad INIAP-PACHA 2003 (57,82) e incluso se ve que la variedad INIP-DORADA 71 alcanza una altura optima a pesar de estar expuesta a la lámina de 50%, esto indica que algunas variedades son adecuadas para cultivo a largo plazo. Para la etapa de 102 días desde la siembra la variedad INIAP-DORADA 71 es la que continúa liderando con (76cm) y manteniéndose las demás variedades en las diferentes etapas los mismos promedios. También se identifican variedades de cebada que se ubicaron en rangos mas bajos en capacidad de campo al 50%, la variedad INIAP-CALICUCHIMA 92 e INIAPPALMIRA 2014 se ubica en rangos de f, g y h manteniendo su altura en estos rangos en los diferentes días, frente a la lámina de riego en capacidad de campo señalando que la presencia de riego optimo es fundamental para obtener plantas con alturas significativamente altas.

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la variable altura de planta para los diferentes periodos analizados se convalidan con otras investigaciones realizadas sobre este tipo de estudio Wendy Tigse (2024) en su estudio de la tolerancia a la sequía en trigo, indica que el riego es importante para alcanzar plantas con alturas optimas, en su estudio identifico datos con resultados de variedades de trigo de menor tamaño al estar expuestas a la sequía también identifico variedades de trigo con alturas de plantas significativamente grandes determinando que el riego si tuvo influencia en la altura de la planta, Vazquez-Pozos et al.,(2020) en su estudio sobre QTLs asociado a la tolerancia a la sequía en maíz identifico que para la variable altura existió diferencias significativas entre los factores, la población de maíz bajo sequia presentaron valores mayores indicando favorable crecimiento esto se puede relacionar con la capacidad de cada variedad en asimilar entornos de sequía mediante su aptitud genética, según Avendaño Arrazate et al., (2005) las plantas expuestas a la sequía detienen completamente su crecimiento y entran en estado de latencia, reiniciando su crecimiento al momento de existir humedad en el suelo hasta cumplir su ciclo completo señalando la importancia del riego, el manual del INIAP sobre generalidades de cebada (2020) menciona que para un mejor desarrollo y óptimo en desarrollo de plantas de cebada se debe considerar factores como la temperatura, disponibilidad de agua, ya que, la sequía es uno de los principales factores que limita el buen desarrollo de las plantas.

Figura 4. Tukey sobre la interacción de lámina por variedad de la variable Altura de Planta (cm) a los 102 días.



Elaborado por: nataly serna,2024

Se utilizo la Figura (4), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre la interacción entre variedad y lámina, se identifica la variedad INIAP-DORADA e INIAPSHYRI 89 las que lideran en promedio de altura en capacidad de campo de 50%, la variedad INIAP-PALMIRA e INIAP-CAÑARI 2003 tienen valores de menor promedio de altura en capacidad de campo al 50%.

10.3.1. Número de macollos

Tabla 24. ADEVA para variable número de macollos en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Total	89	381,12			
Repeticiones	2	0,56	0,28	0,76	0,4728 n.s.
Lámina (L)	1	266,94	266,94	558,72	0,0018 **
Error (a)	2	0,96	0,48	1,31	0,2791
Variedad (V)	14	43,96	3,14	8,58	<0,0001 **
L x V	14	48,22	3,44	9,41	<0,0001 **
<u>Error (b)</u>	<u>56</u>	<u>20,49</u>	<u>0,37</u>		
Promedio	5,71				
CV (%)	10,53				

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s. : significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (24) se observa alta significación estadística para los factores lámina, variedad y lámina por variedad, con un coeficiente de variación del 10,53 %.

10.3.2. Fisher para Láminas (número de macollos).

Tabla 25. Prueba de Fisher para laminas en número de macollos.

Lámina (L)	Promedio Número de macollos	Rango de significación
CC	7,47	A
50% CC	4,02	B

En la tabla 25 se indica la prueba de Fisher para el factor lámina se observa que la lámina uno (CC) frente a la lámina (CC 50 %) dos es la mejor con 7,47 de promedio de número de macollos y la lámina dos (50%) con 4,02 de promedio. Las letras A y B muestran que pertenecen a grupos significativamente diferentes lo que demuestra que la lámina CC tiene mayor efecto en la variable número de macollos, el riego es fundamental en la formación de macollos.

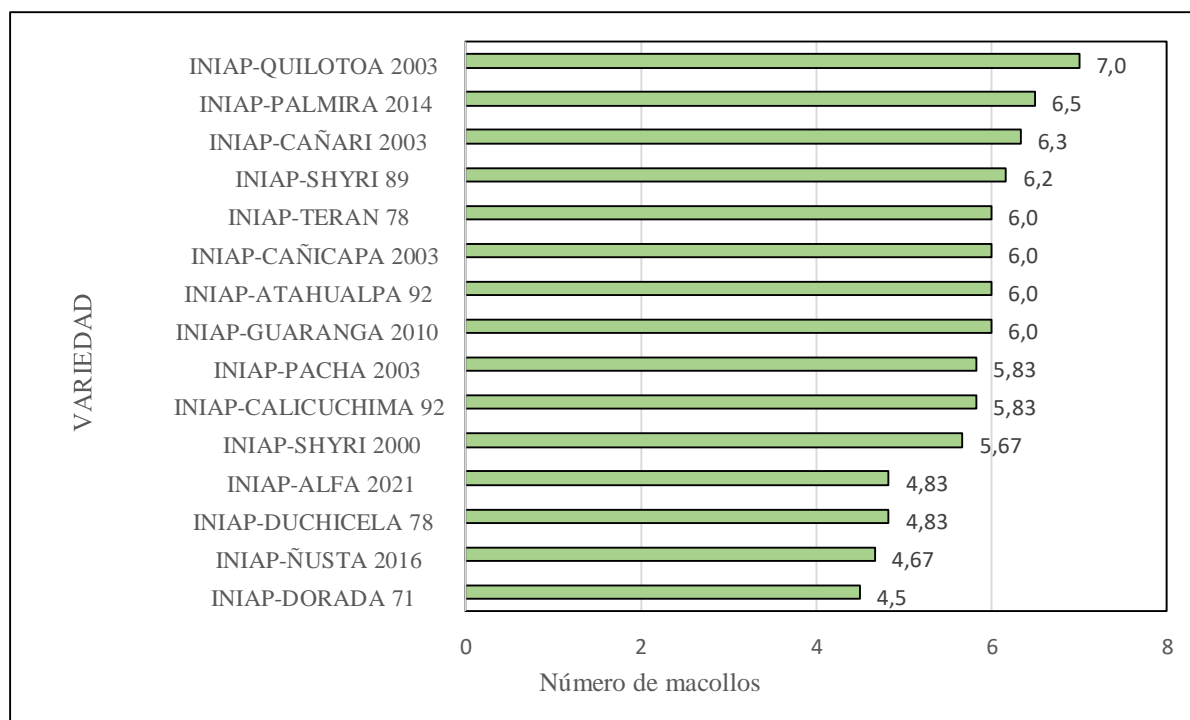
10.4. Prueba de Tukey al 5% para VARIEDAD en la variable de Número de macollos.

Tabla 26. Prueba de Tukey para Variedades para número de macollos

VARIEDAD	Promedio número de macollos	Rangos de Significación
INIAP-QUILOTOA 2003	7,0	A
INIAP-PALMIRA 2014	6,5	AB
INIAP-CAÑARI 2003	6,3	AB
INIAP-SHYRI 89	6,2	AB
INIAP-GUARANGA 2010	6,0	ABC
INIAP-ATAHUALPA 92	6,0	ABC
INIAP-CAÑICAPA 2003	6,0	ABC
INIAP-TERAN 78	6,0	ABC
INIAP-CALICUCHIMA 92	5,83	ABCD
INIAP-PACHA 2003	5,83	ABCD
INIAP-SHYRI 2000	5,67	BCDE
INIAP-DUCHICELA 78	4,83	CDE
INIAP-ALFA 2021	4,83	CDE
INIAP-ÑUSTA 2016	4,67	DE
INIAP-DORADA 71	4,5	E

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 26 se observa resultados de la prueba de tukey de la variable número de macollos cinco rangos en el grupo “a” “se encuentra INIAP – QUILOTOA 2003 la cual tiene alta significancia con promedio de 7,0 en número de macollos. En el grupo “ab” se encuentran variedades que son significantes igual que el grupo “a” pero con promedios medianamente menor esta la variedad INIAP- PALMIRA 2014, INIAP- CAÑARI 2003 e INIAP – SHYRI 89 con promedios de 6,5, 6,3 y 6,2, en el grupo “abc” se encuentran variedades con producción de macollos intermedio algunas de ellas son INIAP- GUARANGA 2010, INIAP ATAHUALPA92, INIAP TERAN 78 e INIAP CAÑICAPA -2003 que tienen un promedio de 6,0 indican rendimiento en macollos aceptables. En el grupo “cde” y “e” se encuentran variedades de cebada con baja desarrollo de macollos las cuales son INIAP- DUCHILEMA 78, INIAP-ALFA 2021, INIAP- ÑUSTA 2016 e INIAP- DORADA71 presentan promedios desde los 4,5 y 5,8 número de macollos.

Figura 5. Tukey en VARIEDAD para la variable de número de macollos.

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Se utilizó la Figura (5), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre promedios en la variable número de macollos en las variedades de cebada siendo la variedad INIAP-QUILOTOA 2003 la que lideran en promedio de desarrollo de número de macollos en las dos láminas de riego, seguida de la variedad INIAP-PALMIRA 2014 con promedio de 6,5 a diferencia de la variedad INIAP-DORADA 71 que fue la de menor promedio de número de macollos en condiciones adversas de riego.

10.4.1. Prueba de Tukey al 5% de la Interacción lámina x variedad en la variable número de macollos.

Tabla 27. Tukey 5% de interacción entre lámina por Variedad en la variable número de macollos.

