



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

EVALUACION DE LA TOLERANCIA A LA SEQUIA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

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

Autor:

Tigse Quezada Wendy Maribel

Tutor:

Chasi Vizquete Wilman Paolo

Co Tutor:

Garofalo Sosa Javier Alberto

LATACUNGA – ECUADOR

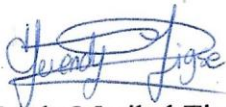
Agosto 2024

DECLARACION DE AUTORIA

Tigse Quezada Wendy Maribel, con cédula de ciudadanía No. 1753691615, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACION DE LA TOLERANCIA A LA SEQUIA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete. 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, 13 de agosto del 2024



Wendy Maribel Tigse Quezada

C.C: 1753691615

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, **TIGSE QUEZADA WENDY MARIBEL** identifica con cédula de ciudadanía **1753691615** 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 **“EVALUACION DE LA TOLERANCIA A LA SEQUIA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”** 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: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

Tema: **“EVALUACION DE LA TOLERANCIA A LA SEQUIA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**

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.

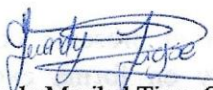
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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 12 días del mes de agosto del 2024.


Wendy Maribel Tigse Quezada
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 sobre el título:

“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum Aestivum L.*) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”, de Tigse Quezada Wendy Maribel 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, 13 de agosto del 2024

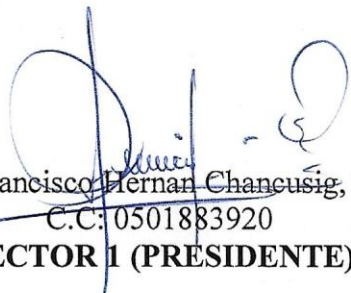
Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite Mg.
C.C: 0502409725
DOCENTE TUTOR

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: Tigse Quezada Wendy Maribel, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN 18 VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) LIBERADAS DEL INIAP BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**, 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, 13 de agosto del 2024



Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.
C.C: 0501883920
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.
C.C: 0501604409
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Mg.
C.C: 0501974703
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, **María Quezada** y **José Tigse**, por su amor y apoyo incondicional; a mi hijo, **Alejandro**, cuya compañía e inspiración me dieron fuerzas en los momentos más difíciles; a mi hermana, **María José**, por estar siempre a mi lado; y a mi novio **Michael**, el padre de mi hijo, por sus palabras de ánimo y aliento durante todo este proceso.*

Manifiesto mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en particular a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por brindarme su apoyo y valiosas enseñanzas a lo largo de mi formación académica.

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento al Programa de Cereales del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por confiar en mí y permitirme demostrar mis habilidades a través de este trabajo. Quiero destacar especialmente mi gratitud hacia el Ing. Javier Garófalo, Ing. Javier Noroña, así como a la Señora Rosita y la Señora Mary, por, su confianza, apoyo y por compartir conmigo su valioso conocimiento durante este proceso. Su orientación y respaldo fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

*Quiero expresar mi sincero agradecimiento al **Ing. Paolo Chasi**, mi tutor de tesis, por su guía y orientación, así como a los ingenieros **Francisco Chancusig**, **Guido Yauli**, y **Emerson Jácome**, mis lectores, por su paciencia y valiosas observaciones que han enriquecido este trabajo.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que me acompañaron durante este proceso, en especial a mis queridos amigos **Odalís**, **Lisseth**, **Nicolás** y **Francisco**, cuyas palabras de aliento y constante apoyo fueron fundamentales para alcanzar esta meta. ¡Gracias!*

Wendy Maribel Tigse Quezada

DEDICATORIA

*Este trabajo de titulación está dedicado con todo mi ser a las personas que han sido mi fuente de fortaleza y motivación. A mis padres, **María Quezada** y **José Tigse**, quienes me han brindado un amor incondicional y apoyo constante en cada paso de mi camino. A mi hermana, **María José**, por su compañía inquebrantable y por estar siempre a mi lado en los momentos más desafiantes. A mi pareja, cuyo aliento y fe en mí han sido un pilar fundamental. Y de manera muy especial, a mi hijo **Alejandro**, cuya inocente presencia y amor inagotable me han dado la fuerza para superar cada obstáculo. Este logro es tanto mío como de ustedes.*

*Quiero también dedicar este esfuerzo a la memoria de mi querida abuelita **Hortencia**. Aunque ya no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo celebra este logro conmigo. Este era su sueño, y sé que se siente inmensamente orgullosa de ver cómo lo he hecho realidad en su honor.*

Wendy Maribel Tigse Quezada

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACION DE LA TOLERANCIA A LA SEQUIA EN 18
VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) LIBERADAS DEL INIAP BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”.**

Autor:
Tigse Quezada Wendy Maribel

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es un cereal muy importante a nivel mundial debido a su consumo humano y animal. En Ecuador el trigo es relevante para la seguridad alimentaria de quienes lo producen. Sin embargo, el cambio climático ha hecho que la sequía sea un factor muy limitante para seguir produciendo este cereal. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la tolerancia a la sequía de 18 variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero. Para el cumplimiento del mismo se implementó 36 tratamientos dispuestos un diseño de parcelas divididas con 108 unidades experimentales las cuales fueron sometidas a dos estados de humedad del suelo, el primero capacidad de campo (Cc) 100 % de Humedad y el segundo Déficit hídrico con 10% de humedad. Las variables evaluadas fueron: Vigor, hábito de crecimiento, días al espigamiento, altura de la planta, número de macollos, longitud de espiga, peso de espiga, peso de materia seca, tipo de grano y pérdida de rendimiento, estos datos se los analizó estadísticamente con el software Infostat para su discriminación se utilizó la prueba de significancia Tukey al 5% y el test de Fisher .

De los datos obtenidos se determinó que la variedad que tolero mejor el déficit hídrico fue INIAP – MIRADOR 2010 con un porcentaje de pérdida de rendimiento de 70,9 % frente al rendimiento obtenido en esta variedad con el estado de Capacidad de campo (Cc) , seguido de INIAP-AMAZONAS 69, INIAP – IMBABURA 2014 y INIAP – ZHALAO 2003 con un porcentaje de 87,2 % en las tres variedades.

Las variedades que mejor tolerancia a la sequía según su comportamiento en las variables: Vigor, hábito de crecimiento, altura de planta, peso de la espiga y número de granos fueron la variedad INIAP - AMAZONAS 69 y la variedad INIAP – ROMERO 73. Aunque estas dos presentan el tipo de grano mediano, de todo esto se establece que las variedades evaluadas son afectadas por la sequía presentando niveles de tolerancia que permiten seguir investigando para las variedades con mejores resultados.

Palabras clave: Trigo, tolerancia, sequia, INIAP, variedades.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF DROUGHT TOLERANCE IN 18 WHEAT VARIETIES
(Triticum aestivum L.) RELEASED FROM INIAP UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.”

Author:
Tigse Quezada Wendy Maribel

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is a very important cereal worldwide due to its human and animal consumption. In Ecuador, wheat is relevant for the food security of those who produce it. However, climate change has made drought a very limiting factor to continue producing this cereal. The objective of this research was to evaluate the drought tolerance of 18 varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) released from INIAP under greenhouse conditions. To comply with it, 36 treatments were implemented, arranged in a divided plot design with 108 experimental units which were subjected to two states of soil humidity, the first field capacity (Cc) 100% Humidity and the second water deficit with 10 % humidity The variables evaluated were: Vigor, growth habit, days to heading, plant height, number of tillers, spike length, spike weight, dry matter weight, type of grain and yield loss, these data They were statistically analyzed with the Infostat software for discrimination, the Tukey significance test at 5% and the Fisher test were used.

From the data obtained, it was determined that the variety that best tolerated water deficit was INIAP – MIRADOR 2010 with a percentage of yield loss of 70.9% compared to the yield obtained in this variety with the Field Capacity (Cc) status. followed by INIAP-AMAZONAS 69, INIAP – IMBABURA 2014 and INIAP – ZHALAO 2003 with a percentage of 87.2% in the three varieties.

The varieties with the best tolerance to drought according to their behavior in the variables: Vigor, growth habit, plant height, spike weight and number of grains were the variety INIAP - AMAZONAS 69 and the variety INIAP - ROMERO 73. Although these two have the type of medium grain, from all this it is established that the varieties evaluated are affected by drought, presenting levels of tolerance that allow further research for the varieties with the best results.

Keywords: Wheat, tolerance, drought, INIAP, varieties.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACION DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i>	vii
<i>DEDICATORIA</i>	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE ILUSTRACIONES	xvi
INDICE DE FIGURAS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	4
5. OBJETIVOS:.....	6
a. Objetivo General.....	6
b. Objetivos Específicos	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
7.1 Factores abióticos que afectan el cultivo del trigo	8
7.2 Requerimiento hídrico del trigo.....	10
7.3 Capacidad de campo CC.....	10

7.4 Estrés Hídrico	11
7.5 Potencial hídrico	11
7.6 Escape a la sequía	12
7.7 Tolerancia	13
7.8 Láminas de riego	13
7.9 Condiciones del invernadero	14
7.9.1 Temperatura.....	14
7.9.2 Ventilación.....	14
7.10 Cereal.....	15
7.10.1 Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) Origen.....	15
7.10.2 Importancia.....	16
7.10.3 Distribución geográfica	17
7.10.4 Características botánicas.....	17
7.10.4.1 Clasificación taxonómica	17
7.11 Características Botánicas Del Trigo	18
7.11.1 Sistema radicular	18
7.11.2 Tallo.....	18
7.11.3 Hoja	19
7.11.4 Inflorescencia.....	19
7.11.5 Flores	19
7.11.6 Grano de trigo	20
7.12 CICLO VEGETATIVO.....	20
7.13 ETAPAS FENOLÓGICAS	21
7.14 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS	22
7.15 Factores bióticos que afectan el cultivo de trigo (enfermedades)	24
7.16 MANEJO DEL CULTIVO.....	28
7.17 Variables agronómicas y morfológicas	32

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	41
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	41
9.1 Área De Estudio.....	41
9.2 Tipo de investigación.....	42
9.2.1 Experimental.....	42
9.2.2 Cuantitativa.....	43
9.3 Especificaciones del campo experimental.....	43
9.3.2 Esquema de ADEVA Tabla 13: Modelo para parcelas divididas	43
9.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA.....	47
9.4.1 Diseño de la parcela en invernadero.....	48
9.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
9.6 METODOLOGIA DEL EXPERIMENTO.....	51
9.7 VARIABLES.....	54
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
10.1 VARIABLES AGRONÓMICAS	58
10.2 Análisis de varianza.....	66
13. CONCLUSIONES.....	99
14. RECOMENDACIONES	99
14. BIBLIOGRAFÍA	101
15. ANEXOS	111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	7
Tabla 2: Sequía	8
Tabla 3: Clasificación Taxonómica.....	17
Tabla 4: Fases del ciclo vegetativo.....	20
Tabla 5: Enfermedades principales en el cultivo de trigo.....	25
Tabla 6: Factores a considerar para altura de planta.....	34
Tabla 7 : Factores a considerar tamaño de espiga	35
Tabla 8: Factores a considerar número de granos por espiga	36
Tabla 9: Factores que afectan bióticos y abióticos	37
Tabla 10: Factores que afectan al tipo de grano	38
Tabla 11: Características principales de las variedades INIAP	39
Tabla 12: Características del lugar de estudio	41
9.3.2 Esquema de ADEVA Tabla 13: Modelo para parcelas divididas	43
Tabla 14: 18 Variedades de Trigo	44
Tabla 15: Tratamientos, Lamina de riego y variedad.....	45
Tabla 16: Diseño de la parcela en invernadero	48
Tabla 17: Escala de evaluación de vigor de planta en cereales	54
Tabla 18: Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales.....	55
Tabla 19: Escala de evaluación para tipo de grano en trigo.	56
Tabla 20: Promedios para la variable vigor.....	59
<i>Tabla 21: Promedios de la variable hábito de crecimiento</i>	62
Tabla 22: Promedios de la variable días al espigamiento.....	64
Tabla 23: ADEVA para altura de planta	67
Tabla 24: Fisher para lamina	67
Tabla 25: Tabla tukey al 5% en VARIEDAD para la variable Altura	68
Tabla 26: Prueba de tukey al 5% de Interacción Lamina x Variedad para la variable altura de planta (cm).....	70
Tabla 27: ADEVA de la variable número de macollos.....	72
Tabla 28: Fisher para láminas.....	73
Tabla 29: Interacción de lámina por Variedad en la variable número de macollos	74
Tabla 30: ADEVA para la variable peso de materia seca	76
Tabla 31: Fisher para lamina	76

Tabla 32: Tukey de interacción entre Lamina por Variedad en la variable peso de materia seca	77
Tabla 33: Cuadro de análisis de varianza (ADEVA) para la variable longitud de espiga en cm	78
Tabla 34: Fisher para lamina	79
Tabla 35: Tukey al 5% para variedad en la variable longitud de espiga	79
Tabla 36: Tukey de interaccion entre Lamina por Variedad para la variable longitud de espiga	81
Tabla 37: ADEVA para la variable peso de espiga	83
Tabla 38: Fisher para lamina	83
Tabla 39: Tukey interacción de lámina por variedad de la variable peso de espiga	84
Tabla 40: ADEVA para el número de granos	86
Tabla 41: Fisher para láminas.....	86
Tabla 42: Tukey al 5% para variedad en longitud de espiga.....	87
Tabla 43: Tukey al 5% para interacción entre lamina y variedad	88
Tabla 44: Promedios de tipo y color de grano.....	91
Tabla 45: ADEVA de rendimiento por cada una de las macetas	93
Tabla 46: Fisher para láminas de rendimiento	94
Tabla 47: Tukey para variedad en rendimiento.....	94
Tabla 48: Tukey de interacción de Lamina por Variedad en rendimiento	96
Tabla 49: Perdida de rendimiento (diferencia de medias).....	97

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución de la parcela experimental en Invernadero	47
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Roya amarilla.....	25
Figura 2: Roya de la hoja	26
Figura 3: Roya del tallo.....	26
Figura 4: Fusarium	27
Figura 5: Carbón.....	28
Figura 6: Grafico de la tabla tukey al 5% de la interaccion de lamina por variedad en la variable vigor.....	61
Figura 7: Grafico de la variable habito de crecimiento sacada de una tabla de promedios en medidas de resumen.....	64
Figura 8: Grafico de medidas de resumen de una tabla de promedio en la variable días al espigamiento.....	66
Figura 9: Grafico de barras de la tabla tukey para variedad en la variable Altura de planta (cm)	69
Figura 10: Grafico de la tabla tukey al 5% de la interacción lamina por variedad en la variable Altura	71
Figura 11: Grafico de la tabla tukey al 5% con la interacción de lámina por variedad en la variable Número de macollos	75
Figura 12: Grafico de barras de tukey de variedad para la variable longitud de espiga	80
Figura 13: Grafico de la tabla tukey al 5% entre lamina por variedad de la variable longitud de espiga	82
Figura 14: Grafica de tabla tukey al 5% entre lamina por variedad en la variable peso de espiga	85
Figura 15: Gráfico de barras de tukey para variedad en la variable número de granos por espiga	87
Figura 16: Grafico de tukey al 5% entre lamina por interacción de la variable número de granos	89
Figura 17: Grafico de medidas de resumen en la variable tipo de grano	92
Figura 18: Grafico de barras de rendimiento	95

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto:

Evaluación de la tolerancia a la sequía en 18 variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero.