Lámina (L)	VARIEDAD	Promedio número de macollos	Significación CC	Rangos de
CC	INIAP-CAÑARI 2003	9,33	A	9,33 A
CC	INIAP-SHYRI 2000	8,67	A B	A B
CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	8,67	A B	A B
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	8,33	A BC	A BC

CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	8,33	A BC
CC	INIAP-GUARANGA 2010	7,67	A BCD
CC	INIAP-PACHA 2003	7,67	A BCD
CC	INIAP-TERAN 78	7,33	BCDE
CC	INIAP-ATAHUALPA 92	7,33	BCDE
CC	INIAP-PALMIRA 2014	7,33	BCDE
CC	INIAP-SHYRI 89	7	BCDEF
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	6,67	CDEF
CC	INIAP-DORADA 71	6	DEFG
CC	INIAP-ALFA 2021	6	DEFG
CC	INIAP-DUCHICELA 78	5,67	EFGH
50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	5,67	EFGH
50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	5,67	EFGH
50% CC	INIAP-SHYRI 89	5,33	FGHI
50% CC	INIAP-ATAHUALPA 92	4,67	GHIJ
50% CC	INIAP-TERAN 78	4,67	GHIJ
50% CC	INIAP-GUARANGA 2010	4,33	GHIJK
50% CC	INIAP-DUCHICELA 78	4	HIJK
50% CC	INIAP-PACHA 2003	4	HIJK
50% CC	INIAP-ALFA 2021	3,67	IJK
50% CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	3,33	JK
50% CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	3,33	JK
50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	3,33	JK
50% CC	INIAP-DORADA 71	3	JK
50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	2,67	K
50% CC	INIAP-SHYRI 2000	2,67	K

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

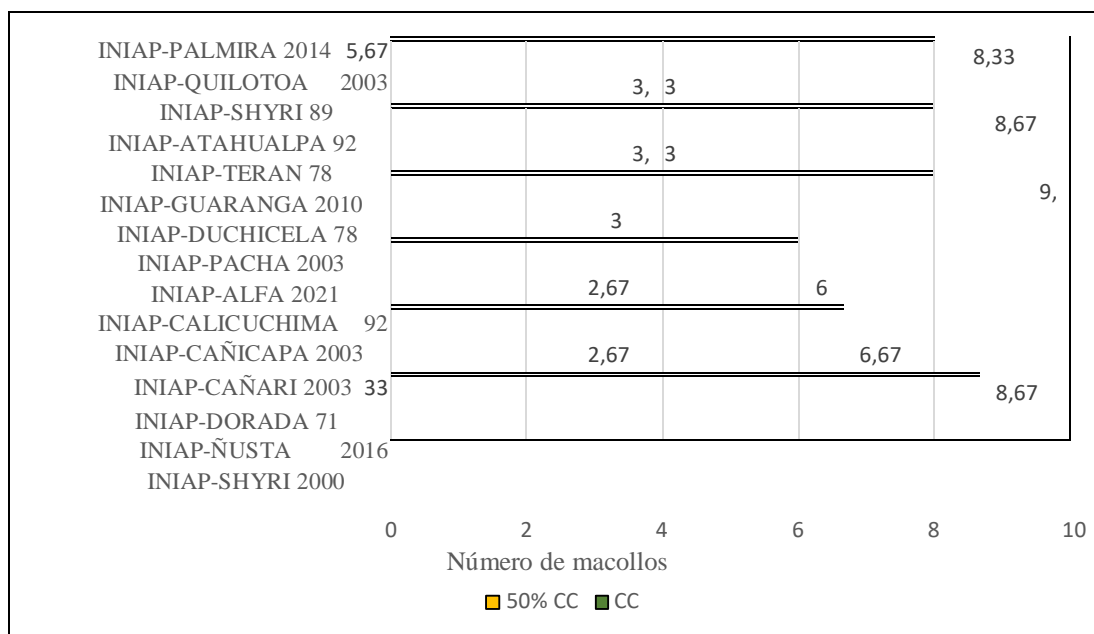
Tukey al 5% para interacción lámina por variedad (Tabla 27), determina once rangos de significación estadística, en el primer rango “a” están las variedades, INIAP- CAÑARI 2003, INIAP- SHYRI 2000, INIAP- CAÑICAPA 2003, INIAP- QUILOTOA 2003, INIAP- CALICUCHIMA 92, INIAP- GUARANGA 2010, e INIAP-PACHA 2003 siendo las variedades con promedios significativamente altos de 7,67 a 9,33 en número de macollos en la lámina Capacidad de Campo, para las variedades con rangos iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa, indicando que tienen desarrollo de macollos similares, en el rango “k” se encuentran las variedades con menor desarrollo en su macollamiento las cuales pertenecen a la lámina de Capacidad de Campo 50% INIAP-SHYRI 2000, INIAP- ÑUSTA 2016 las cuales presentan un promedio menor de 2,67 número de macollos a diferencia de las demás variedades como INIAP- GUARANGA 2010, INIAP- DUCHILEMA, INIAP- PACHA 2003, INIAP-ALFA 2021, INIAP-CALICUCHIMA 92, INIAP-CAÑICAPA 2003, INIAP

CAÑARI 2003, INIAP-DORADA71 las cuales se encuentran en el rango “k” pero tienen una diferencia mínima en promedios de 4,33 a 3 número de macollos.

Los datos obtenidos en esta investigación se relacionan con datos del manual de Generalidades de la Cebada por Ponce-Molina et al., (2020) en donde indica que para las variedades en capacidad de campo como INIAP-CAÑARI 2003 tiene valores de 10 macollos por planta al igual de otras variedades que presentaron valores iguales al manual en capacidad de campo, ubicándolas en un rango alto, señalando que las condiciones adversas como la buena distribución de agua son fundamentales para un buen desarrollo de la planta y así, optimizando su desarrollo. En otra investigación relacionada en cultivos de cereales de Tigse Quezada (2024), indica que existen variedades de trigo que toleraron la sequía en condiciones de disminución hídrica al igual que esta investigación en donde se encontraron variedades de cebada que tuvieron buen desarrollo de macollamiento, esto se puede dar por su buena eficiencia y utilidad del agua, su capacidad de generar biomasa a pesar de estar expuestas a deficiencia de agua tomando en cuenta su aptitud genética. En otra investigación realizada sobre genotipos de cebada propuesta por Pérez-Ruiz et al., (2016), indica que se cultivó cebada en época de secano las cuales presentaron desarrollo de macollos bajo frente a los genotipos en condiciones de riego concluyendo así que esto se puede deber a la aptitud genética de cada variedad, el riego en esta variable si influencio en la capacidad de la planta de desarrollar macollos.

Figura 6. Interacción en variable Número de macollos

VARIEDAD	Promedio		Diferencia
	Superior	Inferior	
	5,67	7,3	8,33
	5,3	7,3	3
	4,67	7,3	3
	4,67	7,67	,67
	4,67	7,67	,67
	4,33	7,67	,67
	4	7,67	,67
	4	5,67	1,67
	3,67	7,67	,67
	3,3	6	2,7



Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Se utilizó la figura (6), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre la interacción entre lámina y variedad, se identificó la variedad expuesta a la lámina 50% CC INIAP-PALMIRA la que lidera en promedio de número de macollos seguida de la variedad INIAP-QUILOTOA 2003 también se identificó la variedad INIAP-SHYRI 2000 que obtuvo un menor promedio de número de macollos.

10.4.2. Peso de materia seca

Tabla 28. ADEVA para variable Peso de materia seca en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Total	89	0,02			
Repeticiones	2	1,80E-05	9,10E-06	0,38	0,6831 n.s.
Lámina (L)	1	0,01	0,01	309,05	0,0032 **
Error (a)	2	7,80E-05	3,90E-05	1,64	0,2031
Variedad (V)	14	1,30E-03	9,00E-05	3,79	0,0002 **
L x V	14	5,50E-04	3,90E-05	1,66	0,0917 n.s.
<u>Error (b)</u>	<u>56</u>	<u>1,30E-03</u>	<u>2,40E-05</u>		
Promedio	0,05				
CV (%)	9,77				

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s.: no significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (28) se observa alta significancia estadística para lámina y variedad, pero para la interacción de lámina por variedad se muestra un valor no significativo, el efecto de las

láminas es consistente a través de las diferentes variedades, con un coeficiente de variación de 9,77 % lo que es bueno para este tipo de investigación.

10.4.3. Fisher para lámina (Peso Materia Seca).

Tabla 29. Fisher de Lámina para variable Peso materia seca.

Lámina	Peso MS (g/maceta)	Rangos de Significación
CC	0,06	A
50% CC	0,04	B

En la tabla 29 se indica la prueba de Fisher para el factor lámina se observa que la lámina uno (CC) tiene un promedio de 0,06 en materia seca y la lámina dos (50%) con 0,04 de promedio. Las letras A y B muestran que pertenecen a grupos significativamente diferentes lo que demuestra que la lámina CC tiene mayor efecto en la variable peso de materia seca.

10.5. Prueba de medias para la interacción lamina x variedad para la variable Peso de materia Seca.

Tabla 30. Promedios de la interacción entre lámina por variedad para la variable Peso de materia seca (g/maceta).