Fecha de inicio: enero del 2024

Fecha de finalización: Agosto del 2024

Lugar de ejecución:

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

Facultad que auspicia Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería en agronomía

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chazi Vizuite

Cotutor: Ing. Javier Alberto Garofalo Sosa

Lector 1: Ing. Francisco Chancusig

Lector 2: Ing. Euclides Guido Yauli.

Lector 3: Ing. Emerson Jácome

Nombres de equipo de investigadores, empezando por el tutor, se anexa hoja de vida resumida de los investigadores, máximo una página, debe estar firmada

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Wendy Maribel Tigse Quezada

Telefono:0991461833

Correo electrónico: wendy.tigse1615@utc.edu.ec

(Se adjunta hoja de vida resumida con su firma en anexos)

Área de Conocimiento:

Agricultura, Silvicultura y pesca

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.

Línea 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. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El calentamiento global ha aumentado la irregularidad en las precipitaciones, impactando negativamente la productividad agrícola y presentando nuevos desafíos para el cultivo de trigo

(*Triticum* spp.). Las sequías frecuentes y severas se han convertido en un problema cada vez más preocupante que reduce directamente el rendimiento de los cultivos. Por tanto, es esencial identificar y desarrollar variedades de trigo que puedan resistir estas condiciones extremas. Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), el aumento de las temperaturas y la variabilidad de las precipitaciones están exacerbando los problemas de sequía en muchas regiones agrícolas del mundo (IPCC, 2014).

En Ecuador, los cereales, incluido el trigo, constituyen una parte fundamental de la dieta básica y son altamente consumidos por las familias ecuatorianas. Se presentan en diversas formas como harina, harina integral y sémola, entre otros productos, debido a sus valiosas propiedades nutritivas, que incluyen carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. (Herrera Galarza, 2016)

El proyecto "Evaluación de la tolerancia a la sequía en 18 variedades mejoradas de trigo (*Triticum*) del INIAP bajo invernadero" tiene como objetivo evaluar la capacidad de estas variedades para resistir la sequía. La información obtenida permitirá seleccionar las variedades más resistentes para futuros programas de mejoramiento genético, lo cual es esencial para desarrollar genotipos con mayor resiliencia y rendimiento bajo condiciones adversas. Según (Posada et al., 2022), la selección de genotipos tolerantes a la sequía es fundamental para enfrentar los desafíos climáticos y asegurar la productividad a largo plazo .

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios directos

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

Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la investigación incluyen a los agricultores, las instituciones públicas y las asociaciones de productores agrícolas vinculadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-La Estación Experimental Santa Catalina.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es un cultivo de gran relevancia en la región andina de Ecuador, en el 2024, la producción mundial de trigo (*Triticum aestivum L.*) está proyectada en aproximadamente 789 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 0.3% con respecto a las proyecciones anteriores del año el trigo (FAO , 2024), otra fuente nos menciona que se espera un incremento del 1% en la producción global de trigo, alcanzando los 797 millones de toneladas, aunque aún por debajo del récord establecido en 2022 (Donley, 2024).

Este es el cereal más ampliamente utilizado en la alimentación humana debido a su elevado valor energético. Este cereal no solo proporciona una fuente significativa de energía, sino que también contiene una mayor cantidad de proteínas comparado con otros cereales como el maíz y el arroz. Además de sus ventajas nutricionales, el trigo (*Triticum aestivum L.*) posee propiedades de procesamiento únicas que lo hacen una materia prima versátil en la elaboración de una gran variedad de alimentos procesados y diversos productos no alimentarios. (FAO, 2019)

La productividad global del cultivo de *Triticum* ha alcanzado y sobrepasado un umbral crítico de 3,0 toneladas por hectárea, evidenciando progresos significativos en el mejoramiento genético y en las prácticas agronómicas. Este incremento en el rendimiento se ha destacado

particularmente en el año 2022 según datos del Food and Agriculture Organization (FAO, 2024) cuando se registraron cifras récord en la superficie sembrada de trigo (*Triticum aestivum L.*) a nivel planetario. De acuerdo con. (Garófalo et al., 2021), este aumento en la superficie sembrada y el rendimiento medio se debe a la aplicación de metodologías avanzadas en la selección y mejoramiento varietal, la optimización de las prácticas de manejo agronómico y una mayor eficiencia en el uso de insumos agrarios. Estos avances han permitido elevar el rendimiento promedio a niveles sin precedentes, contribuyendo de manera significativa a la seguridad alimentaria global y a la sostenibilidad de la producción agrícola.

El trigo (*Triticum aestivum L.*) se cultiva principalmente en la Sierra ecuatoriana, entre los 2000 y 3200 metros de altitud. En 2020, Ecuador importó 1.096.589 toneladas de granos de trigo y se sembraron 6498 hectáreas, registrando una productividad de 2 toneladas por hectárea. (Garófalo et al., 2021).

Las principales provincias productoras son Carchi, Bolívar, Pichincha, Chimborazo e Imbabura, en 2021 la provincia de Carchi lideró la producción y superficie cosechada de trigo en Ecuador, representando el 55% del total nacional con 2,325 hectáreas y una producción de 6,042 toneladas métricas (tm). Le siguió la provincia de Bolívar, que cultivó 1,332 hectáreas y produjo 2,001 tm, contribuyendo con el 18% de la producción nacional. En conjunto, la superficie total sembrada de trigo en Ecuador para 2021 fue de 6,038 hectáreas, alcanzando una producción de 10,898 tm. (Corporación Financiera Nacional B.P, 2021)

En la provincia de Pichincha, Ecuador, la superficie cultivada de trigo alcanzó 1,211 hectáreas, con una producción de 1,864 toneladas métricas, representando el 17% del total nacional, ubicándose en tercer lugar a nivel nacional (Corporación Financiera Nacional B.P, 2021). Esta posición se debe en parte a la disminución de las precipitaciones en la región, que han mostrado variaciones significativas. En Quito, los meses más secos (junio, julio y agosto) registraron un

promedio de 154 mm de lluvia, considerablemente menor en comparación con los meses más lluviosos (marzo, abril y diciembre), que alcanzaron alrededor de 337 mm. A futuro, se espera un incremento en la severidad de las sequías debido al cambio climático, lo que aumentará tanto la frecuencia como la intensidad de estos eventos en Pichincha. (Climate, 2024)

Esta investigación es crucial, porque al evaluar 18 variedades de trigo mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) bajo condiciones controladas de invernadero nos permitirá identificar las variedades con mayor tolerancia a la sequía, proporcionando datos esenciales para el mejoramiento genético y bloques de cruzamiento. Además, la falta de conocimiento detallado sobre la tolerancia a la sequía de estas variedades limita la adopción de prácticas agrícolas informadas y el potencial de mejora en la producción de trigo en Ecuador, particularmente en las regiones andinas donde el trigo es fundamental para la seguridad alimentaria y el sustento económico de los pequeños productores. (FAO, 2021). Las prácticas de producción alimentaria sostenible y las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático se sostienen mutuamente. (FAO, 2018).

5. OBJETIVOS:

a. Objetivo General

- “Evaluar la tolerancia a la sequía en 18 variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) liberadas del INIAP bajo condiciones de invernadero.”

b. Objetivos Específicos

- Establecer el comportamiento agronómico de las variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) bajo estrés hídrico.
- Determinar la variedad de trigo (*Triticum aestivum L.*) que presente mejor rendimiento bajo estrés hídrico

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

Tabla 1: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACION
Establecer el comportamiento agronómico de las variedades de trigo (<i>triticum aestivum L.</i>) bajo estrés hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación del sitio experimental. • Utilización de 18 variedades para la evaluación. • Instalación del ensayo. • Siembra y dotación. • Monitoreo y evaluación de variables.(Vigor, habito de crecimiento, Altura de planta, días al 	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio experimental definido. • 18 variedades utilizadas. • Parcelas establecidas en el invernadero. • Tratamientos implementados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Croquis del ensayo. • Material etiquetado. • Esquema del ensayo • Fotografía • Libro de campo • Base de datos de variables.

	<p>espigamiento, longitud de espiga, peso de espiga, peso de materia seca, número de granos, rendimiento y pérdida de rendimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de variables evaluadas. 	
<p>Determinar la variedad de trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>) que presente mejor rendimiento bajo estrés hídrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha de variedades seleccionadas a niveles hídricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de cosecha de cada uno de los tratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de rendimiento.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Factores abióticos que afectan el cultivo del trigo

Tabla 2: Sequía

	Descripción
--	--------------------

Sequia	Insuficiencia de precipitaciones a lo largo de un intervalo temporal significativo.
Sequia Meteorológica	La sequía se define como la desviación de precipitaciones respecto a la media en un periodo específico. Algunas definiciones evitan umbrales fijos, siendo específicas para cada región, lo que complica su comparación entre áreas.
Sequia Hidrológica	La sequía hidrológica se refiere a la disminución del caudal o volumen de aguas superficiales y subterráneas, como ríos, embalses y lagos. Existe un desfase entre la escasez de precipitaciones y la reducción del caudal, lo que hace que las mediciones hidrológicas no sean un buen indicador del inicio de la sequía, pero sí de su intensidad.
Sequia Agrícola	La sequía agrícola se produce cuando la humedad del suelo es insuficiente para el crecimiento de un cultivo. No se pueden establecer umbrales universales debido a la variabilidad en las necesidades hídricas. Define como un período con solo 19 mm de agua en los primeros 20 cm del suelo. Esta sequía depende de factores meteorológicos y del suelo, y puede prevenirse si el subsuelo mantiene suficiente humedad, incluso en condiciones de sequía meteorológica.

Fuente: (Fernando & Flor, 2011)

Elaborado por: Wendy Tigse, (2024)

7.2 Requerimiento hídrico del trigo

El trigo se cultiva predominantemente en regiones de clima templado, donde la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 15 y 31°C. En términos de necesidades hídricas, este cereal generalmente requiere entre 600 y 800 mm de agua a lo largo de su ciclo de cultivo. Además, es importante que las precipitaciones estén bien distribuidas durante las diferentes fases de crecimiento del trigo para asegurar una adecuada absorción de agua y nutrientes, lo cual favorece un desarrollo saludable y una buena producción. (Luis et al., 2013)

No obstante, el trigo es una especie altamente tolerante a la sequía y puede soportar ciertos periodos de saturación de agua sin sufrir daños significativos. La temperatura ideal para su crecimiento se sitúa entre 26,7 y 29,4°C, con una mínima aceptable de 15,6°C. Además, su capacidad para adaptarse a variaciones en la disponibilidad de agua y su resistencia a condiciones adversas hacen del trigo un cultivo versátil y robusto en una variedad de climas y condiciones del suelo. Esto le permite mantener una producción relativamente estable incluso en áreas con fluctuaciones climáticas y disponibilidad de recursos hídricos. (Luis et al., 2013)

7.3 Capacidad de campo CC

El contenido hídrico del suelo, posterior a una saturación completa seguida de un drenaje gravitacional natural, excluyendo pérdidas por evapotranspiración, se denomina capacidad de campo. Este nivel de humedad del suelo corresponde aproximadamente a

un potencial mátrico de -0.33 bares. Generalmente, este estado se alcanza entre 24 y 48 horas después de un evento de riego o precipitación significativa. (Silva et al., 2015).

7.4 Estrés Hídrico

La intensidad y duración del déficit hídrico afectan significativamente los efectos sobre las plantas y su capacidad de resistencia. Entre los principales impactos del estrés hídrico en el crecimiento vegetal se incluyen la reducción de la altura de la planta, el desarrollo del tallo y las raíces, el área foliar, el peso foliar específico y la biomasa total. Este estrés puede limitar la capacidad fotosintética, disminuir la turgencia celular y alterar el balance hormonal, lo que en conjunto compromete el desarrollo y productividad de la planta. (Pinzón-lópez, 2012)

Desde una perspectiva agronómica, el estrés hídrico se define como una condición en la que un suministro insuficiente de agua impide que el crecimiento o el rendimiento de una planta logre su máximo potencial genético. Este déficit hídrico supera la capacidad de los mecanismos homeostáticos de la planta para regular y compensar adecuadamente la falta de agua, lo que resulta en un compromiso en los procesos fisiológicos esenciales como la fotosíntesis, la respiración y el transporte de nutrientes. Como consecuencia, se producen alteraciones en el desarrollo vegetativo y reproductivo, lo que afecta negativamente la productividad agrícola. (Younes et al., 2017)

7.5 Potencial hídrico

El potencial hídrico es una medida de la energía disponible en una solución acuosa para el movimiento de moléculas de agua a través de una membrana semipermeable durante el proceso de ósmosis. Aunque los valores del potencial hídrico no pueden ser

determinados de manera absoluta, se consideran más elevados en agua pura, la cual se establece convencionalmente con un valor de cero. A medida que aumenta la concentración de solutos en la solución, este valor disminuye. El agua tiende a desplazarse desde áreas con un potencial hídrico más alto hacia zonas con un potencial más bajo o más negativo, lo que es fundamental para el mantenimiento del equilibrio osmótico y la homeostasis celular en organismos vivos. (Fernando & Flor, 2011)

7.6 Escape a la sequía

Los mecanismos de resistencia al estrés, incluido el déficit hídrico, se clasifican en dos categorías: 1) evitación del estrés, 2) tolerancia al estrés.

Las plantas evitan el estrés al prevenir o reducir su penetración en los tejidos, estableciendo barreras físicas, metabólicas o químicas que excluyen el estrés celular, logrando así un estado estacionario que difiere del equilibrio termodinámico. Al evitar el estrés, también se minimiza la tensión interna. En contraste, la tolerancia al estrés se manifiesta cuando las plantas pueden soportar condiciones adversas reduciendo o eliminando la tensión; estas especies desarrollan la capacidad de mantener un equilibrio termodinámico con el estrés sin sufrir daños o de repararlo tras haberlo experimentado. Es importante destacar que la evasión o escape al estrés no se considera un mecanismo de resistencia per se, sino una adaptación estacional, donde las plantas que escapan completan su ciclo fenológico antes o después de la ocurrencia del estrés. En especies de plantas superiores como el trigo, el mecanismo predominante para resistir el déficit hídrico es la evitación del estrés, lo que se traduce en la capacidad de mantener una humedad relativa cercana al 100 % en ambientes donde la humedad del aire es significativamente inferior. (Pérez, 2015)

7.7 Tolerancia

Los mecanismos de tolerancia son altamente específicos y varían según el tipo de deformación que ocurra, activando diferentes formas de resistencia y, en algunos casos, permitiendo la tolerancia a deformaciones plásticas. Un elemento crucial de esta estrategia son los mecanismos de reparación del estrés, que la planta debe activar una vez que el estrés ha cesado. (Fernando & Flor, 2011)

Mediante el descubrimiento y la generación de variación genética para características agronómicas, se logra el desarrollo de genotipos con atributos nuevos o mejorados, gracias a combinaciones superiores de alelos en múltiples loci, así como la selección precisa de genotipos raros que presentan características mejoradas y novedosas. (Santiago et al., 2024)

7.8 Láminas de riego

Para esta investigación existen dos láminas de riego:

Lamina 1 (L1): Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo (CC) es un valor constante de humedad que indica la cantidad de agua retenida por un suelo saturado después de un período de drenaje de entre 24 y 72 horas. Este tiempo puede variar según ciertas características del suelo, como su textura, contenido de materia orgánica (MO) y densidad. (COY, 2017)

Capacidad de campo es saturar el suelo con abundante agua por el cual este se mueve hacia el subsuelo, cuando se llega a un punto que el agua se queda estabilizada y se le conoce a esto como punto de marchitez.

Lamina 2 (L2): 10 % de capacidad de campo

Es la reducción de agua que se da a Capacidad de campo (CC), el porcentaje de reducción puede ser menos o mayor dependiendo los resultados que quisiéramos obtener.

7.9 Condiciones del invernadero

7.9.1 Temperatura

La temperatura óptima en un invernadero depende del tipo de cultivo y su fase de crecimiento. Normalmente, las plantas requieren una temperatura mínima de 10-15°C y una máxima de 30°C. Una diferencia de 5-7°C entre el día y la noche favorece su desarrollo. La temperatura del suelo es fundamental, ya que, por debajo de 7°C, las raíces crecen más lentamente y tienen dificultades para absorber agua y nutrientes. Para la germinación de semillas y el crecimiento de esquejes, la temperatura del suelo debe mantenerse entre 18-25°C. Controlar las altas temperaturas en el invernadero, especialmente en verano, puede ser difícil, por lo que es importante tener un sistema de ventilación o una malla de sombreado. (Novagric, 2024)

7.9.2 Ventilación

El sistema de ventilación es el factor clave a considerar porque impacta directamente sobre las condiciones climáticas producidas dentro de la estructura y consecuentemente, en el desarrollo del cultivo. (Flores-Velázquez & Villarreal-Guerrero, 2017)

- **Ventilación Natural:** El enfriamiento por ventilación natural en invernaderos utiliza el flujo de aire generado por el viento para reducir la temperatura y la humedad. Esto se logra mediante aberturas en el techo y laterales del invernadero, especialmente en estructuras grandes y altas. Estas aberturas

permiten una circulación de aire eficiente, manteniendo condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas. (García & Lasluisa, 2002)

- **Ventilación mecánica:** La ventilación forzada o mecánica en invernaderos utiliza ventiladores para introducir aire frío del exterior, logrando que la temperatura interna sea igual a la externa, pero con un control mucho más preciso que la ventilación pasiva. Se recomienda utilizar tejido Arpileno en los laterales donde se ubican los ventiladores, para regular el flujo de aire y evitar la entrada de impurezas.(García & Lasluisa, 2002)

7.10 Cereal

Los cereales incluyen especies como: el maíz, trigo, arroz, cebada, avena y centeno, son las semillas de las gramíneas y han sido consumidos desde tiempos antiguos por civilizaciones como los mayas y los aztecas. Estos cultivos se caracterizan por su facilidad de cultivo y son una fuente principal de energía en la dieta humana debido a su alto valor calórico y su costo relativamente bajo en comparación con otros alimentos. (INCAP, n.d.-a)

7.10.1 Trigo (*Triticum aestivum* L.) Origen

El origen del trigo cultivado actualmente se sitúa en la región asiática que abarca las cuencas de los ríos Tigris y Éufrates. Según la mitología, el término “cereal” se deriva de Ceres, la diosa romana de la agricultura. (Espinoza Vanegas, 2018) Esta área alberga numerosas gramíneas silvestres relacionadas con el trigo. Desde el Medio Oriente, el cultivo de trigo se dispersó en diversas direcciones. La primera variedad de trigo recolectadas por los humanos hace más de doce mil años pertenecían a las especies *Triticum monococcum* y *T. dicoccum*, las cuales se caracterizaban por tener espigas frágiles que se desintegraban al madurar. (Infoagro) Con el tiempo, estas variedades de trigo evolucionaron, resultando en una especie con granos desnudos

y espiguillas articuladas, dando lugar a una nueva especie. Estos fueron conocidos como los primeros trigos duros (*Triticum durum*). (Avila, 2018).

7.10.2 Importancia

La importancia del Trigo en la alimentación y economía es un componente esencial en la dieta humana y un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria a nivel global (Straquadine et al., 2017)

El trigo se ha cultivado durante más de 6000 años. Hoy en día, es el cultivo más ampliamente difundido a nivel global, abarcando una superficie cosechada de 219 millones de hectáreas por año. Le siguen el maíz con 177 millones de hectáreas, el arroz con 162 millones de hectáreas, y la soja con 108 millones de hectáreas. Estos cuatro cultivos representan el 50% de la superficie cosechada mundial. En términos de producción, el trigo ocupa el cuarto lugar mundial después de la caña de azúcar, el maíz y el arroz con cáscara. Considerando solo la producción destinada al consumo humano, descontando la fracción no comestible como la cáscara del arroz, el trigo ocupa el segundo lugar después del maíz. Sin embargo, dado que la mayor parte del maíz se utiliza como forraje, el trigo es actualmente el principal alimento humano, seguido por el arroz, la papa, la soja y el maíz. (Abbate, 2024).

El mayor contenido de proteína lo tiene el trigo duro seguido del centeno y la avena. La cebada tiene el mayor contenido de fibra seguida de la avena. El maíz tiene el más alto contenido de grasa. En cuanto a minerales, la avena y la cebada tienen el mayor contenido de hierro y de calcio, mientras que el centeno y el trigo tienen el mayor contenido de fósforo. Finalmente, la avena y el trigo tienen el mayor contenido de tiamina. (INCAP, n.d.-b)

7.10.3 Distribución geográfica

En Ecuador, el cultivo de trigo se concentra predominantemente en la región de la Sierra, abarcando altitudes entre los 2000 y 3200 metros sobre el nivel del mar. Las principales provincias productoras de este cereal incluyen Carchi, Bolívar, Pichincha, Chimborazo e Imbabura. (Garófalo et al., 2021)

7.10.4 Características botánicas

7.10.4.1 Clasificación taxonómica

Tabla 3: Clasificación Taxonómica

Nombre científico	Triticum aestivum L.
Nombre común	Trigo
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Triticum
Especie	Aestivum

Elaborado por: Wendy Tigse, (2024)

7.11 Características Botánicas Del Trigo

7.11.1 Sistema radicular

El sistema radicular del trigo está compuesto por dos conjuntos de raíces: seminales y adventicias. (Moreno et al., 2001). Las raíces seminales, también denominadas raíces primarias, se desarrollan a partir de los nódulos escutelares y epiblastos del hipocótilo embrionario. Estas raíces pueden crecer hasta alcanzar los 2 m de profundidad. (IPNI, 2017). Las raíces adventicias emergen de los nódulos coleoptilares en la base del culmo apical y de los macollos. Estas raíces, conocidas en conjunto como raíces axiales, requieren procesos de digitalización y visualización para su estudio detallado. Las raíces axiales desempeñan funciones cruciales como la absorción y el transporte de recursos del suelo, incluyendo agua y nutrientes, el almacenamiento de productos fotosintéticos y el soporte estructural del sistema de brotes. Además, los sistemas radiculares del trigo son jerárquicos, con las raíces axiales sirviendo como soporte para raíces de órdenes inferiores, lo que define la arquitectura radicular del cultivo. La cuantificación y detección de la configuración espacial de estas raíces es un área clave de investigación debido a su importancia en el desarrollo y eficiencia del sistema radicular. (Chen et al., 2023).

7.11.2 Tallo

Los tallos del trigo son erectos, cilíndricos y generalmente lisos, con nudos sólidos y entrenudos huecos. Normalmente, los tallos maduros del trigo presentan seis nudos y una altura que varía entre 0.6 m y 1.5 m. Las vainas de las hojas envuelven estrechamente el tallo, proporcionando soporte mecánico, especialmente durante los estados inmaduros del crecimiento, formando lo que se conoce como pseudotallo. Este pseudotallo está compuesto por las vainas de las hojas cuando los entrenudos del tallo verdadero están

comprimidos, lo cual ocurre en las primeras etapas del desarrollo del cultivo. (Pistoni, 2021).

7.11.3 Hoja

“Se desarrolla 7-8 hojas en forma de cinta y terminadas en punta”. (Elfer, 2014) Cada hoja consta de cuatro partes: vaina, lámina, lígula y aurícula. La vaina envuelve el tallo, estando cerrada en su base y abierta en la parte superior. La lámina presenta una forma lineal o lineal-lanceolada con nervaduras paralelas. El ápice de la primera hoja es firme y obtuso, mientras que las hojas siguientes son acuminadas. (Pistoni, 2021)

7.11.4 Inflorescencia

La inflorescencia del trigo se manifiesta en forma de espiga, caracterizada por un eje principal constituido por nudos y entrenudos. Los entrenudos presentan una base estrecha y un ápice ancho. La espiga se compone de unidades denominadas espiguillas, cada una de las cuales incluye brácteas estériles y entre 2 y 5 flores discretas, que carecen de pétalos y sépalos. (David, 2022)

7.11.5 Flores

El órgano floral presenta un pistilo y tres estambres, protegidos por dos brácteas verdes denominadas glumillas. En los trigos barbados, la glumilla exterior se prolonga en una arista. (David, 2022)

La floración progresa rápidamente hacia la cima de la espiga y menos rápidamente hacia la base de la misma. (Asociacion Kokopelli, 2024)

La floración ocurre 4 a 5 días después de la espigazón. En cambio, el período de llenado de grano varía de acuerdo al clima. Típicamente es de 30 días en ambientes con estrés

severo; y puede exceder los 50 días en ambientes de alto rendimiento y sin estrés. (Estrada et al., 2014)

7.11.6 Grano de trigo

El grano de trigo tiene una forma ovalada y sus extremos redondeados, sobresaliendo el germen en uno de ellos y en el otro, un mechón de finos pelos. (Juárez et al., 2014)

El pericarpio o salvado del grano de trigo es la capa más dura y rica en fibra y minerales como magnesio, potasio y hierro. La capa proteica contiene enzimas y proteínas solubles importantes, como albúminas y globulinas. El endospermo está compuesto por proteínas insolubles (gluten) y azúcares (almidón y celulosa). Una fermentación prolongada mejora la asimilación de minerales. (Bruno, 2018)

La calidad del grano de trigo es un rango de propiedades físicas y compositivas donde los niveles de umbral se establecen de acuerdo con los requisitos de uso final. (Muhammad Bilal Hafeez, 2023)

7.12 CICLO VEGETATIVO

Dentro del proceso agrícola del trigo, se identifican tres etapas distintas que son fundamentales para su desarrollo y producción.