Lámina	VARIETADES	Peso de materia seca (g/maceta)
CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	0,072
CC	INIAP-TERAN 78	0,069
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	0,067
CC	INIAP-SHYRI 89	0,065
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	0,065
CC	INIAP-CAÑARI 2003	0,063
CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	0,063
CC	INIAP-PACHA 2003	0,062
CC	INIAP-DUCHICELA 78	0,061
CC	INIAP-DORADA 71	0,059
CC	INIAP-ALFA 2021	0,059
CC	INIAP-ATAHUALPA 92	0,057
CC	INIAP-SHYRI 2000	0,057
CC	INIAP-PALMIRA 2014	0,052
CC	INIAP-GUARANGA 2010	0,05
50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	0,043
50% CC	INIAP-TERAN 78	0,041

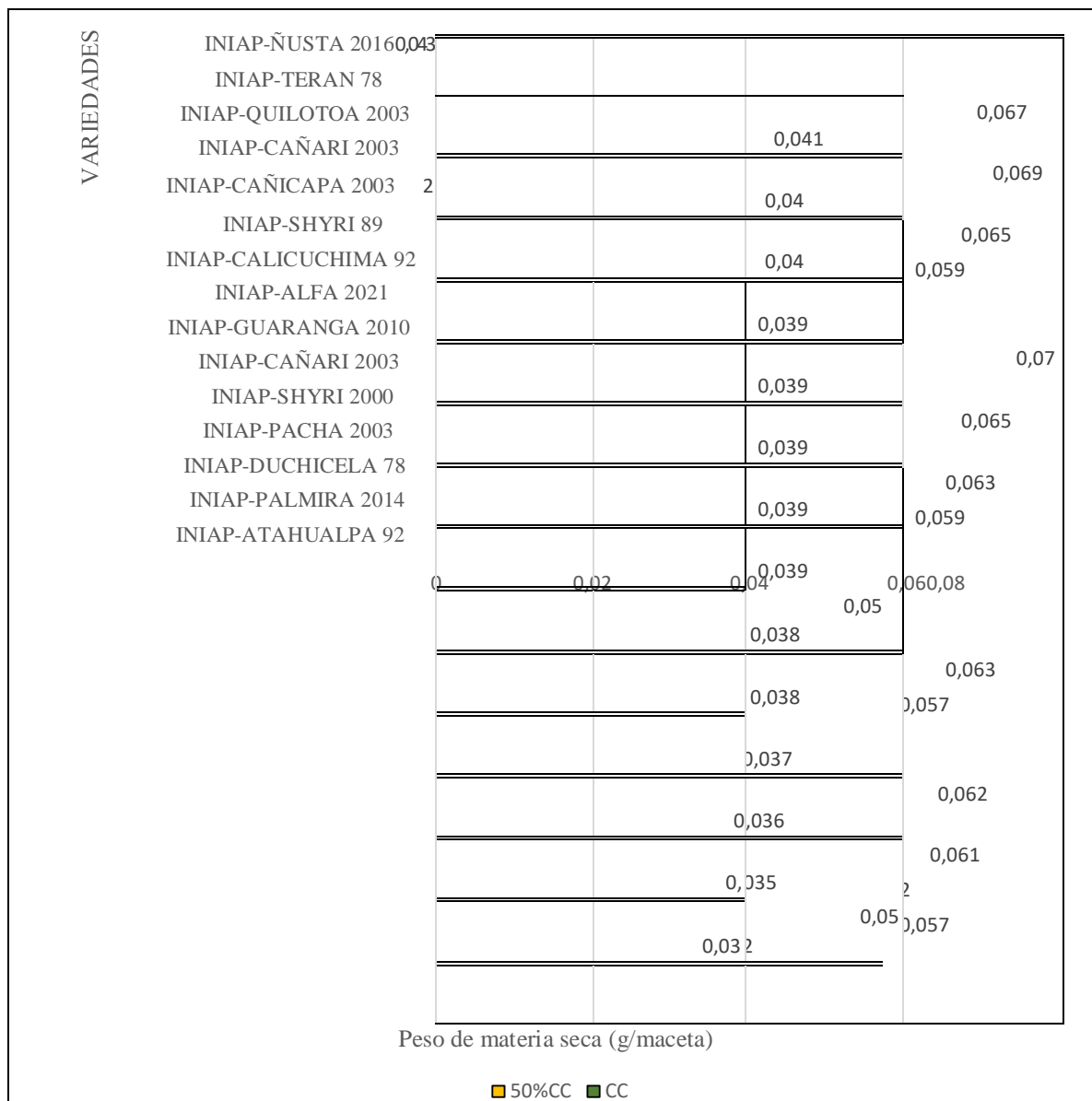
50% CC INIAP-ALFA 2021	0,04
50% CC INIAP-SHYRI 89	0,04
50% CC INIAP-CAÑARI 2003	0,039
50% CC INIAP-CAÑICAPA 2003	0,039
50% CC INIAP-DORADA 71	0,039
50% CC INIAP-GUARANGA 2010	0,039
50% CC INIAP-QUILOTOA 2003	0,039
50% CC INIAP-CALICUCHIMA 92	0,038
50% CC INIAP-ATAHUALPA 92	0,038
50% CC INIAP-PACHA 2003	0,037
50% CC INIAP-DUCHICELA 78	0,036
50% CC INIAP-PALMIRA 2014	0,035
50% CC INIAP-SHYRI 2000	0,032

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Para la prueba de medias tabla (30) se obtuvo promedios altos y bajos, las variedades que obtuvieron promedios altos en peso de materia seca (g/maceta) para capacidad de campo son INIAP-CAÑICAPA 2003, INIAP-TERAN 78 con promedios de 0,069 y 0,072, la que menos peso de materia seca obtuvo en capacidad de campo es INIAP-GUARANGA 2010 con un promedio de 0,05. Las variedades con menor promedio son las de la lámina en capacidad de campo al 50% son INIAP-DUCHICELA 78, INIAP-PALMIRA 2014 e INIAP-SHYRI 2000 con promedio de 0,032 a 0,036 g/maceta la variedad INIAP-ÑUSTA 2016 fue la que mayor peso de materia seca obtuvo en la lámina de 50% promedio de 0,043.

Los datos identificados en la investigación en el estudio de Tigse (2024) sobre tolerancia a la sequía en trigo, al igual que este estudio obtuvo datos deficientes para variedades en capacidad de campo al 10% lo que indica que el peso de materia seca se relaciona con la cantidad disponible de agua y que además se relaciona con variables de macollamiento, días al espigamiento ya que la planta va desarrollando mediante las condiciones expuestas a lo largo de su ciclo. Avendaño Arrazate et al., (2005) en su investigación sobre tolerancia a la sequía en maíz, identifica que para el peso de materia seca algunas variedades de maíz redujo su biomasa con forme al periodo de sequía en diferentes variedades de maíz, relaciona la mayor acumulación de prolina; mantenimiento de funciones fisiológicas a un estado deshidratadas existe menor reducción de biomasa concluyendo que la reducción de materia seca se puede relacionar a la aptitud genética de cada variedad y la disponibilidad de agua son importantes para determinar pesos de materia seca ideales. La adecuada humedad en el suelo ayuda el buen desarrollo y rendimiento en la obtención de biomasa, y si se presenta sequía altera los procesos fisiológicos y disminuye el rendimiento (May-Lara et al., 2011).

Figura 7. Prueba de medias para interacción lamina por variedad en la variable Peso de materia seca.



Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Se utilizó la Figura (7), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre la tabla de promedios de lámina por variedad para la variable peso de materia seca siendo la variedad INIAP-ÑUSTA 2016 la de mayor peso de materia seca en capacidad de campo 50% presente seguida de la variedad INIAP-TERAN 78 y las que menos peso presentaron fue INIAPATAHUALPA 92 con promedio de 0,032 g/maceta.

10.5.1. Longitud de espiga

Tabla 31. ADEVA para variable Longitud de espiga en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	89	482			
Repeticiones	2	8,6	4,3	2,15	0,1258 n.s.
Lámina (L)	1	71,11	71,11	2,47	0,2564 n.s.
Error (a)	2	57,49	28,74	14,38	<0,0001
Variedad (V)	14	194	13,86	6,93	<0,0001 **
L x V	14	38,89	2,78	1,39	0,1888 n.s.
Error (b)	56	111,91	2		
Promedio	18,0				
CV (%)	7,7				

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s. : significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (31) se observa No significancia para Lámina y Lámina por, para el factor variedad tenemos alta significancia estadística, con un coeficiente de variación del 7,7 % lo que resulta bueno para este tipo de investigación.

10.5.2. Promedios de láminas para la variable longitud de espiga

Tabla 32. Promedios de lámina en la variable longitud de espiga.

Lámina (L)	Promedio longitud de espiga (cm)
CC	19,22
50% CC	17,44

En la tabla 32 se indica los promedios para el factor lámina, se observa que la lámina (CC) frente a la lámina CC 50%, es la mejor con promedio de 19,22 (cm) y la lámina (50% CC) con promedio de 17,44 (cm) en la variable longitud de espiga.

10.6. Promedio de la Interacción lamina por variedad en la variable longitud de espiga

Tabla 33. Promedios de interacción lamina por variedad para la variable longitud de espiga.

Lámina (L)	VARIEDADES	Promedio longitud de espiga (cm)	
		CC	INIAP-
	CAÑICAPA 2003	23,33	
CC	INIAP-DORADA 71	21,67	
CC	INIAP-SHYRI 2000	20,67	
CC	INIAP-ATAHUALPA 92	20,33	
CC	INIAP-GUARANGA 2010	20,33	
CC	INIAP-PACHA 2003	20	
CC	INIAP-ALFA 2021	19,67	50% CC
	INIAP-GUARANGA 2010	19,67	
50% CC	INIAP-ATAHUALPA 92	19,33	
CC	INIAP-SHYRI 89	19	
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	18,67	
50% CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	18,67	
50% CC	INIAP-DORADA 71	18,33	
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	18	
CC	INIAP-TERAN 78	18	
50% CC	INIAP-ALFA 2021	18	
50% CC	INIAP-PACHA 2003	18	
CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	17,67	
50% CC	INIAP-SHYRI 2000	17,67	
CC	INIAP-CAÑARI 2003	17,33	
CC	INIAP-DUCHICELA 78	17,33	
50% CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	17,33	
50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	17,33	
50% CC	INIAP-SHYRI 89	17,33	
50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	17	
50% CC	INIAP-TERAN 78	17	
CC	INIAP-PALMIRA 2014	16,33	
50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	16,33	
50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	15,67	
50% CC	INIAP-DUCHICELA 78	14	

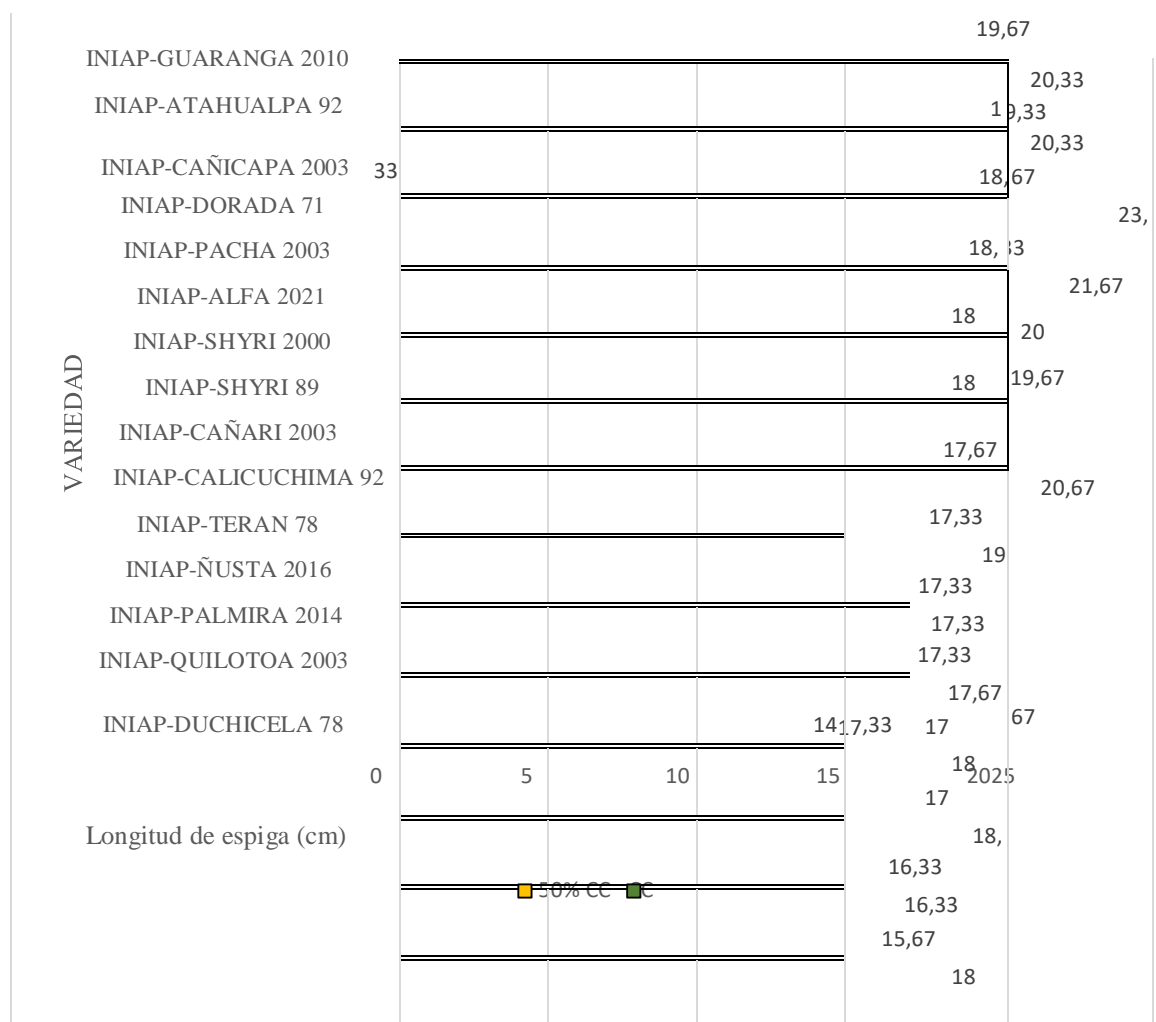
Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla (33) se muestra la prueba de medias para la interacción de lámina por variedad en la variable longitud de espigas (cm), las variedades que mayor promedio obtuvieron en lámina de capacidad de campo son INIAP-CAÑICAPA 2003, INIAP-DORADA 71 con promedios de 21 a 23,33 cm y la de menor promedio en capacidad de campo es INIAP-PALMIRA 2014 con un promedio 16,33 para la lámina al 50% de capacidad de campo se obtiene que INIAP DUCHILEMA e INIAP-QUILOTOA 2003 tienen promedios muy bajos de 14 a 15, 67 cm en longitud de espiga y la que mayor promedio en esta lamina obtuvo fue INIAP- GUARANGA 2010 con 19,67, las demás variedades no tienen diferencia y son similares entre sí.

Los datos obtenidos en esta investigación se pueden refrendar con la información de Tigse Quezada (2024), en su evaluación sobre la tolerancia a la sequía en trigo, indica que identifico promedios de longitud de espiga en trigo bajo condiciones de sequía, de 10,05 cm, señalando que el riego para esta variable tiene influencia menor a pesar de no ser significativo se clasifican matemáticamente diferentes, en la investigación de Ayed et al., (2017) sobre respuesta al estrés hídrico en trigo identifica que las diferentes variedades de trigo evaluadas determinaron longitudes de espigas significativamente menores frente a riegos en capacidad de campo además se redujo el número de granos por espiga

este parámetro se ve afectado por precipitaciones, condiciones climáticas, sequia temperaturas fotoperiodo (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 8. Promedios entre lamina por variedad para la variable longitud de espiga (cm).



Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la figura (8) se muestra la gráfica de la tabla de promedios en la interacción lámina por variedad para longitud de espiga. La variedad INIAP- GUARANGA 2010 tiene un promedio significativamente alto en capacidad de campo al 50% de 19,67 cm seguida de la variedad INIAP-ATAHUALPA 92 con 19,33 cm de promedio, también se toma en cuenta la variedad INIAP-DUCHICELA 78 ya que fue la que menor promedio identifico con 14cm de promedio.

10.6.1. Número de granos por espiga

Tabla 34. ADEVA para variable Número de granos por espiga en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Total	89	17800,1			
Repeticiones	2	15,2	7,6	0,81	0,4495 ns

Lámina (L)	1	5969,88	5969,88	2202	0,0005 **
Error (a)	2	5,42	2,71	0,29	0,7499
Variedad (V)	14	8015,93	572,57	61,11	<0,0001 **
L x V	14	3268,96	233,5	24,92	<0,0001 **
<u>Error (b)</u>	<u>56</u>	<u>524,71</u>	<u>9,37</u>		
Promedio	36,0				
CV (%)	8,53				

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s: significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (34) se observa alta significancia estadística para lamian, variedad y la interacción de lámina por variedad y con un coeficiente de variación del 8,53 %.

10.6.2. Fisher para Lámina para la variable número de granos/espiga.

Tabla 35. Prueba de Fisher para láminas para variable número de granos por espiga.

Lámina	Promedio Número de granos /espiga	Rango de Significación
CC	44,04	A
50% CC	27,76	B

En la tabla 35 se observa la prueba de Fisher para el factor lámina se observar que la lámina uno (CC) tiene un promedio de 44,04 en número de granos y la lámina dos (50%) con 27,76 de promedio. Las letras A y B muestran que pertenecen a grupos significativamente diferentes lo que demuestra que la lámina CC tiene mayor efecto en la variable número de granos por espiga.

10.7. Prueba de Tukey para la Interacción lamina x variedad para la variable número de granos / espiga.

Tabla 36. Tukey al 5% para interacción de lámina por variedad en la variable número de granos por espiga.

Lámina	Variedad	Promedio número de granos/ espiga	Rangos de Significación
CC	INIAP-PALMIRA 2014	62,33	A
CC	INIAP-PACHA 2003	58	AB
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	56	AB

CC	INIAP-DORADA 71	54,33	ABC
CC	INIAP-TERAN 78	53	ABC
50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	52,33	BC
CC	INIAP-DUCHICELA 78	52	BC
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	51,67	BC
50% CC	INIAP-DORADA 71	50	BC
CC	INIAP-ALFA 2021	49,33	BC
CC	INIAP-SHYRI 89	46	CD
CC	INIAP-ATAHUALPA 92	37,33	DE
CC	INIAP-CAÑARI 2003	35,33	EF
50% CC	INIAP-TERAN 78	31,67	EFG
CC	INIAP-GUARANGA 2010	29	EFGH
50% CC	INIAP-ATAHUALPA 92	26	FGH
CC	INIAP-SHYRI 2000	25,67	FGH
CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	25,67	FGH
50% CC	INIAP-GUARANGA 2010	25,33	GH
CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	25	GH
50% CC	INIAP-SHYRI 2000	25	GH
50% CC	INIAP-SHYRI 89	24,67	GH
50% CC	INIAP-DUCHICELA 78	24,67	GH
50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	24,33	GH
50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	24	GH
50% CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	23	GH
50% CC	INIAP-ALFA 2021	22	GH
50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	21,67	H
50% CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	21,33	H
50% CC	INIAP-PACHA 2003	20,33	H