Tabla 4: Fases del ciclo vegetativo

Fase vegetativa	Va desde la siembra de semillas hasta el comienzo del encañado
Fase de reproducción	Empieza desde el encañado hasta la terminación del espigado

Fase de madurez	Alcanza desde el final del espigado hasta el momento de la cosecha
------------------------	--

Fuente: (LLumitaxi, 2024)

Elaborado por: Wendy Tigse, (2024)

7.13 ETAPAS FENOLÓGICAS

7.13.1 Germinación: La viabilidad germinativa del trigo dura de 4 a 10 años, pero es óptimo usarlo dentro de 2 años debido a la disminución de su capacidad germinativa. La humedad no debe superar el 11% para una adecuada conservación. Para germinar, el grano debe absorber entre el 40% y el 65% de su peso en agua. La temperatura óptima para germinación es de 20-25°C, aunque puede ocurrir entre 3-4°C y 30-32°C. (David, 2022)

7.13.2 Ahijamiento: El trigo posee un tallo morfológicamente similar a una caña, caracterizado por la presencia de nudos y entrenudos. En cada nudo se encuentra una yema axilar, de la cual emerge una hoja. Durante la fase de elongación de los entrenudos, conocida como encañado, se puede observar que las hojas surgen a diferentes alturas en los nudos sucesivos. (LLumitaxi, 2024)

7.13.3 Encañado: Este fenómeno ocurre cuando las temperaturas empiezan a aumentar. Los nudos del tallo pierden la capacidad de producir hijuelos y los entrenudos comienzan a elongarse. El encañado se refiere al crecimiento del tallo mediante el alargamiento de los entrenudos. (David, 2022)

7.13.4 Espigado: El período de "espigado" representa la fase de mayor actividad fisiológica en el ciclo del trigo, caracterizado por un incremento máximo en la transpiración y en la extracción de agua y nutrientes del suelo. Durante este proceso, los azúcares sintetizados en las hojas inferiores son translocados hacia los granos en desarrollo, mientras que las hojas experimentan senescencia. La alta demanda hídrica para el transporte de nutrientes a los granos provoca un rápido agotamiento de la humedad en el suelo, lo que hace esencial el riego en esta etapa. (Avila, 2018)

7.13.5 Maduración: En la etapa final del ciclo del trigo, ocurre la acumulación de almidón en el grano. Durante este proceso, el almidón generado por la fotosíntesis se mantiene en las hojas terminales y la espiga, mientras que los carbohidratos y las proteínas se translocan hacia el ápice del grano. Si se interrumpe el riego en esta fase crítica, existe el riesgo de que estas sustancias no se movilicen adecuadamente, lo que puede resultar en un asurado del grano. (LLumitaxi, 2024)

7.14 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS

7.14.1 Altitud

El trigo en Ecuador se cultiva en altitudes que varían desde 2,400 hasta 3,200 metros sobre el nivel del mar, lo cual proporciona un microclima ideal que favorece el desarrollo fenológico del cultivo. Estas altitudes permiten una exposición óptima a la radiación solar y unas temperaturas diurnas y nocturnas que contribuyen a la vernalización y a un ciclo de cultivo eficiente. Además, las

condiciones de altitud moderada a alta son propicias para minimizar la incidencia de enfermedades y plagas, mejorando así la calidad y el rendimiento del grano. (Ponce et al., 2015)

7.14.2 Suelo

Los suelos idóneos para el cultivo de trigo son aquellos que presentan un buen drenaje, una estructura física adecuada y un alto contenido de materia orgánica, esencial para la retención de humedad y la provisión de nutrientes esenciales. En Ecuador, los suelos de origen volcánico destacan como especialmente adecuados debido a su fertilidad intrínseca, derivada de una rica composición mineral y una capacidad catiónica elevada, lo que facilita la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, fundamentales para el crecimiento óptimo del trigo. (Ponce et al., 2015)

7.14.3 Precipitación

La precipitación óptima para el cultivo de trigo se sitúa entre 600 y 1,200 mm anuales. Es fundamental que la pluviometría esté bien distribuida a lo largo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo para evitar situaciones de estrés hídrico. La adecuada sincronización de las lluvias con los períodos críticos de desarrollo, como la germinación, el macollamiento, la floración y la maduración, es vital para asegurar el suministro de agua necesario, optimizando así la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento uniforme y saludable de las plantas. (Ponce et al., 2015)

7.14.4 Temperatura

El cultivo de trigo demanda un rango específico de temperaturas para alcanzar un crecimiento y desarrollo óptimos. Las condiciones térmicas ideales se sitúan entre

15°C y 23°C, proporcionando un ambiente propicio para la fotosíntesis y el metabolismo de la planta. Sin embargo, el trigo posee una notable capacidad de adaptación, permitiendo su crecimiento en un rango absoluto de temperaturas que va desde 5°C hasta 27°C. Dentro de este espectro más amplio, el trigo puede tolerar variaciones térmicas, aunque estas pueden afectar la tasa de desarrollo y la fenología del cultivo. La gestión precisa de la temperatura es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad del grano, evitando así el estrés térmico que puede comprometer la productividad agrícola. (Acuayte-Valdés et al., 2018)

7.14.5 Ph


El pH del suelo es un factor crucial que influye en la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del trigo. Los suelos ideales para el cultivo de trigo deben tener un pH que oscile entre 6.5 y 7.5. Este rango de pH neutro a ligeramente ácido optimiza la solubilidad y la absorción de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, promoviendo un desarrollo saludable del cultivo. (LLumitaxi, 2024).



7.15 Factores bióticos que afectan el cultivo de trigo (enfermedades)



Las principales enfermedades que afectan el cultivo de trigo en Ecuador incluyen la roya amarilla, también conocida como roya lineal (*Puccinia striiformis*), la roya de la hoja o roya parda (*Puccinia triticina*), así como las infecciones por *Fusarium* que afectan las espigas (*Fusarium spp.*) y el carbón de la espiga, causado por el hongo (*Ustilago tritici*). (Ponce, L et al., 2022)

Estas patologías representan un reto significativo para la producción de trigo, ya que pueden comprometer gravemente la calidad y el rendimiento del cultivo. La identificación y manejo adecuado de estas enfermedades son esenciales para asegurar una producción sostenible y eficiente de trigo en la región.

Tabla 5: Enfermedades principales en el cultivo de trigo

Enfermedad	Agente Causal	Sintomatología	Imagen
<p>Roya Amarilla</p>	<p>Puccinia striiformis f.sp. tritici</p>	<p>Las pústulas de color amarillo anaranjado se presentan en forma de líneas paralelas y estrías sobre las hojas. Estas pústulas también pueden aparecer en las espigas.</p>	 <p>Figura 1: <i>Roya amarilla</i></p> <p>Enfermedad roya amarilla en trigo. Tomado de (Almacellas., 2015)</p>

<p>Roya de la hoja</p>	<p>Puccinia triticina</p>	<p>Se forman pústulas pequeñas, ovaladas o redondeadas, de color naranja oscuro a café. Estas se desarrollan en temperaturas de 15 a 25 °C y con una humedad relativa superior al 80%.</p>	 <p>Figura 2: Roya de la hoja</p> <p>Enfermedad roya de la hoja en trigo. Tomado de (Limón, 2021)</p>
<p>Roya del tallo</p>	<p>Puccinia graminis</p>	<p>Inicia con pequeñas lesiones o pecas, forman pústulas alargadas que rompen la epidermis del tallo, liberando masas de esporas</p>	 <p>Figura 3: Roya del tallo</p> <p>Enfermedad roya del tallo. Tomada de (Wikipedia , 2024)</p>

		de color café oscuro o rojizo.	
Fusarium (<i>Fusarium</i> spp.)	<i>Fusarium graminearum</i>	Afecta a la espiga, incluyendo la parte floral, glumas, granos y raquis, causando un blanqueamiento prematuro en las espiguillas donde se observan masas de esporas y micelio rosado.	 <p>Figura 4: Fusarium Enfermedad del trigo, <i>Fusarium</i> spp. Tomada de (Plantix, 2024)</p>
Carbón (<i>Ustilago</i> spp.)	<i>Ustilago tritici</i> (carbón volador); <i>Tilletia tritici</i> (=T. caries) y <i>Tilletia leavis</i> (=T.	En el caso del carbón volador o desnudo, los síntomas son evidentes durante la espigadura, cuando las	

	foetida)(Carbón cubierto).	espiguillas se destruyen por completo y se pueden ver claramente las esporas negras con apariencia de carbón.	<p>Figura 5: Carbón</p> <p>Enfermedad del trigo Carbón.</p> <p>Tomada de (Agroptima, 2024)</p>
--	----------------------------	---	---

Fuente: (Galdames G, 2013), (Ponce-Molina et al., 2022), (LLumitaxi, 2024), (Vigilancia, 2019).

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024).

7.16 MANEJO DEL CULTIVO

El manejo del cultivo de trigo en invernadero requiere una serie de prácticas minuciosas y especializadas para garantizar un crecimiento robusto y optimizar la producción.

7.16.1 Semillas

La semilla desempeña un papel fundamental en la difusión de variedades mejoradas y en la reintroducción de variedades nativas, siendo uno de los insumos esenciales para la producción de cultivos. (INIAP & CIP, 2024)

7.16.2 Preparación del suelo

Un sustrato es cualquier material sólido que no sea suelo, ya sea natural, sintético o residual, y puede ser mineral u orgánico. Este material, cuando se coloca en un contenedor, en su forma pura o mezclado, permite que el sistema radicular de la planta se ancle, actuando, así como un soporte para la planta. El sustrato puede o

no participar en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. (MARITSA, 2013)

7.16.3 Selección de un buen sustrato: Según (EOS Data Analytics, 2023), saber en qué tipo de suelo se cultiva es esencial para maximizar el rendimiento del cultivo de trigo. Un suelo franco, profundo, con buen drenaje y circulación de aire y con muchos nutrientes es ideal para el cultivo del trigo de cualquier variedad. Por el contrario, los suelos de tipo turba, ricos en hierro, sodio y magnesio, no son favorables para el cultivo de este cereal.

7.16.4 Siembra

- **Semilla:** Las semillas pueden transmitir plagas y enfermedades, ya que incluso pequeñas cantidades de inóculo pueden ser epidemiológicamente significativas. Los patógenos que se propagan a través de las semillas incluyen bacterias, hongos, nematodos y virus. Por lo tanto, es crucial usar semillas sanas y libres de plagas y enfermedades, y desinfectarlas adecuadamente para evitar la propagación de estas amenazas. (Nieto et al., 2021)
- **Metodos de siembra:** La siembra puede realizarse mediante dos métodos: al voleo y de forma mecanizada. Es crucial que el suelo tenga una capacidad de campo óptima, es decir, que esté adecuadamente húmedo, para asegurar una germinación exitosa de las semillas. La profundidad de siembra debe ser superior a cinco centímetros. (LLumitaxi, 2024). Es recomendable sembrar al comienzo de la temporada de lluvias en cada región para asegurar una buena germinación y que la cosecha coincida con la estación seca, evitando así pérdidas y daños en la calidad del grano. En las regiones norte y sur del país, la siembra comienza en febrero y marzo, mientras que en el centro del país se realiza entre noviembre y enero. (Nieto et al., 2021).

7.16.5 Control de malezas

Las malezas, definidas como cualquier planta que no sea trigo presente en el cultivo, compiten por espacio, luz, agua y nutrientes, lo que resulta en pérdidas económicas al reducir los rendimientos, disminuir la calidad del producto y dificultar la cosecha. Algunas malezas, como el rábano, el nabo y la lengua de vaca, son especialmente problemáticas en los campos de trigo y causan mayores pérdidas. (*INIAP -Estación Experimental Santa Catalina*, n.d.)

7.16.6 Desmezcla

Este proceso implica la eliminación de todas las plantas que sean distintas a la variedad cultivada. Es crucial que las plantas eliminadas no permanezcan en el campo para garantizar la pureza genética de la semilla. Este procedimiento debe llevarse a cabo al menos dos veces: primero, durante la fase de espigamiento a formación de grano y, en segundo lugar, cuando el cultivo comience a alcanzar la madurez fisiológica y empiece a amarillear. (Coronel & Jiménez, 2011)

7.16.7 Cosecha

La cosecha debe llevarse a cabo durante la estación seca, asegurándose de que el grano esté completamente seco, con una humedad de alrededor del 15%. Antes de iniciar la trilla, es fundamental verificar que la máquina trilladora esté completamente limpia, libre de granos o residuos de cosechas anteriores. Asimismo, los sacos utilizados deben estar exentos de cualquier residuo. (Coronel & Jiménez, 2011)

7.16.8 Trilla

La trilla se puede llevar a cabo de dos maneras:

- **Manual:** En algunos casos, se emplea la ayuda de animales para presionar los haces extendidos en la era, la trilla manual puede producir entre 15 y 40 kg de producto por hora. (LLumitaxi, 2024)
- **Mecanizada:** Se utiliza una trilladora estacionaria, la cual debe ser limpiada con una escoba antes de comenzar a evitar la mezcla con otras variedades. Después de la trilla, el grano debe limpiarse, secarse y clasificarse antes de ser recolectado en sacos para su comercialización.(LLumitaxi, 2024)

7.16.9 Labores post- cosecha

Después de cosechar el grano de trigo, es fundamental proceder con su secado para preservar su calidad y prevenir el crecimiento de moho y la infestación de plagas. Este proceso generalmente se realiza extendiendo el grano sobre una superficie de cemento, lo cual facilita una deshidratación uniforme.