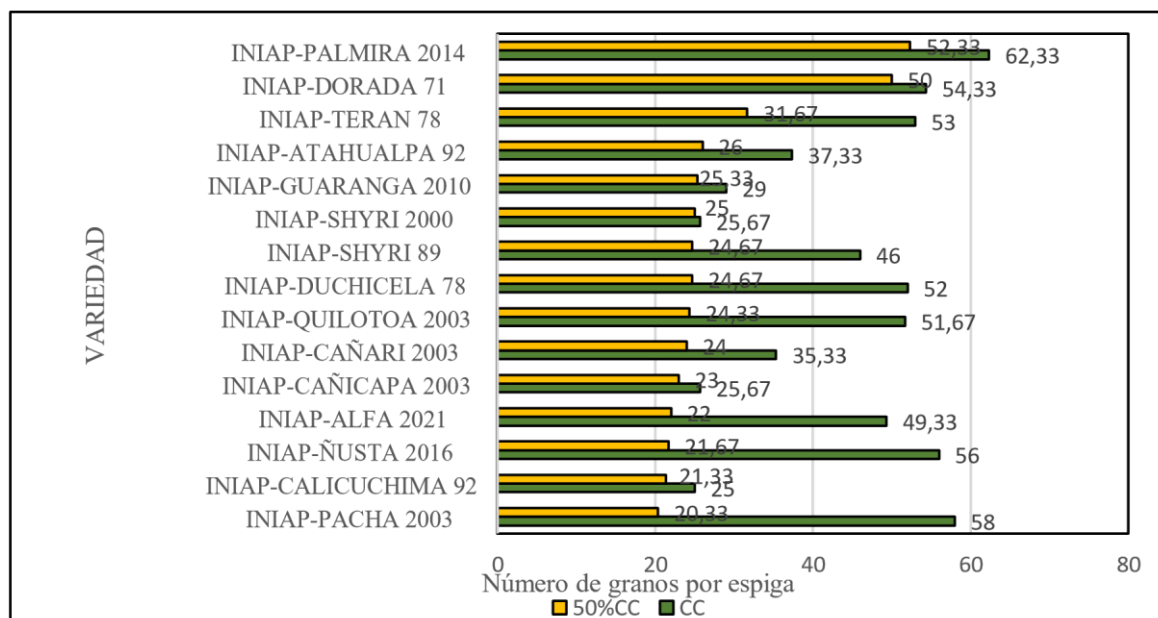
Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Tukey al 5% para interacción lamina por variedad (Tabla 36), determina ocho rangos de significación estadística se ubica en el rango “a” las variedades INIAP- PALMIRA 2014 con promedio de 62,33 número de granos por espiga liderando, seguidas de INIAP-PACHA 2003, INIAP-ÑUSTA 2016, INIAP-DORADA 71 e INIAP-TERAN 78 con promedios de 54,33 a 58 granos por espiga en la lámina capacidad de campo. En las variedades con rangos iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa lo que quiere decir que tienen producción similar de granos por espiga, en el rango “h” se encuentran variedades con promedios bajos de producción de granos por espiga esta INIAP- PACHA 2003, INIAP-CALICUCHIMA 92, INIAP-ÑUSTA2016 con promedios de 20 a 21,67 número de granos/espiga. Para la lámina en capacidad de campo al 50% la variedad que mejor grano produce es INIAP-PALMIRA 2014 con una disminución de promedio de 52,33 granos 7 espiga lo que indica que tiene una buena

producción de granos en ambas laminas. Todas estas diferencias señalan que el riego es fundamental en la producción de grano en estas variedades de cebada.

Los datos obtenidos en esta investigación si se ajustan a los rangos proporcionados (PonceMolina et al., 2020) en donde indica que las variedades como INIAP-DORADA 71 tiene un rango de número de granos por espiga entre 40 a 50 a pesar de estar expuesta a sequía , en otro estudio propuesto por González (2008), menciona que el llenado de granos se ve afectado principalmente por la sequía, la fotosíntesis se ve inhibida y esto no permite que el tallo obtenga reservas de foto asimilados reduciendo así significativamente el rendimiento de grano, este parámetro a pesar de estar definido por la genética se ve afectado por diversos factores como las precipitaciones, sequias, cambios climático, pisos altitudinales entre otros (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 9. Tukey al 5% entre la interacción de lámina por variedad para Número de granos.



Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Se utilizó la Figura (9), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre la interacción entre lámina y variedad, indica las variedades INIAP-PALMIRA 2014 e INIAPPACHA 2003 las de mejor producción de granos por espiga en capacidad de campo en comparación a las variedades en capacidad de campo 50% son INIAP-PALMIRA 2014 e INIAP-PACHA 2003 se ve afectada en su gran mayoría lo que indica, buena producción de grano en capacidad de campo (CC), pero al estar expuesta solo al 50% baja su rendición de grano.

10.7.1. Rendimiento

Tabla 37. ADEVA para variable Rendimiento en evaluación de la tolerancia a la sequía en 15 variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Total	89	16,25			
Repeticiones	2	0,05	0,02	4,13	0,0212 **
Lámina (L)	1	4,39	4,39	739,96	0,0013 **
Error (a)	2	0,01	0,01	1,08	0,3479
Variedad (V)	14	9,95	0,71	128,79	<0,0001 **
L x V	14	1,55	0,11	20,06	<0,0001 **
<u>Error (b)</u>	<u>56</u>	<u>0,31</u>	<u>0,01</u>		
Promedio	1,09				
CV (%)	6,81				

** : Altamente significativo, * : Significativo y n.s: significativo al $p < 0,05$

En el ADEVA (37) se observa alta significancia estadística para lamina, variedad y la interacción lamina por variedad. El promedio es de 1,09 y con un coeficiente de variación del 6,81 %.

10.7.2. Fisher para lámina (Rendimiento).

Tabla 38. Fisher para láminas en la variable rendimiento.

Lámina	Promedio Rendimiento (g/maceta)	Rangos de Significación
CC	1,31	A
50% CC	0,87	B

En la tabla 38 se indica la prueba de Fisher para el factor lámina se observar que la lámina uno (CC) tiene un promedio de 1,31 en rendimiento y la lámina dos (50%) con 0,87 de promedio. Las letras A y B muestran que pertenecen a grupos significativamente diferentes lo que demuestra que la lámina CC tiene mayor efecto en la variable rendimiento.

10.8. Prueba de tukey al 5% para la interacción lamina por variedad en la variable de rendimiento.

Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para la interacción variedad por lámina en la variable rendimiento.

<u>Lámina</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>Promedio rendimiento (g/maceta)</u>	<u>Rangos de Significación</u>
CC	INIAP-DORADA 71	2,17	A
CC	INIAP-SHYRI 2000	1,65	B
CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	1,61	B
CC	INIAP-SHYRI 89	1,6	B
CC	INIAP-GUARANGA 2010	1,55	B
CC	INIAP-DUCHICELA 78	1,54	B
50% CC	INIAP-DORADA 71	1,54	B
CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	1,52	B
CC	INIAP-QUILOTOA 2003	1,27	C
CC	INIAP-TERAN 78	1,25	CD
CC	INIAP-PACHA 2003	1,24	CD
CC	INIAP-CAÑARI 2003	1,2	CDE
50% CC	INIAP-TERAN 78	1,17	CDEF
50% CC	INIAP-CAÑICAPA 2003	1,09	CDEFG
CC	INIAP-ALFA 2021	1,02	DEFGH
50% CC	INIAP-GUARANGA 2010	1,02	DEFGH
50% CC	INIAP-PACHA 2003	0,99	EFGH
50% CC	INIAP-CALICUCHIMA 92	0,95	FGHI
50% CC	INIAP-SHYRI 2000	0,95	FGHI
50% CC	INIAP-SHYRI 89	0,95	FGHI
CC	INIAP-PALMIRA 2014	0,91	GHI
50% CC	INIAP-CAÑARI 2003	0,86	GHIJ
50% CC	INIAP-PALMIRA 2014	0,8	HIJK
50% CC	INIAP-QUILOTOA 2003	0,75	IJKL
50% CC	INIAP-ALFA 2021	0,65	JKLM
CC	INIAP-ÑUSTA 2016	0,6	KLM
CC	INIAP-ATAHUALPA 92	0,54	LMN
50% CC	INIAP-ATAHUALPA 92	0,49	MN
50% CC	INIAP-DUCHICELA 78	0,49	MN
50% CC	INIAP-ÑUSTA 2016	0,34	MN

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Tukey al 5% para interacción lámina por variedad (Tabla 39), determina catorce rangos de significación estadística ubicándose en el rango “a” la variedad INIAP-DORADA 71 liderando con promedio de 2,71 g/maceta en la lámina de capacidad de campo siendo la que de igual forma obtuvo el mejor promedio en capacidad de campo al 50% de 1,54 g/maceta ubicada en el rango “b”, las variedades del rango “b” tienen una diferencia mínima que la del rango “a” las variedades son INIAP- SHYRI 2000, INIAP-CAÑICAPA 2003, INIAP-SHYRI 89,

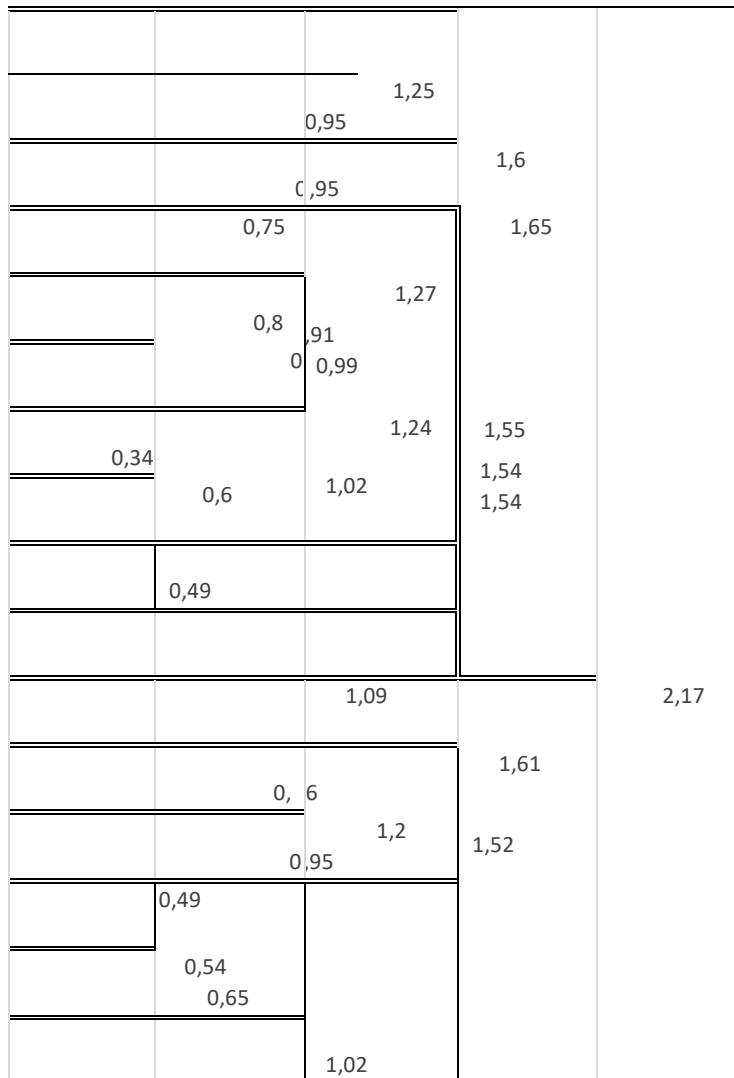
INIAPGUARANGA 2010, INIAP-DUCHICELA 78, INIAP-CALICUCHIMA 92 con promedios de