7.16.10 Limpieza y clasificación

La semilla debe estar completamente libre de impurezas para ser clasificada según su tamaño. Para lograr esta clasificación, se emplean dos tipos de zarandas:

- **Zaranda de 5 mm:** Esta zaranda retiene las impurezas de mayor tamaño, permitiendo que tanto los granos grandes (gruesos) como los pequeños (delgados) pasen a través de ella.
- **Zaranda de 3 mm:** Esta zaranda retiene los granos grandes (gruesos) y permite el paso de los granos pequeños (delgados), que no son aptos para ser utilizados como semillas debido a su tamaño reducido. (LLumitaxi, 2024)

7.16.11 Ensacado e identificación de semilla

El grano debe ser colocado en sacos limpios, diferenciando claramente entre el grano destinado para la comercialización y el que se utilizará como semilla. En el caso de las semillas, es esencial una identificación detallada que incluya la siguiente información: nombre del cultivo, nombre de la variedad, fecha de cosecha y peso.(Monsalve & Villagrán, 2021a)

7.16.12 Almacenamiento

Si se almacena en sacos, se recomienda colocarlos sobre tablas o tarimas, dejando una separación de 10 cm entre los sacos y las paredes para evitar que las semillas absorban la humedad. Uno de los principales problemas en el almacenamiento es la presencia del gorgojo, también conocido como "redondilla", que está ampliamente difundido en todas las áreas maiceras del callejón interandino. (Monsalve & Villagrán, 2021b)

Este gorgojo puede encontrarse en el grano almacenado del ciclo anterior o en las mazorcas que han permanecido secándose en el campo por mucho tiempo y han sido atacadas por pájaros o tienen mala cobertura. Cuando estas mazorcas ingresan al área de almacenamiento junto con las mazorcas sanas, facilitan la diseminación de la plaga, lo que puede ocasionar un daño total del grano.(Monsalve & Villagrán, 2021b)

7.17 Variables agronómicas y morfológicas

7.17.1 Vigor de la planta

La evaluación del vigor en cultivos tiene como objetivo analizar la expresión genética de cada variedad, considerando indicadores como el tamaño de las plantas y hojas, la densidad de población, la tasa de crecimiento y la resistencia a enfermedades y plagas. Este proceso implica

la selección de parcelas representativas, la medición sistemática de parámetros de crecimiento, el análisis de datos comparativos y la observación continua del desarrollo del cultivo. La información obtenida es esencial para seleccionar variedades robustas, optimizar prácticas agronómicas, guiar programas de mejoramiento genético y promover la sostenibilidad agrícola. (Ponce et al., 2019)

7.17.2 Habito de crecimiento o porte

La forma en que crece la planta durante su desarrollo inicial es fundamental y se evalúa observando el tallo y la disposición de las hojas. Esta evaluación se realiza utilizando tres nomenclaturas: erecto, semierecto y postrado, las cuales describen la postura de la planta. El análisis se basa en la escala de Zadoks, que clasifica el desarrollo de las plantas desde la etapa Z20 hasta Z29, correspondiente a la fase de macollamiento. Es crucial llevar a cabo esta observación sistemática para determinar el vigor y la salud del cultivo, lo que permite tomar decisiones informadas sobre el manejo agronómico y la selección de variedades más adecuadas para optimizar la producción y calidad del cultivo. (LLumitaxi, 2024)

7.17.3 Días al espigamiento

El parámetro de días al espigamiento se refiere al número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de las espigas en las plantas de la parcela. Este parámetro es influenciado por diversos factores como la altitud, las condiciones climáticas, la sequía, los cambios bruscos de temperatura, las temperaturas extremas, la alta humedad, la nubosidad y la duración del fotoperíodo. (Ponce et al., 2019)

7.17.4 Altura de planta

Este parámetro se refiere al tamaño final que la planta ha alcanzado al completar su desarrollo. Se mide desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, utilizando una regla y excluyendo las aristas. La evaluación se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su madurez comercial, es decir, en el momento de la cosecha. (Ponce et al., 2019)

Factores a considerar:

Tabla 6: Factores a considerar para altura de planta

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

Fuente: (LLumitaxi, 2024)

7.17.5 Tamaño de espiga

El parámetro de tamaño final de la espiga se refiere a la longitud que esta ha alcanzado al completar el desarrollo del cultivo. Esta medida es crucial, ya que indica el potencial

productivo de la planta. Para obtener esta medida, se utiliza una regla para medir desde la base de la espiga hasta su extremo, excluyendo las aristas. Este proceso de evaluación se lleva a cabo cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, justo en el momento de la cosecha. Evaluar el tamaño final de la espiga proporciona información valiosa sobre la salud del cultivo, la efectividad de las prácticas agronómicas implementadas y el rendimiento esperado. (Ponce et al., 2019)

Factores a considerar:

Tabla 7 : Factores a considerar tamaño de espiga

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

Fuente: (LLumitaxi, 2024)

7.17.6 Peso de la espiga

El peso de la espiga se determina seleccionando una o dos espigas, cortándolas cuidadosamente y luego pesándolas en una balanza de precisión.

7.17.7 Número de granos por espiga

Este parámetro se refiere al número de granos que la espiga ha desarrollado completamente. Para evaluar esto, se seleccionan al azar al menos 10 espigas y se cuenta manualmente el número de granos llenos en cada una, calculando posteriormente un promedio. Esta evaluación se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su madurez comercial, es decir, en el momento de la cosecha. Este conteo es fundamental, ya que es uno de los indicadores clave para estimar la productividad del cultivo. (Ponce et al., 2019)

Factores a considerar:

Tabla 8: Factores a considerar número de granos por espiga

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

Fuente: (LLumitaxi, 2024)

7.17.8 Rendimiento

Este es el parámetro más crucial a evaluar, ya que nos indica la producción potencial de grano que cada material puede alcanzar. Este valor se expresa en gramos por parcela (g parcela^{-1}) y puede transformarse a kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}) para calcular el rendimiento potencial estimado. Para ello, se debe pesar la producción total de cada unidad experimental previamente definida. Es importante que el grano esté limpio y tenga un contenido de humedad del 13% al momento de la medición. (Ponce et al., 2019)

Factores que afectan:

Tabla 9: Factores que afectan bióticos y abióticos

Factores bióticos	Enfermedades y plagas
Factores abióticos	Clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes, pH, granizada, helada, etc.

7.17.9 Peso de materia seca

La evaluación del parámetro de peso de materia seca se lleva a cabo una vez que el cultivo de trigo ha alcanzado su ciclo completo. En esta etapa, todas las plantas germinadas de trigo se extraen cuidadosamente de las macetas. Posteriormente, las plantas se secan hasta alcanzar un contenido de humedad constante, asegurando que la medición refleje solo la masa seca. Una vez secas, las plantas se pesan utilizando una balanza de precisión para obtener un valor exacto del peso de la materia seca. Este procedimiento es crucial para determinar la biomasa total producida por el cultivo y evaluar su rendimiento agronómico.

7.17.10 Tipo y color de grano

La calificación del grano se basa en una evaluación exhaustiva de su color, forma, tamaño, uniformidad y la presencia de cualquier daño. Esta evaluación se lleva a cabo una vez que el grano ha sido completamente secado, asegurando así la precisión en la valoración de sus características físicas. (Ponce et al., 2019)

Factores que lo afectan:

Tabla 10: Factores que afectan al tipo de grano

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

7.17.11. Variedad

Una variedad vegetal se define como una planta completa, o partes de una planta que pueden regenerar una planta completa, perteneciente a un único taxón botánico, que es un grupo de organismos reconocidos como una unidad. Esta variedad debe exhibir características uniformes, estables y distintivas, y se clasifica dentro del rango taxonómico más bajo conocido. (Afonso Dorta & Ramón Fernández, 2022)

Existen diferentes tipos de cultivares para plantas autógamias y alógamas. En las plantas autógamias, una variedad se refiere a un cultivo homocigoto, mientras que en las especies alógamas, una variedad es un cultivo de polinización abierta. (LLumitaxi, 2024)

7.17.12. Variedad Mejorada

Las variedades mejoradas resultan de un proceso de mejoramiento genético. La siembra de estas variedades ofrece un mayor potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades, lo que reduce la necesidad de fungicidas y, en consecuencia, disminuye los costos de producción. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), s.f.)

El desarrollo de una nueva variedad mejorada implica un extenso periodo de investigación que puede abarcar de 12 a 15 años. Este proceso involucra a un equipo multidisciplinario compuesto por genetistas, fitopatólogos, entomólogos, fisiólogos y especialistas en semillas, entre otros profesionales. En ciertos casos, el tiempo requerido puede ser aún mayor, lo que complica la liberación de las nuevas variedades. (LLumitaxi, 2024)

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

Tabla 11: Características principales de las variedades INIAP

Fuente: (LLumitaxi, 2024), (Urbano et al, n.d.), (Rivadeneira et al, n.d.), (David, 2022), (Tenesaca, 2021)

VARIEDAD	ALTITUD	CICLO VEGETATIVO	DIAS AL ESPIGAMIENTO	PAJA	ALTURA DE PLANTA	RESISTENCIA A ENFERMEDADES	ESPIGA	COLOR	RENDIMIENTO
INIAP AMAZONAS 69	2000 a 2800 msnm	150	80-90 días	Paja fuerte y corta	0.90- 1.10		Con barba	Café	4247 kg/ha
INIAP ATACAZO 69	Bajo los 2800 msnm	160 días	85-90 días	Paja fuerte	1 a 1.20 m	Puccinia glumarum, Puccinia graminis y Puccinia triticina			3975 kg/ha
INIAP RUMIÑAHUI 69	2000 a 3000 msnm	150 días	78 a 85 días	Paja corta		Polvillo o royas	Con Barba blanca		3549 kg/ha
INIAP ROMERO 73	2000 a 2900 msnm	150 días	85-90 días	Fuerte resistente a vuelco.	100 cm	Polvillo amarillo y del tallo Moderadamente a la roya	Mutica (sin barbas) de color blanco		3992 kg/ha
INIAP ANTISANA 78	2500 a 2700 msnm	163 días	79 a 85 días	Fuerte resistente a vuelco.	90 cm	Roya de hoja, roya de tallo y roya amarilla	Con barbas de color blanco	Café claro	3992 kg/ha
INIAP CHIMBORAZO 78	2800 a 3200 msnm	180 días	85-90 días	Fuerte resistente a vuelco.	100 cm	Roya de hoja, roya de tallo y roya amarilla	Mutica (sin barbas) de color blanco	Café oscuro	4999.55 kg/ha
INIAP ALTAR 82	2500 a 3200 msnm	180 – 195 días	80 a 85 días		100-110 cm	Roya amarilla o roya de la gluma	Barbada de color blanca	Rojo	3628.74 kg/ha
INIAP TUNGUTAHUA 82	2300 a 3200 msnm	165 – 175 días	85-90 días		100-110 cm		Barbada de color café	Rojo	3628 kg/ha
INIAP COTOPAXI 88	2500 a 3200 msnm	180 días	85-90 días		90 - 105 cm		Barbada de color blanco marfil		2721.55 kg/ha
INIAP COJITAMBO 92	2500 a 3200 msnm	175 a 185 días	85 a 90 días		80 - 90 cm		Barbada de color blanco		4000 kg/ha
INIAP QUILINDAÑA 94	2800 a 3200 msnm	185 a 190 días	80 a 85 días		80 - 90 cm		Barbada de color blanco marfil	Rojo	4516 kg/ha
INIAP SANGAY 94	2800 a 3200 msnm	181 a 186 días	78 a 85 días		105- 120 cm		Barbada de color blanco	Ambar	2371 kg/ha
INIAP COTACACHI 98	2800 a 3200 msnm	170 días	85 a 90 días		95 - 120 cm		Color blanco-ambar		3220 kg/ha
INIAP ZHALAO 2023	2800 a 3200 msnm	180 días	85 a 90 días		85 - 95 cm		Barbada de color blanco		4700 kg/ha
INIAP MIRADOR 2010	2200 a 3000 msnm	150 días	80 a 85 días		92 cm		Barbada compactada		4000 kg/ha
INIAP SAN JACINTO 2010	2200 a 3000 msnm	160 días	80 a 85 días		88 cm		Barbada compactada	Blanco	4000 kg/ha
INIAP VIVAR 2010	2400 a 3000 msnm	160 días	80 a 90 días		85 a 95 cm		Barbada compactada	Blanco	5000 a 6000 kg/ha
INIAP IMBABURA 2014	2000 a 3000 msnm	180 días	85 días		105 cm		Compactada	Rojo	4000 kg/ha

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024)

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Pregunta de investigación

¿Se puede evaluar la tolerancia a la sequía de variedades de trigo mediante la dotación de diferentes láminas de riego?