1,52 a 1,65 g/maceta y están en la lámina capacidad de campo, para las variedades con rangos iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa lo que quiere decir que tienen rendimientos similares, en el rango “mn” se encuentran las variedades con menor promedio de rendimiento, esta INIAP-ÑUSTA 2016, INIAP-DUCHICELA 78 , INIAP-ATAHUALPA 92 con un promedio de 0,34 a 0,49 g/maceta ubicadas en la lámina de capacidad de campo 50%, la variedad INIAP-ATAHUALPA 92 presentó el menor promedio tanto en capacidad de campo como en capacidad de campo al 50% de 0,49 a 0,54.

Los resultados identificados en esta investigación concuerdan con Sánchez Flor (2011) en su estudio realizado identifica materiales con buenos promedios en rendimiento expuestas a condiciones de sequía, también concuerdan con otras investigaciones de cereales como la investigación de Tigse Quezada (2024) en donde explica que también identificó resultados positivos a rendimiento en condiciones de sequía, Según Ayed et al., (2017) en su investigación sobre respuesta a la sequía en trigo si existe presencia de sequía en las etapas de amacollamiento o espigamiento, el rendimiento disminuyen más de 37%, la capacidad de almacenaje de cereales puede ser disminuida por la cantidad de células de endospermo o amiloplastos iniciados, y puede disminuir la longitud final de la semilla al restringir la velocidad y duración del proceso de llenado, provocando una maduración fisiológica prematura, La eficiencia de los cultivares de rendir bien en condiciones de estrés por sequía es fundamental para la estabilidad de la producción de rendimiento, además, la reducción de producción de espigas está relacionado con la falta de agua, cambios climáticos, tipos de suelos, granizadas, heladas etc.(Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 10. Tukey al 5% en la interacción lamina por variedad en la variable Rendimiento.

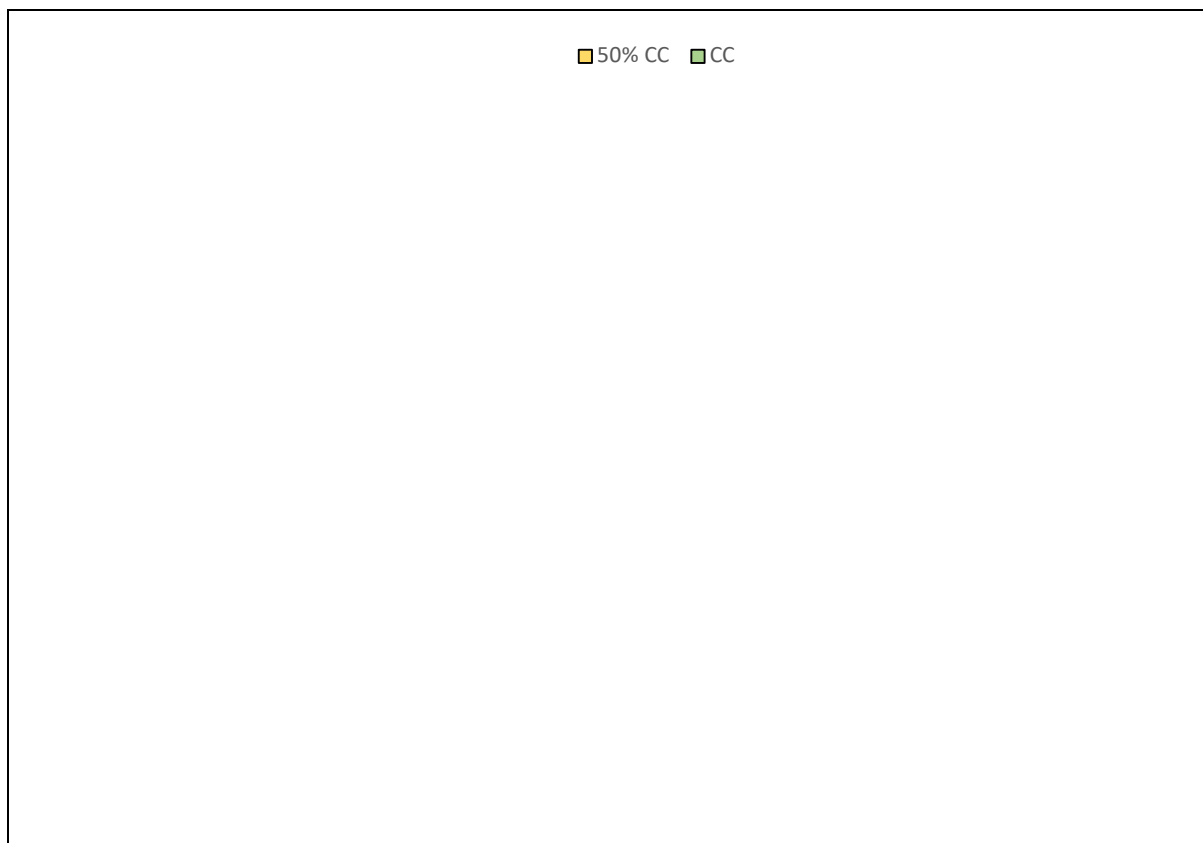
VARIEDAD



- INIAP-TERAN 78
- INIAP-SHYRI 89
- INIAP-SHYRI 2000
- INIAP-QUILOTOA 2003
- INIAP-PALMIRA 2014
- INIAP-PACHA 2003
- INIAP-ÑUSTA 2016
- INIAP-GUARANGA 2010
- INIAP-DUCHICELA 78 INIAP-DORADA 71
- INIAP-CAÑICAPA 2003
- INIAP-CAÑARI 2003
- INIAP-CALICUCHIMA 92
- INIAP-ATAHUALPA 92
- INIAP-ALFA 2021

0 0,5 1 1,5 2 2,5

Rendimiento (g/maceta)



Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

Se utilizo la Figura (10), para que el lector visualice de forma más rápida y sencilla sobre la interacción de lámina por variedad en la variable rendimiento, siendo la variedad INIAPDORADA 71 la que lideran en promedio de rendimiento tanto en capacidad de campo como capacidad de campo 50% de 1,54 g /maceta, seguida de la variedad INIAP- TERAN 78 con rendimiento de 1,17 g/maceta a pesar de estar expuesta a la sequía también se considera la variedad INIAP-ÑUSTA 2016 con rendimiento de 0,49 g/maceta.

10.9. Perdida de rendimiento

Tabla 40. Perdida de rendimiento (diferencia de medias).

VARIEDAD	Promedio Lamina (CC)	Promedio Lamina (50%)	Diferencia	Porcentaje % de perdida
INIAP-TERAN 78	1,25	1,17	0,08	6,4
INIAP-ATAHUALPA 92	0,54	0,49	0,05	9,3
INIAP-PALMIRA 2014	0,91	0,8	0,11	12,1
INIAP-PACHA 2003	1,24	0,99	0,25	20,2
INIAP-CAÑARI 2003	1,2	0,86	0,34	28,3

INIAP-DORADA 71	2,17	1,54	0,63	29
INIAP-CAÑICAPA 2003	1,61	1,09	0,52	32,3
INIAP-GUARANGA 2010	1,55	1,02	0,53	34,2
INIAP-ALFA 2021	1,02	0,65	0,37	36,3
INIAP-CALICUCHIMA 92	1,52	0,95	0,57	37,5
INIAP-SHYRI 89	1,6	0,95	0,65	40,6
INIAP-QUILOTOA 2003	1,27	0,75	0,52	40,9
INIAP-SHYRI 2000	1,65	0,95	0,7	42,4
INIAP-ÑUSTA 2016	0,6	0,34	0,26	43,3
INIAP-DUCHICELA 78	1,54	0,49	1,05	68,2

Elaborado por: (Nataly serna, 2024)

En la tabla 40 se observa, la variedad **INIAP- TERAN 78** es la más tolerante con un porcentaje de pérdida de 6,4% lo que indica que es más estable en su rendimiento en diferentes condiciones ambientales, se observa otras variedades como **INIAP- ATAHUALPA 92** e **INIAP- PALMIRA 2014** tienen porcentajes de pérdida menores desde 9 a 12 % indicando tolerancia a la sequía y mantienen su rendimiento estable.

La variedad **INIAP- CAÑICAPA 2003** es la variedad más susceptible o vulnerable con un porcentaje de pérdida de 6,4 % luego están las variedades **INIAP-SHYRI 2000** con 42,4 % y **INIAP-ÑUSTA 2016** 43,3% de porcentaje de pérdida las demás variedades tienen porcentajes desde 20 a 40 % de pérdida.

Tabla 41. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de desarrollo vegetativo

VARIEDADES	Vigor de la planta				Habito de crecimiento				Días al Espigamiento			
	Escala (1-5) Capacidad de Campo (CC)	Nomenclatura	Escala (1-5) 50% Capacidad de Campo (CC)	Nomenclatura	Escala (1-3) Capacidad de Campo (CC)	Nomenclatura	Escala (1-3) 50% Capacidad de Campo (CC)	Nomenclatura	Capacidad de Campo (CC)	Ciclo	50% Capacidad de Campo (CC)	Ciclo
INIAP-DORADA 71	2	Bueno	4	Regular	2	Intermedio/ semierecto	2	Intermedio/ semierecto	89	Largo	93	Largo
INIAP-DUCHICELA 78	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	79,7	Largo	70,3	Largo
INIAP-TERAN 78	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	95,3	Largo	91,7	Largo
INIAP-SHYRI 89	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	87	Largo	83,7	Largo
INIAP-CALICUCHIMA 92	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1	Erecto	88	Largo	85,7	Largo
INIAP-ATAHUALPA 92	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	81,3	Largo	81,3	Largo
INIAP-SHYRI 2000	2	Bueno	4	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	63,3	Corto	61	Corto
INIAP-QUILOTOA 2003	1	Bueno	3	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	78,7	Largo	83,3	Largo
INIAP-CAÑARI 2003	1	Bueno	3	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	83,7	Largo	83,3	Largo

INIAP-CAÑICAPA 2003	1	Bueno	3	Regular	2	Intermedi o/ semierecto	2,5	Intermedi o/ semierecto	91,7	Lar go	93	Lar go
INIAP-PACHA 2003	1	Bueno	3	Regular	1,5	Erecto	1,5	Erecto	88,7	Lar go	83,3	Lar go
INIAP-GUARANGA 2010	1	Bueno	3	Regular	1,5	Erecto	1	Erecto	86	Lar go	79,7	Lar go
INIAP-PALMIRA 2014	1	Bueno	3	Regular	1,5	Erecto	1	Erecto	65,7	Cort o	54	Cort o
INIAP-ÑUSTA 2016	1	Bueno	3	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	90,7	Lar go	91,3	Lar go
INIAP-ALFA 2021	1	Bueno	3	Regular	1	Erecto	1,5	Erecto	84,3	Lar go	76,7	Lar go

Tabla 42. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de madurez fisiológica.

Tratamientos	VARIEDADES	Altura de la planta (cm)		Número de macollos		Longitud de espiga (cm)	
		Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)	Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)	Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)
1	INIAP-DORADA 71	76	64,33	6	3	21,67	18,33
2	INIAP-DUCHICELA 78	62,77	58,1	5,67	4	17,33	14
3	INIAP-TERAN 78	58,47	48,67	7,33	4,67	18	17
4	INIAP-SHYRI 89	61,77	59,47	7	5,33	19	17,33
5	INIAP-CALICUCHIMA 92	55,63	46,67	8,33	3,33	17,67	17,33
6	INIAP-ATAHUALPA 92	55,23	53	7,33	4,67	20,33	19,33

7	INIAP-SHYRI 2000	56,67	51,1	8,67	2,67	20,67	17,67
8	INIAP-QUILOTOA 2003	61,57	46,77	8,33	5,67	18	15,67
9	INIAP-CAÑARI 2003	52,53	47,9	9,33	3,33	17,33	17,33
10	INIAP-CAÑICAPA 2003	74,57	58,67	8,67	3,33	23,33	18,67
11	INIAP-PACHA 2003	63,9	50,2	7,67	4	20	18
12	INIAP-GUARANGA 2010	60,03	48,43	7,67	4,33	20,33	19,67
13	INIAP-PALMIRA 2014	59,43	42,47	7,33	5,67	16,33	16,33
14	INIAP-ÑUSTA 2016	55,7	47,1	6,67	2,67	18,67	17
15	INIAP-ALFA 2021	53	48,87	6	3,67	19,67	18

Tabla 43. Ponderación de los resultados obtenidos en variables de Calidad y Rendimiento

Tratamientos	VARIETADES	Peso materia seca MS(g/maceta)		Número de granos por espiga		Rendimiento (g/macetas)			Tipo de grano			
		Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)	Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)	Capacidad de Campo (CC)	50% Capacidad de Campo (CC)	Porcentaje % de pérdida	Lámina CC	Descripción	Lámina 50% CC	Descripción
1	INIAP-DORADA 71	0,059	0,039	54,33	50	2,17	1,54	29	**	Mediano redondo	**	Mediano redondo
2	INIAP-DUCHICELA 78	0,061	0,036	52	24,67	1,54	0,49	68,2	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado
3	INIAP-TERAN 78	0,069	0,041	53	31,67	1,25	1,17	6,4	**	Mediano redondo	**	Mediano redondo

4	INIAP-SHYRI 89	0,065	0,04	46	24,67	1,6	0,95	40,6	**	Mediano redondo	*	Mediano Alargado
5	INIAP-CALICUCHI MA 92	0,063	0,038	25	21,33	1,52	0,95	37,5	*	Mediano Alargado	.+	Mediano Alargado
6	INIAP-ATAHUALPA 92	0,057	0,038	37,33	26	0,54	0,49	9,3	**	Mediano redondo	*	Mediano Alargado
7	INIAP-SHYRI 2000	0,057	0,032	25,67	25	1,65	0,95	42,4	***	Grano grueso y grande	**	Mediano redondo
8	INIAP-QUILOTOA 2003	0,065	0,039	51,67	24,33	1,27	0,75	40,9	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado
9	INIAP-CAÑARI 2003	0,063	0,039	35,33	24	1,2	0,86	28,3	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado
10	INIAP-CAÑICAPA 2003	0,072	0,039	25,67	23	1,61	1,09	32,3	***	Grano grueso y grande	***	Grano grueso y grande
11	INIAP-PACHA 2003	0,062	0,037	58	20,33	1,24	0,99	20,2	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado
12	INIAP-GUARANGA 2010	0,05	0,039	29	25,33	1,55	1,02	34,2	**	Mediano redondo	**	Mediano redondo
13	INIAP-PALMIRA 2014	0,052	0,035	62,33	52,33	0,91	0,8	12,1	**	Mediano redondo	**	Mediano redondo

14	INIAP- ÑUSTA 2016	0,067	0,043	56	21,67	0,6	0,34	43,3	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado
15	INIAP-ALFA 2021	0,059	0,04	49,33	22	1,02	0,65	36,3	*	Mediano Alargado	*	Mediano Alargado

Tabla 44. Resultado total de variables toleradas de las diferentes variedades de cebada

VARIETADES	Variables de desarrollo vegetativo	variables de rendimiento	Variables a la cosecha	Total, de variables toleradas
INIAP-DORADA 71		2	1	3
INIAP-DUCHICELA 78	1			1
INIAP-TERAN 78		3		3
INIAP-SHYRI 89			1	1
INIAP-CALICUCHIMA 92	1			1
INIAP-ATAHUALPA 92		1	1	2
INIAP-SHYRI 2000	1	1		2
INIAP-QUILOTOA 2003	1		1	2
INIAP-CAÑARI 2003	1			1
INIAP-CAÑICAPA 2003	1	1		2
INIAP-PACHA 2003	1			1
INIAP-GUARANGA 2010	2		1	3
INIAP-PALMIRA 2014	3	2	1	6
INIAP-ÑUSTA 2016	1	1		2
INIAP-ALFA 2021	1			1

11. CONCLUSIONES

Se establece que las variedades que presentaron un menor porcentaje de pérdida en rendimiento expuestas a la lámina de riego en capacidad de campo al 50% son INIAP-TERAN 78 con un porcentaje de 6,4 %, seguida de la variedad INIAP-ATAHUALPA 92 con un porcentaje de

9,3% e INIAP PALMIRA 2014 con un porcentaje de 12 %, demostrando así su resistencia a la sequía.

Se identificó las variedades que mejor comportamiento agronómico presentaron fueron INIAPPALMIRA 2014, INIAP-GUARANGA 2010, INIAP-ALFA 2021 e INIAP- INIAP-DORADA 71, todas las variedades de cebada fueron afectadas por la sequía sin embargo obtuvieron niveles diferentes de tolerancia.

Se determinó variedades de cebada que presentaron mejor tolerancia a la sequía considerando las características agronómicas y su pérdida de rendimiento bajo condiciones de sequía, fueron INIAP-PALMIRA 2014, INIAP- GUARANGA 2010, INIAP-TERAN 78 e INIAP - DORADA71 demostrando una buena capacidad de desarrollo vegetativo y rendimiento bajo condiciones de sequía.

12. RECOMENDACIONES

Las variedades de cebada que mejor respuesta presentaron a la tolerancia de sequía deben ser tomadas en cuenta para ser incluidas en bloques de cruzamientos y generación de variedades con carácter resistente a la sequía. Adicionalmente se podría introducir nuevamente estos materiales en los campos de agricultores como una alternativa para mitigar el cambio climático, se puede considerar variedades que mejor rendimiento obtuvieron como la INIAP-TERAN 78, INIAP-ATAHUALPA 92 e INIAP PALMIRA 2014.

Realizar estudios en campo a gran escala para convalidar datos de invernadero y de esta manera asegurar datos realistas en relación con campo, asegurando que las variedades seleccionadas mantengan su perfil en ser tolerantes y con ello poder determinar recomendaciones para los agricultores.