8.2 Hipótesis Nula

Las variedades de trigo en estudio no toleran la sequia

8.3 Hipótesis alternativa

Las variedades de trigo en estudio toleran la sequia

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Área De Estudio

El presente proyecto se realizó en el invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP ubicado en la Parroquia Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, con una altitud de 3058 msnm, latitud 0022' Sur, Longitud 78 33' Oeste. Donde se implementó el tema de investigación mencionado en el invernadero donde se encuentran sembradas 108 macetas con 18 diferentes variedades de trigo.

Tabla 12: Características del lugar de estudio

UBICACIÓN	DESCRIPCION
PROVINCIA	Pichincha
CANTON	Mejía
PARROQUIA	Cutuglahua
UBICACIÓN GEOGRAFICA	
ALTITUD	3058 msnm
LONGITUD	78°33' O
LATITUD	00°22' S

Fuente: (LLumitaxi, 2024)

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024)



Fuente: Google Earth

9.2 Tipo de investigación

9.2.1 Experimental

Mi investigación es de tipo experimental. Un estudio experimental se caracteriza por la manipulación y control de variables para determinar sus efectos en un fenómeno específico.

(Ramos-Galarza, 2021). En este caso, mi proyecto se enfoca en evaluar la tolerancia a la sequía de 18 variedades de trigo liberadas por el INIAP.

9.2.2 Cuantitativa

Es la recolección y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis. (Monje Álvarez, 2011)

9.3 Especificaciones del campo experimental

9.3.1 Diseño experimental

Para ello, utilizo un diseño de parcelas divididas, este diseño se denomina de parcelas divididas (DPD) porque típicamente asocia uno de los factores con unidades experimentales de mayor tamaño, conocidas como parcelas principales. Dentro de cada parcela principal, se identifican "subparcelas" o parcelas más pequeñas, a las cuales se asigna al azar el segundo factor. (Gutierrez Liñan, 2019).

Para el análisis estadístico, se llevará a cabo la prueba de Kolmogorov al 5%. Por ejemplo, para las variables altura de la planta, rendimiento, peso seco, peso de la espiga, número de granos, número de macollos y tamaño de espiga, se realizará un análisis de varianza (ANOVA). Sin embargo, para las variables vigor, hábito de crecimiento, días al espigamiento, tipo y color de grano, se utilizará una tabla de promedios, es decir, se empleará una estadística descriptiva.

9.3.2 Esquema de ADEVA

Tabla 13: Modelo para parcelas divididas

Modelo para parcelas divididas

Repetición o bloque

Factor A / Repetición* Factor A

Factor A * Bloque

Factor B

Factor A * Factor B

Fuente: (Rienzo et al., 2010)

9.3.3 Factores en estudio

9.3.3.1 Láminas de riego

- **L1:** Esta lámina de riego se administrará en las parcelas designadas, asegurando que estas alcancen y mantengan la **Capacidad de Campo** óptima, lo cual es crucial para evaluar el impacto del estrés hídrico en las variedades de trigo seleccionadas.
- **L2:** En esta lámina de riego, se aplicará únicamente el 10% de la **Capacidad de Campo**. Este nivel de riego reducido se utilizará para simular condiciones de estrés hídrico severo, permitiendo evaluar la tolerancia a la sequía en las diferentes variedades de trigo.

- **Variedades de trigo**

Las semillas de trigo de las 18 variedades fueron suministradas por el programa de cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), incluyendo las siguientes:

Tabla 14: 18 Variedades de Trigo

INIAP-AMAZONAS 69
INIAP-ATACAZO 69
INIAP-RUMIÑAHUI 69
INIAP-ROMERO 73
INIAP-ANTISANA 78
INIAP-CHIMBORAZO 78

INIAP-ALTAR 82
INIAP-TUNGURAHUA 82
INIAP-COTOPAXI 88
INIAP-COJITAMBO 92
INIAP-QUILINDAÑA 94
INIAP -SANGAY 94
INIAP-COTACACHI 98
INIAP-ZHALAO 2003
INIAP-MIRADOR 2010
INIAP-SAN JACINTO 2010
INIAP-VIVAR 2010
INIAP-IMBABURA 2014

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024)

9.3.4 Tratamientos

Tabla 15: *Tratamientos, Lamina de riego y variedad*

TRATAMIENTO	LAMINA Y VARIEDAD	VARIEDAD
T1	L1V1	INIAP-AMAZONAS 69
T2	L1V2	INIAP-ATACAZO 69
T3	L1V3	INIAP-RUMIÑAHUI 69
T4	L1V4	INIAP-ROMERO 73
T5	L1V5	INIAP-ANTISANA 78
T6	L1V6	INIAP-CHIMBORAZO 78
T7	L1V7	INIAP-ALTAR 82
T8	L1V8	INIAP-TUNGURAHUA 82
T9	L1V9	INIAP-COTOPAXI 88

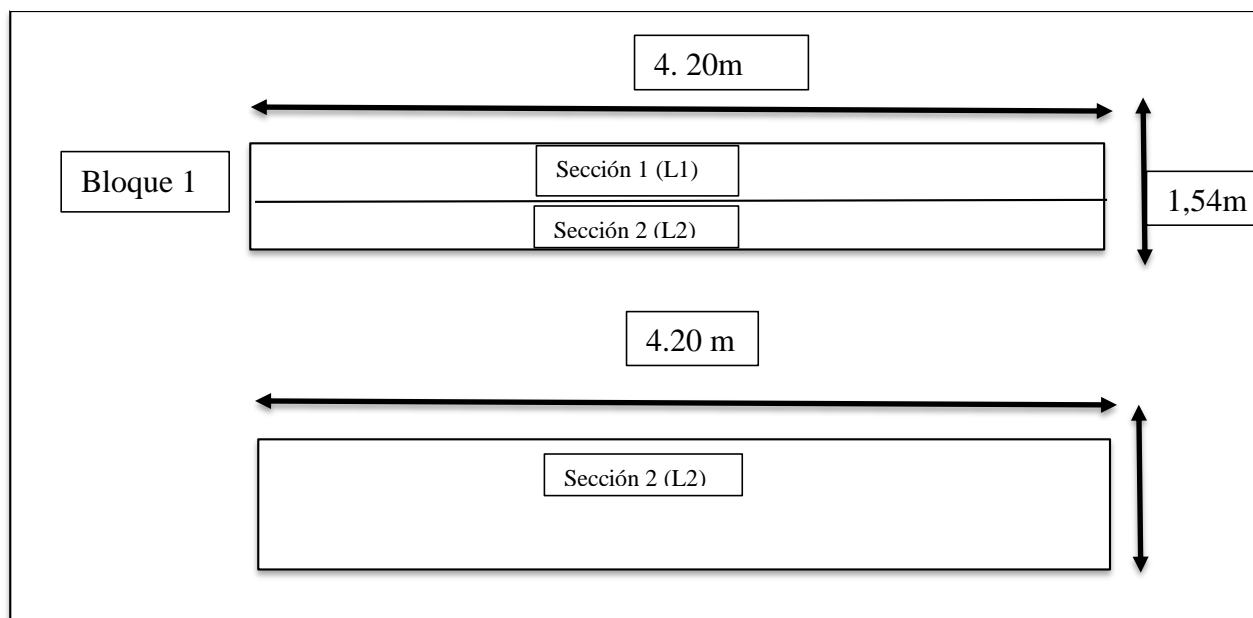
T10	L1V10	INIAP-COJITAMBO 92
T11	L1V11	INIAP-QUILINDAÑA 94
T12	L1V12	INIAP -SANGAY 94
T13	L1V13	INIAP-COTACACHI 98
T14	L1V14	INIAP-ZHALAO 2003
T15	L1V15	INIAP-MIRADOR 2010
T16	L1V16	INIAP-SAN JACINTO 2010
T17	L1V17	INIAP-VIVAR 2010
T18	L1V18	INIAP-IMBABURA 2014
T19	L2V1	INIAP-AMAZONAS 69
T20	L2V2	INIAP-ATACAZO 69
T21	L2V3	INIAP-RUMIÑAHUI 69
T22	L2V4	INIAP-ROMERO 73
T23	L2V5	INIAP-ANTISANA 78
T24	L2V6	INIAP-CHIMBORAZO 78
T25	L2V7	INIAP-ALTAR 82
T26	L2V8	INIAP-TUNGURAHUA 82
T27	L2V9	INIAP-COTOPAXI 88
T28	L2V10	INIAP-COJITAMBO 92
T29	L2V11	INIAP-QUILINDAÑA 94
T30	L2V12	INIAP -SANGAY 94
T31	L2V13	INIAP-COTACACHI 98
T32	L2V14	INIAP-ZHALAO 2003
T33	L2V15	INIAP-MIRADOR 2010

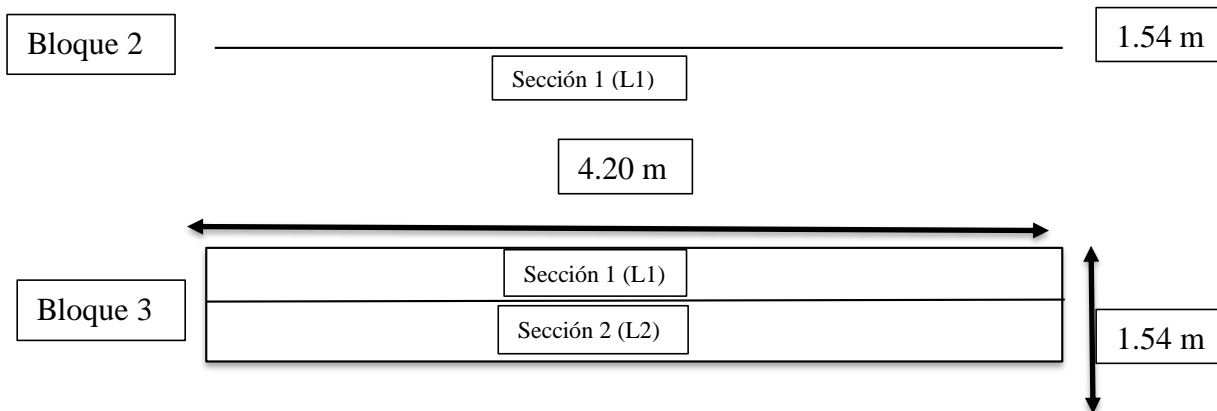
T34	L2V16	INIAP-SAN JACINTO 2010
T35	L2V17	INIAP-VIVAR 2010
T36	L2V18	INIAP-IMBABURA 2014

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024)

9.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y NETA

Ilustración 1: Distribución de la parcela experimental en Invernadero





Unidades Experimentales: 108

Parcela Bruta: 4,20m×1,54m= **6,468m²**

Parcela Neta: Area neta=3,80m×1,14m= **4,332m²**

9.4.1 Diseño de la parcela en invernadero

Tabla 16: Diseño de la parcela en invernadero

M: macetas
T: Tratamientos
L1 o L2: Láminas de riego
V1.....V18: Variedades de trigo

REPETICION 1

	M1 T1 L1V1	M2 T2 L1V2	M3 T3 L1V3	M4 T4 L1V4	M5 T5 L1V5	M6 T6 L1V6	
	M12 T12 L1V12	M11 T11 L1V11	M10 T10 L1V10	M9 T9 L1V9	M8 T8 L1V8	M7 T7 L1V7	
I	M13 T13 L1V13	M14 T14 L1V14	M15 T15 L1V15	M16 T16 L1V16	M17 T17 L1V17	M18 T18 L1V18	36 macetas
	M24 T24 L2V6	M23 T23 L2V5	M22 T22 L2V4	M21 T21 L2V3	M20 T20 L2V2	M19 T19 L2V1	

M25 T25 L2V7	M26 T26 L2V8	M27 T27 L2V9	M28 T28 L2V10	M29 T29 L2V11	M30 T30 L2V12
M36 T36 L2V18	M35 T35 L2V17	M34 T34 L2V16	M33 T33 L2V15	M32 T32 L2V14	M31 T31 L2V13

REPETICION 2

	M37 T29 L2V11	M38 T32 L2V14	M39 T20 L2V2	M40 T33 L2V15	M41 T23 L2V5	M42 T24 L2V6	
	M48 T31 L2V13	M47 T25 L2V7	M46 T28 L2V10	M45 T35 L2V17	M44 T30 L2V12	M43 T34 L2V16	
II	M49 T21 L2V3	M50 T26 L2V8	M51 T22 L2V4	M52 T19 L2V1	M53 T27 L2V9	M54 T36 L2V18	36 macetas
	M60 T15 L1V15	M59 T2 L1V2	M58 T4 L1V4	M57 T18 L1V18	M56 T3 L1V3	M55 T1 L1V1	
	M61 T11 L1V11	M62 T16 L1V16	M63 T6 L1V6	M64 T9 L1V9	M65 T8 L1V8	M66 T12 L1V12	
	M72 T10 L1V10	M71 T13 L1V13	M70 T7 L1V7	M69 T14 L1V14	M68 T17 L1V17	M67 T5 L1V5	

REPETICION 3

M73 T6 L1V6	M74 T2 L1V2	M75 T5 L1V5	M76 T8 L1V8	M77 T14 L1V14	M78 T3 L1V3
M84 T15 L1V15	M83 T1 L1V1	M82 T12 L1V12	M81 T4 L1V4	M80 T16 L1V16	M79 T7 L1V7

III	M85 T18 L1V18	M86 T11 L1V11	M87 T17 L1V17	M88 T10 L1V10	M89 T13 L1V13	M90 T9 L1V9	36 macetas
	M96 T30 L2V12	M95 T28 L2V10	M94 T31 L2V13	M93 T35 L2V17	M92 T22 L2V4	M91 T27 L2V9	
	M97 T25 L2V7	M98 T33 L2V15	M99 T29 L2V11	M100 T32 L2V14	M101 T23 L2V5	M102 T34 L2V16	
	M108 T20 L2V2	M107 T24 L2V6	M106 T19 L2V1	M105 T26 L2V8	M104 T21 L2V3	M103 T36 L2V18	

Elaborado por: (Wendy Tigse, 2024)

9.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

9.5.1 Observación en invernadero

Es de suma importancia realizar esta observación para poder conocer el estado de las plantas y las condiciones del invernadero.