13. BIBLIOGRAFÍAS

6.4.2 Estrés hídrico | Portal de datos de indicadores de los ODS de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). Recuperado 20 de enero de

- 2025, de <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-dataportal/data/indicators/642-water-stress/es-admin>. (2015, diciembre 7). ANÁLISIS DE VARIANZA. *Revista Chilena de Anestesia*. <https://revistachilenadeanestesia.cl/analisis-de-varianza/>
- Aepla. (2022, noviembre 18). Elección de semillas y su importancia para tus cultivos. *Blog Aepla*. <https://blog.aepla.es/importancia-eleccion-semillas/>
- Avendaño Arrazate, C. H., Trejo López, C., López Castañeda, C., Molina Galán, J. D., Santacruz Varela, A., & Castillo González, F. (2005). COMPARACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y SU RELACIÓN CON LA ACUMULACIÓN DE PROLINA. *Interciencia*, 30(9), 79-91.
- Axayacatl, O. (2023, agosto 15). Cebada, un cultivo agrícola de mucha importancia. *Blog Agricultura*. <https://blogagricultura.com/cebada-cultivo-importante/>
- Axayacatl, O. (2024, enero 8). Etapas fenológicas del cultivo de la cebada. *Blog Agricultura*. <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-cebada/>
- Ayed, S., Rezgui, M., Othmani, A., Rezgui, M., Trad, H., Silva, J. A. T., Ben Younes, M., Ben Salah, H., Kharrat, M., Ayed, S., Rezgui, M., Othmani, A., Rezgui, M., Trad, H., Silva, J. A. T., Ben Younes, M., Ben Salah, H., & Kharrat, M. (2017). Respuesta al estrés hídrico de trigos duros (*Triticum turgidum* ssp. *Durum*) y harineros (*Triticum aestivum* L.) de Túnez. *Agrociencia*, 51(1), 13-26.
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. de la, Sangerman-Jarquín, D. M., Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. de la, & SangermanJarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: Un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1603-1617.

Paola moreno, (2023). *Capacidad de campo (agricultura)*. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2025, de [https://www.appropedia.org/Capacidad_de_campo_\(agricultura\)](https://www.appropedia.org/Capacidad_de_campo_(agricultura))

Caribe, C. E. para A. L. y el. (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana: Propuestas metodológicas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44056-cambio-climatico-seguridadalimentaria-nutricional-centroamerica-la-republica>

Garcilazo (2023). Control biológico de Fusarium, el diminuto enemigo de los cultivos. (2020, enero 21). *CIMMYT*. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/control-biologico-defusarium-el-diminuto-enemigo-de-los-cultivos/>

DSpace ESPOCH.: Evaluación de tres dosis de nitrógeno en el rendimiento de tres variedades de cebada maltera (Hordeum vulgare L.), en la estación experimental Tunshi. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2025, de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17456>

Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., Llangarí B., P., & Espinoza, M. (2010). *El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>

Falconseeds. (2020, agosto 13). *Tolerancia a Plagas y Enfermedades*. Falcon Seeds. <https://www.falconseeds.com/post/tolerancia-a-plagas-y-enfermedades>

FAO. (2019). *Manejo proactivo de la sequía | La agricultura climáticamente inteligente | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/climate-smartagriculture/knowledge/practices/drought/es/>

Javier Ruano, (2014). *Fenología cebada / PDF*. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2025, de <https://es.slideshare.net/javierandcris/fenologia-cebada#13>

Gadvay, A., Aynaguano, M., Peralta, M., Lindao, V., & Suarez, A. (2024).

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LOS PRODUCTORES DE CEBADA MALTERA EN LA REGIÓN DE CHIMBORAZO, ECUADOR. *Perfiles*, 1(31), Article 31. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i31.251>

González, Á. (2008). Técnicas de interés en la mejora de cebadas tolerantes a la sequía y temperaturas elevadas. II. Movilización de fotoasimilados. *Agroecología*, 3, 61-66.

González Segnana, L. R., Vergara Ocampos, F. A., Grabowski, C., González, R., Arias, O., & Ayala, S. (2015). Incidencia del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en cultivos de trigo (*Triticum spp*) en la región sur del Paraguay. *Investigación Agraria*, 17(1), 60-64. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2015.junio.60-64>

Herrera, M. D. (2013). *La sequía y su efecto sobre el rendimiento y la calidad nutrimental y nutracéutica de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*.

<https://ring.uaq.mx/handle/123456789/513>

López-Urquídez, G. A., Murillo-Mendoza, C. A., Martínez-López, J. A., Ayala-Tafoya, F., Yañez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., López-Urquídez, G. A., Murillo-Mendoza, C. A., Martínez-López, J. A., Ayala-Tafoya, F., Yañez-Juárez, M. G., & López-Orona, C. A. (2020). Efecto de herbicidas preemergentes en el control de malezas y el desarrollo de cebolla bajo condiciones de fertirriego. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(5), 1149-1161. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2337>

Luna-Flores, W., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J. M., Pinzón-López, L. L., Luna-Flores, W., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J. M., & Pinzón-López, L. L.

- (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 343353.
- May-Lara, C., Pérez-Gutiérrez, A., Ruiz-Sánchez, E., Ic-Caamal, A. E., & García-Ramírez, A. (2011). Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinense* Jacq. Y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 1039-1045.
- Mayor-Duran, V. M., Raatz, B., & Blair, M. W. (2016). Desarrollo de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerante a sequía a partir de cruces inter acervo con genotipos procedentes de diferentes orígenes (Mesoamericano y Andino). *Acta Agronómica*, 65(4), 431-438. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.48680>
- Meléndez, M. B., Hernández-Anguiano, A. M., Díaz, M. R. Z., & Hernández, M. V. (2019). Evaluación de líneas de cebada maltera a fusariosis de la espiga y acumulación de deoxinivalenol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), Article 3. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.916>
- Inga Quispe, (2020) *Morfología Cebada 2020 | PDF | Cebada | Fertilizante*. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2025, de <https://es.scribd.com/presentation/474232629/MORFOLOGIA-CEBADA-2020>
- Nata Rivera, E. D., & Silva Pilaguano, J. S. (2019). *Implementación de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5370>
- Pérez-Ruiz, J. A., Zamora-Díaz, M., Mejía-Contreras, J. A., Hernández-Livera, A., Solano-Hernández, S., Pérez-Ruiz, J. A., Zamora-Díaz, M., Mejía-Contreras, J. A., Hernández-Livera, A., & Solano-Hernández, S. (2016). Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas.

Agrociencia, 50(2), 201-213.

Ponce Renova, H. F., Cervantes Arreola, D. I., Anguiano Escobar, B., Ponce Renova, H. F., Cervantes Arreola, D. I., & Anguiano Escobar, B. (2021). Análisis de calidad de artículos educativos con diseños experimentales. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23).

<https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.981>

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña Cruz, D. F., & Noroña, P. (2019). *Parámetros de evaluación y selección en cereales*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2019. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). *Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022.

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5974>

Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña Cruz, D. F., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz Logacho, E. R. (2020). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2020. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5587>

Realpe Cuaspa, M. D. (2022). *Evaluación de las variedades mejoradas de cebada (hordeum vulgare l.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache UTC 2021-2022*.

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9480>

Renova, H. F. P., Arreola, D. I. C., & Escobar, B. A. (2021). Análisis de calidad de artículos educativos con diseños experimentales. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), Article 23.

<https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.981>

Repositorio Digital INIAP: El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de

semilla de calidad. (s. f.). Recuperado 20 de enero de 2025, de

<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>

Rodríguez, J. (2023, agosto 22). Estadística Descriptiva: Definición, conceptos y ejemplos.

Fundación iS+D. <https://isdfundacion.org/2023/08/22/estadistica->

[descriptivadefinicion-conceptos-y-ejemplos/](https://isdfundacion.org/2023/08/22/estadistica-descriptivadefinicion-conceptos-y-ejemplos/)

Ruiz-Silvera, C., Ávila-Ramírez, M., Alezones-Gómez, J., Romero-Hernández, M.,

TonaHernández, H., Ruiz-Silvera, C., Ávila-Ramírez, M., Alezones-Gómez, J.,

RomeroHernández, M., & Tona-Hernández, H. (2018). Efecto de la cosecha

mecanizada sobre la calidad del grano de maíz para la recepción y el procesamiento agroindustrial.

Revista Tecnología en Marcha, 31(3), 98-109. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3902>

Sánchez Flor, C. F. (2011). *Evaluación Participativa de cuatro Líneas y tes Variedades de*

Cebada (Hordeum vulgare L.), resistentes a Sequía en dos épocas de Siembra y en

Invernadero en la ESPOCH, Riobamba, provincia de Chimborazo [bachelorThesis,

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/975> sha_admin. (2022, julio

28). ¿Qué es un sustrato? *Sistemas Hortícolas Almería.*

<https://www.sistemashorticalsalmeria.com/blog/que-es-un-sustrato/>

Simón, M. R., & Voisin, A. I. (2022). *CAPÍTULO 14 Cebada cervecera: Origen, importancia*

del.

[https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156681/Documento_completo.pdf-](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156681/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156681/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SNGR. (2020). *Sequía – Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.* La sequia en Ecuador.

- <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sequia/>
Tigasi Caisaguano, T. S. (2024). “*Evaluación del comportamiento agronómico de una variedad de cebada dística (Hordeum vulgare L.) INIAP y cuatro líneas promisorias INIAP en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2023 – 2024*” [Ecuador : Latacunga : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12459>
- Tigse Quezada, W. M. (2024). “*Evaluación de la tolerancia a la sequía en 18 variedades de trigo (Triticum aestivum L.) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero*” [Ecuador : Latacunga : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12492>
- Valdivielso, (2024). *Qué es la sequía | iAgua*. Recuperado 20 de enero de 2025, de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sequia>
- Vazquez-Pozos, V., Serrano-Flores, E., Cruz-Izquierdo, S., Lobato-Ortiz, R., Vazquez-Pozos, V., Serrano-Flores, E., Cruz-Izquierdo, S., & Lobato-Ortiz, R. (2020). QTLs asociados con la tolerancia a sequía en una población de maíz tropical utilizando líneas y cruces de prueba. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 101-112.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.101>
- Velasco, I., Ochoa, L., & Gutiérrez, C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y sociedad*, 17(34), 35-71.
- Williams-Alanís, H., Pecina-Quintero, V., Montes-García, N., Arcos-Cavazos, G., Zavala-García, F., & Gámez-Vázquez, A. J. (2009). Incidencia de Carbón de la Panoja *Sporisorium reilianum* (Kühn) Langdon y Fullerton en Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] para Grano. *Revista mexicana de fitopatología*, 27(1), 36-44.