9.5.2 Selección de muestras

Se realiza una selección de plantas dentro de cada bloque para evaluar las características de las plantas en diferentes láminas. Este muestreo permite comparar y analizar las condiciones de crecimiento en ambas láminas de riego.

9.5.3 Registro de datos

El registro de datos se llevó a cabo utilizando una libreta de campo para anotar los diferentes resultados. Además, empleamos el software Excel para almacenar y organizar estos mismos datos de manera sistemática.

9.5.4 Análisis Estadístico

Con los datos registrados en el libro de campo para los diferentes tratamientos, se procedió a realizar las tabulaciones en Excel. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando el programa Infostat. Este proceso permitió organizar y analizar de manera sistemática

la información obtenida, facilitando la interpretación de los resultados y la comparación de las variables estudiadas en el experimento.

9.5.5 Fisher LSD

El test exacto de Fisher se utiliza para determinar si existe una asociación entre dos variables dicotómicas cuando la muestra es demasiado pequeña y no se cumplen los requisitos necesarios para aplicar otros tests estadísticos. (Fernández, 2024).

Esta prueba ofrece la ventaja de evaluar si una muestra proviene de una población con una distribución de probabilidad que tiene una media y desviación estándar específicas, sin necesidad de que dicha distribución sea necesariamente normal. (Molina, 2022).

9.5.6 Análisis de la varianza

El análisis de varianza (ANOVA) facilita la evaluación del impacto de una o más variables o categorías sobre un conjunto de datos. Cada "tratamiento" puede estar compuesto por múltiples observaciones o, en su defecto, tener solo una observación por tratamiento. (Fallas, 2014)

9.5.7 Cuadro Descriptivo

Se emplean tablas o matrices para organizar y examinar los datos, facilitando así la estructuración de la información. (Minta, 2024)

9.6 METODOLOGIA DEL EXPERIMENTO

- **Objetivo 1:**

9.6.1 Adecuación del Experimento

Para la adecuación del experimento, realizamos una limpieza exhaustiva del invernadero donde se colocarían las 108 macetas. Estas macetas habían sido previamente lavadas y desinfectadas minuciosamente para asegurar un ambiente libre de contaminantes y patógenos. Esta preparación rigurosa es esencial para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio de las variedades de trigo bajo condiciones controladas.

9.6.2 Utilización de semillas

Para la selección de semillas, utilizamos las semillas proporcionadas por el INIAP de las 18 variedades mejoradas de trigo disponibles. Estas semillas fueron cuidadosamente elegidas para asegurar la validez y precisión del experimento, permitiéndonos evaluar adecuadamente la tolerancia a la sequía en condiciones controladas de invernadero.

9.6.3 Preparación del sustrato

Para la preparación del suelo, primero se seleccionó un sustrato con abonadura orgánica (estiércol de vaca), el cual fue obtenido de la ganadería del INIAP. Se realizó una limpieza exhaustiva del sustrato, esparciéndolo sobre las mesas del invernadero para eliminar todas las impurezas. Posteriormente, se dispusieron 2000 kg de sustrato en cada maceta, asegurando la uniformidad mediante el uso de una balanza calibrada en kilogramos por último se saturó de agua a cada maceta para que al siguiente día podamos sembrar. Este procedimiento garantizó que cada maceta contara con la misma cantidad de sustrato, proporcionando condiciones homogéneas para el crecimiento de las plantas.

9.6.4 Instalación del ensayo dentro del invernadero

Para la preparación de las parcelas dentro del invernadero, se realizó una codificación detallada utilizando el software Excel. Este proceso permitió etiquetar cada maceta de manera precisa, diferenciando entre las parcelas con lámina de riego 1 (Capacidad de Campo, CC) y lámina de riego 2 (10% CC). Se dispusieron 36 macetas en cada bloque del invernadero, distribuidas en 18 macetas por sección, totalizando 108 macetas o unidades experimentales. Este sistema de codificación y etiquetado aseguró una organización clara y un seguimiento preciso de las condiciones de riego aplicadas a cada unidad experimental.

9.6.5 Fertilizante

Antes de proceder con la siembra, se aplicó un fertilizante con la fórmula 15-30-10 (Nitrógeno-Fósforo-Potasio) al sustrato. Este paso fue esencial para asegurar un suministro adecuado de nutrientes esenciales durante las primeras etapas de crecimiento de las plantas. Posteriormente fue removido en el sustrato para que este no se quede en la superficie.

9.6.6 Siembra

Una vez que tenemos las semillas de las 18 variedades mejoradas del INIAP y etiquetadas las macetas con la información correspondiente a la lámina de riego, número de surco, tratamiento y repetición, cada maceta fue colocada en su posición designada según lo descrito anteriormente.

A continuación, se procedió a la siembra, colocando cinco semillas por maceta a una profundidad de 3 centímetros. Después de la siembra, las semillas fueron cubiertas con una fina capa de sustrato. Este método asegura un plantado uniforme y facilita el seguimiento de las condiciones experimentales establecidas.

9.6.7 Riego

Una vez completados estos pasos y clasificadas las macetas aplicaremos las láminas de riego correspondientes:

- Lámina de riego 1 = 100% de humedad
- Lámina de riego 2 = 10% déficit hídrico

El riego se realizó de acuerdo a la lámina establecida para 100% de humedad de capacidad de campo que se realizaba a través de la diferencia de pesos entre lecturas, la cantidad de pérdida de peso es igual a la cantidad de agua al aplicarse, determinada la diferencia para llegar a capacidad de campo se calcula la lámina del 10% de capacidad y aplicamos en los tratamientos de la lámina 2. (Anexo 1)

Cuando faltaban 3 semanas para la cosecha se dejó de poner agua para que el trigo se pueda secar esto se llevó un registro detallado en Excel para documentar estos datos y asegurar un control preciso de las condiciones experimentales.

9.6.8 Control de malezas

Como ocurre en cualquier cultivo, surgieron malezas en las macetas. Se realizó la eliminación de estas plantas no deseadas cada vez que se observaba su presencia alrededor del trigo, con el fin de evitar que compitieran por los nutrientes esenciales.

9.6.9 Aplicación de Urea

Se realizó una aplicación de urea un mes y veinte días después de la siembra. Este procedimiento se llevó a cabo únicamente como parte de las prácticas culturales y no con el propósito de fertilizar las plantas. Esta aplicación no tendría ningún efecto sobre las plantas de ninguna de las láminas de riego, asegurando que las condiciones del experimento permanecieran consistentes y controladas.

- **Objetivo 2**

9.6.10 Monitoreo y evaluación de variables

Una vez que el trigo alcanzó su estado de madurez, se procedió a recolectar los datos de cada variable experimental. Se midieron la altura de las plantas, se contaron el número de espigas y macollos, y se registró el tamaño de cada espiga. Este proceso de recolección de datos fue meticuloso y sistemático para asegurar la precisión y fiabilidad de los resultados del experimento.

9.6.11 Cosecha y trillado

Para la recolección de todos los tratamientos, fue esencial asegurarnos de que el trigo estuviera completamente seco antes de proceder. Utilizamos bolsas previamente etiquetadas con el tratamiento, la lámina y la repetición correspondiente para almacenar cada muestra cosechada, también usamos una balanza para poder llevar el registro de datos de cada tratamiento. La trilla se realizó manualmente debido a la cantidad de trigo, permitiendo un control cuidadoso del proceso. Una vez trillado, el grano se colocó en sobres más pequeños, también etiquetados con la información correspondiente para asegurar una correcta identificación.

9.7 VARIABLES

9.7.1 Vigor

Este parámetro es de carácter subjetivo y se determina a través de una evaluación visual, en la cual se compara el desarrollo general de las plantas esto nos permite hacer una evaluación cualitativa del vigor de las plantas, teniendo en cuenta aspectos como el tamaño, color y uniformidad del crecimiento (Ponce et al., 2019).

Tabla 17: 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	Plantas y hojas medianamente desarrolladas
4		Escala Intermedia
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas

Fuente : (Ponce et al., 2019)

9.7.2 Hábito de crecimiento

Para este parámetro, se empleó una escala con tres descriptores relacionados con la disposición de las hojas. (Ponce et al., 2019) Esta variable se evaluó visualizando la forma y disposición de las hojas y los tallos de la planta durante su crecimiento. (Minta, 2024)

Tabla 18: 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 et al., 2019)

9.7.3 Días al espigamiento

Para evaluar esta variable, se determinó que al menos el 50% de las espigas deben estar presentes dentro de los tratamientos. Esta observación asegura una muestra representativa y confiable de espigas para el análisis. (Ponce et al., 2019)

9.7.4 Peso materia seca

Para medir el peso de la materia seca, primero verificamos que el trigo haya completado todo su ciclo de crecimiento y esté completamente seco. Luego, cortamos los tallos de trigo desde la base y utilizamos una balanza para pesar cada unidad experimental individualmente.

9.7.4 Altura de la planta

Para medir la altura de la planta, se utilizó una regla en centímetros. Las mediciones se llevaron a cabo una vez que el grano de trigo había superado su estado lechoso, midiendo desde el suelo hasta la espiga.

9.7.5 Tamaño de espiga

Para la recolección de datos de esta variable, se utilizó una regla en centímetros. Las mediciones se realizaron desde la base de la espiga hasta su extremo, excluyendo las aristas. Se seleccionaron dos espigas por cada unidad experimental para asegurar la representatividad de las muestras.

9.7.6 Peso de la espiga

Para la variable de peso de la espiga, utilizamos una balanza calibrada en gramos para medir el peso de dos espigas, las mismas seleccionadas para la variable de tamaño de espiga. Las espigas se pesaron individualmente para garantizar precisión y consistencia en los datos obtenidos.

9.7.7 Número de grano por espiga

Para determinar el número de granos por espiga, utilizamos las mismas dos espigas seleccionadas para las variables anteriores. Realizamos un conteo manual de los granos, primero trillando y eliminando las impurezas, y luego contando la cantidad de granos presentes en cada espiga.

9.7.8 Rendimiento

Para determinar esta variable se debe tener en cuenta que el grano tenga un 13% de humedad y esté limpio. (LLumitaxi, 2024)

Para calcular el rendimiento total, se trillaron todas las espigas de cada unidad experimental, eliminando las impurezas resultantes del trillado. Luego de este proceso, se pesaron los granos utilizando una balanza calibrada en gramos para determinar el rendimiento de cada unidad experimental.

9.7.9 Pérdida de rendimiento

Para evaluar la pérdida de rendimiento, comparamos la diferencia entre la lámina de capacidad de campo (CC) y la lámina al 10% de CC. Este análisis nos permite identificar y cuantificar la pérdida de rendimiento en las distintas variedades estudiadas

9.7.10 Tipo y color de grano

Para determinar el tipo y color de grano, utilizamos el manual del INIAP, "Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales". Una vez que los granos fueron clasificados y etiquetados en sobres, se abrieron uno por uno para observar y registrar el color y tamaño de cada grano.

Según el manual del INIAP, "Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales" (Ponce et al., 2019), nos guiamos en estas escalas para determinar esta variable.

Tabla 19: *Escala de evaluación para tipo de grano en trigo.*

ESCALA	DESCRIPCIÓN
Tipo de grano	
1	Grano grueso, grande, bien formado, limpio
2	Grano mediano, bien formado, limpio
3	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.
Color de grano	
B	Blanco
R	Rojo
*	Grano de buena apariencia
+	Grano de mala apariencia

Fuente: (Ponce et al., 2019)

9.7.11. Cosecha y Trillado

Para la cosecha del trigo, se esperó a que las plantas alcanzaran su estado completo de madurez. Una vez logrado este estado, se procedió a la recolección cortando las plantas desde la base del tallo. Las plantas cosechadas se almacenaron en sobres debidamente etiquetados para evitar cualquier confusión entre las diferentes unidades experimentales.

Una vez que terminamos de cosechar empezamos con el trillado este lo realizamos de manera manual para esto usamos:

- Contenedor de metal
- Herramienta de trilla

Para realizar la trilla, se cortaron las espigas una por una y se colocaron en la herramienta de trilla. Luego, se frotaron las espigas entre las manos para liberar los granos, que cayeron en un contenedor de metal. Posteriormente, se soplaron los granos para eliminar las impurezas, asegurando que solo los granos limpios permanecieran en el contenedor.

9.7.12 Almacenamiento

Una vez registradas todas las variables faltantes, se procedió a almacenar las muestras en sobres debidamente etiquetados. Estas muestras se guardaron en el invernadero para asegurar su integridad y facilitar su posterior análisis, garantizando un almacenamiento ordenado y accesible.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

10.1.1 Medidas de resumen

10.1.1.1 Vigor de la planta

La tabla (20) muestra los valores promedio de la variable "vigor" en una escala del 1 al 5 para diferentes variedades de trigo bajo dos condiciones de riego: lámina completa (CC) y 10% menos de lámina completa (%10 CC).

Bajo la condición de lámina completa CC, la mayoría de las variedades tienen un vigor considerado "bueno" (1-2), lo que indica plantas grandes y bien desarrolladas. En cambio, bajo la condición de 10% menos de lámina, el vigor disminuye, y la mayoría de las variedades caen en la categoría "regular" (3-4), mostrando plantas medianamente desarrolladas. El promedio general del vigor en la tabla es **2,6**, lo que indica que, en general, las plantas tienden a ser de desarrollo regular cuando se considera ambas condiciones de riego.

La variedad INIAP-AMAZONAS 69, INIAP-RUMIÑAHUI 69 bajo la condición de lámina completa (CC) son las mejores en términos de vigor, ya que tiene un promedio de 1 en la escala, indicando plantas grandes y bien desarrolladas. Esta variedad muestra el mayor vigor y se clasifica como "bueno" en la evaluación.

En la condición de 10% menos de lámina completa (%10 CC), la variedad INIAP-AMAZONAS 69 sigue siendo una de las mejores opciones aunque su promedio baje a 3, aunque también hay más variedades como: INIAP-ATACAZO 69, INIAP-COTACACHI 98,

INIAP-MIRADOR 2010. A pesar de la reducción en el riego, estas variedades mantienen un vigor regular, lo que sugiere que son relativamente resistente a la disminución del agua en comparación con otras variedades que caen en promedios más altos (3.5 o 4).

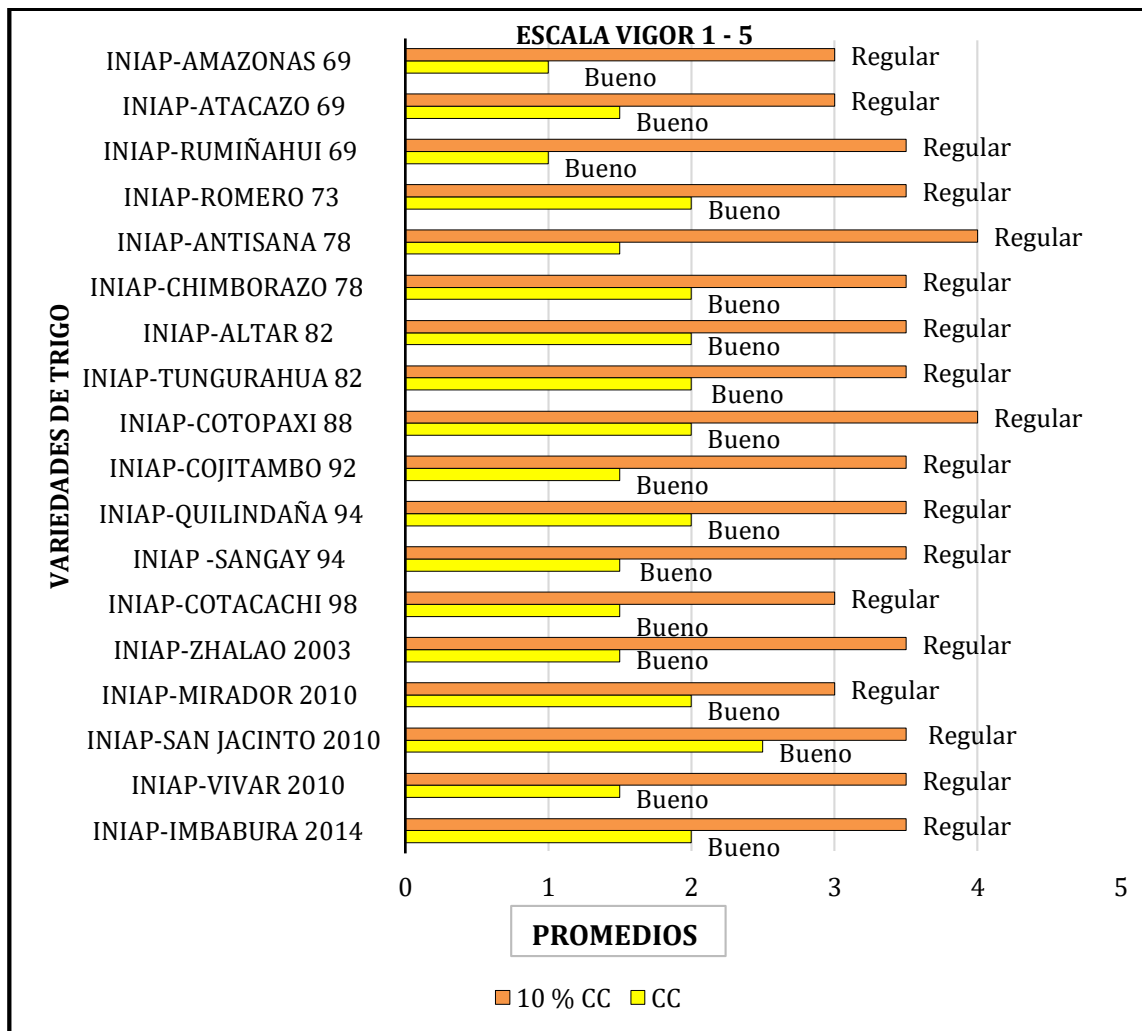
Tabla 20: Promedios para la variable vigor

Tratamientos	Lamina	VARIEDAD	Promedio Escala 1-5	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-AMAZONAS 69	1	1	1
T2	CC	INIAP-ATACAZO 69	1,5	1	2
T3	CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	1	1	1
T4	CC	INIAP-ROMERO 73	2	2	2
T5	CC	INIAP-ANTISANA 78	1,5	1	2
T6	CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	2	2	2
T7	CC	INIAP-ALTAR 82	2	2	2
T8	CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	2	2	2
T9	CC	INIAP-COTOPAXI 88	2	2	2
T10	CC	INIAP-COJITAMBO 92	1,5	1	2
T11	CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	2	2	2
T12	CC	INIAP -SANGAY 94	1,5	1	2
T13	CC	INIAP-COTACACHI 98	1,5	1	2
T14	CC	INIAP-ZHALAO 2003	1,5	1	2
T15	CC	INIAP-MIRADOR 2010	2	2	2
T16	CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	2,5	2	3
T17	CC	INIAP-VIVAR 2010	1,5	1	2
T18	CC	INIAP-IMBABURA 2014	2	2	2
T19	%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	3	3	3
T20	%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	3	3	3
T21	%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	3,5	3	4
T22	%10 CC	INIAP-ROMERO 73	3,5	3	4
T23	%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	4	4	4
T24	%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	3,5	3	4
T25	%10 CC	INIAP-ALTAR 82	3,5	3	4
T26	%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	3,5	3	4
T27	%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	4	4	4
T28	%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	3,5	3	4
T29	%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	3,5	3	4
T30	%10 CC	INIAP -SANGAY 94	3,5	3	4
T31	%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	3	3	3
T32	%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	3,5	3	4
T33	%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	3	3	3
T34	%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	3,5	3	4
T35	%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	3,5	3	4
T36	%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	3,5	3	4
PROMEDIO			2,6		

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.1.1.2 Gráfico de variable VIGOR

Figura 6: Grafico de la tabla tukey al 5% de la interaccion de lamina por variedad en la variable vigor



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.1.1.3 Hábito de crecimiento

La tabla (21) muestra el hábito de crecimiento de diferentes variedades de trigo bajo dos condiciones de riego, evaluadas en una escala del 1 al 3 (1: erecto, 2: Semierecto, 3: Acame).

Las variedades INIAP-COTACACHI 98 y INIAP-MIRADOR 2010 destacan por tener un hábito erecto en ambas condiciones, lo que sugiere hojas dispuestas verticalmente. En general, la

mayoría de las variedades muestran un crecimiento entre erecto e intermedio, con un promedio general de 1.4.

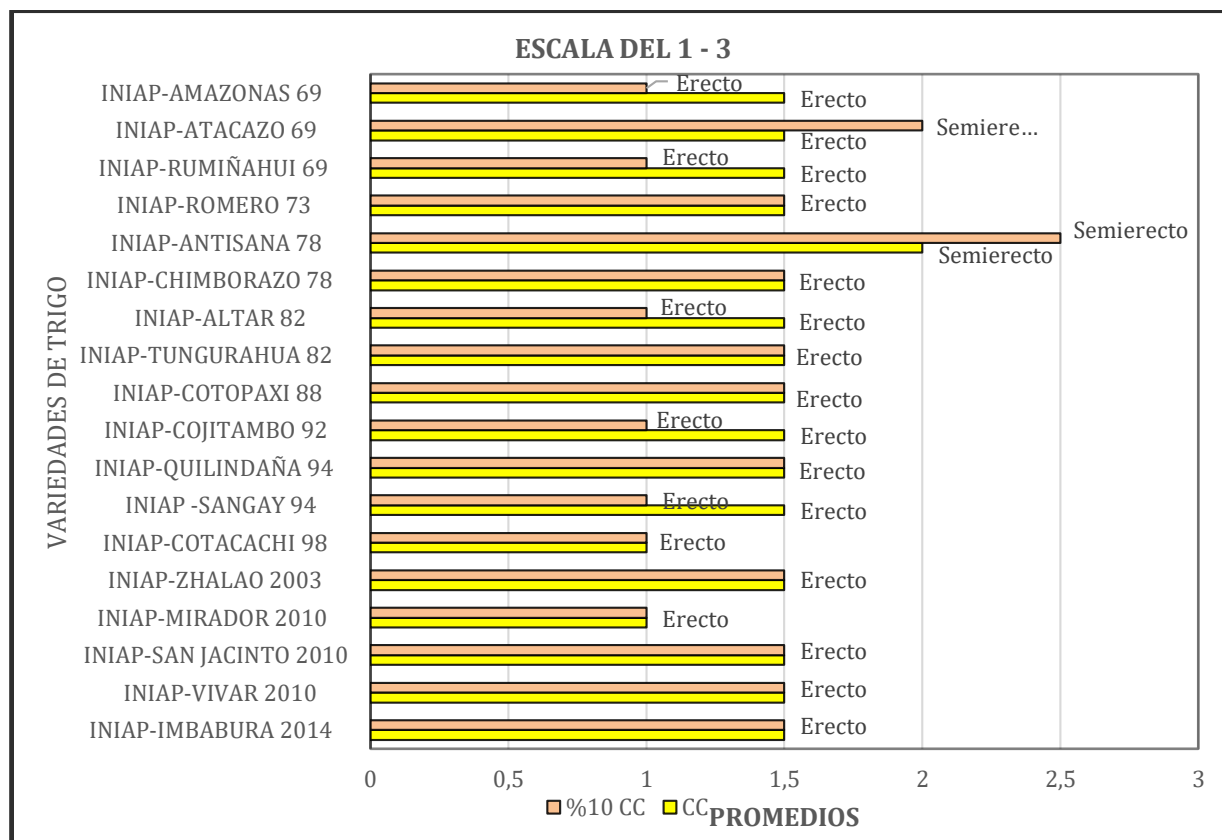
Tabla 21: Promedios de la variable habito de crecimiento

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Tratamientos	Lámina (L)	VARIEDAD	Promedio Escala 1-3	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-AMAZONAS 69	1,5	1	2
T2	CC	INIAP-ATACAZO 69	1,5	1	2
T3	CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	1,5	1	2
T4	CC	INIAP-ROMERO 73	1,5	1	2
T5	CC	INIAP-ANTISANA 78	2	1	3
T6	CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1,5	1	2
T7	CC	INIAP-ALTAR 82	1,5	1	2
T8	CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	1,5	1	2
T9	CC	INIAP-COTOPAXI 88	1,5	1	2
T10	CC	INIAP-COJITAMBO 92	1,5	1	2
T11	CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	1,5	1	2
T12	CC	INIAP -SANGAY 94	1,5	1	2
T13	CC	INIAP-COTACACHI 98	1	1	1
T14	CC	INIAP-ZHALAO 2003	1,5	1	2
T15	CC	INIAP-MIRADOR 2010	1	1	1
T16	CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	1,5	1	2
T17	CC	INIAP-VIVAR 2010	1,5	1	2
T18	CC	INIAP-IMBABURA 2014	1,5	1	2
T19	%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	1	1	1
T20	%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	2	2	2
T21	%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	1	1	1
T22	%10 CC	INIAP-ROMERO 73	1,5	1	2
T23	%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	2,5	2	3
T24	%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1,5	1	2
T25	%10 CC	INIAP-ALTAR 82	1	1	1
T26	%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	1,5	1	2
T27	%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	1,5	1	2
T28	%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	1	1	1
T29	%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	1,5	1	2
T30	%10 CC	INIAP -SANGAY 94	1	1	1
T31	%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	1	1	1
T32	%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	1,5	1	2
T33	%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	1	1	1
T34	%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	1,5	1	2
T35	%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	1,5	1	2
T36	%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	1,5	1	2
PROMEDIO			1,4		

10.1.1.4 Gráfico de la variable HABITO DE CRECIMIENTO

Figura 7: Grafico de la variable habito de crecimiento sacada de una tabla de promedios en medidas de resumen



10.1.1.5 Días al espigamiento

Los datos revelan una amplia variación en el tiempo requerido para el espigamiento, que oscila entre 50 y 101 días, en condiciones de riego completo.

La variedad INIAP-ROMERO 73 al estar expuesta a una condición de riego de 10% de capacidad de campo (Cc) tuvo en días al espigamiento un ciclo más corto de 64 días que al estar sometida también a capacidad de campo (Cc) con 68 días, esto quiere decir que esta fue la única variedad que pudo tolerar la sequía en la variable de días al espigamiento.

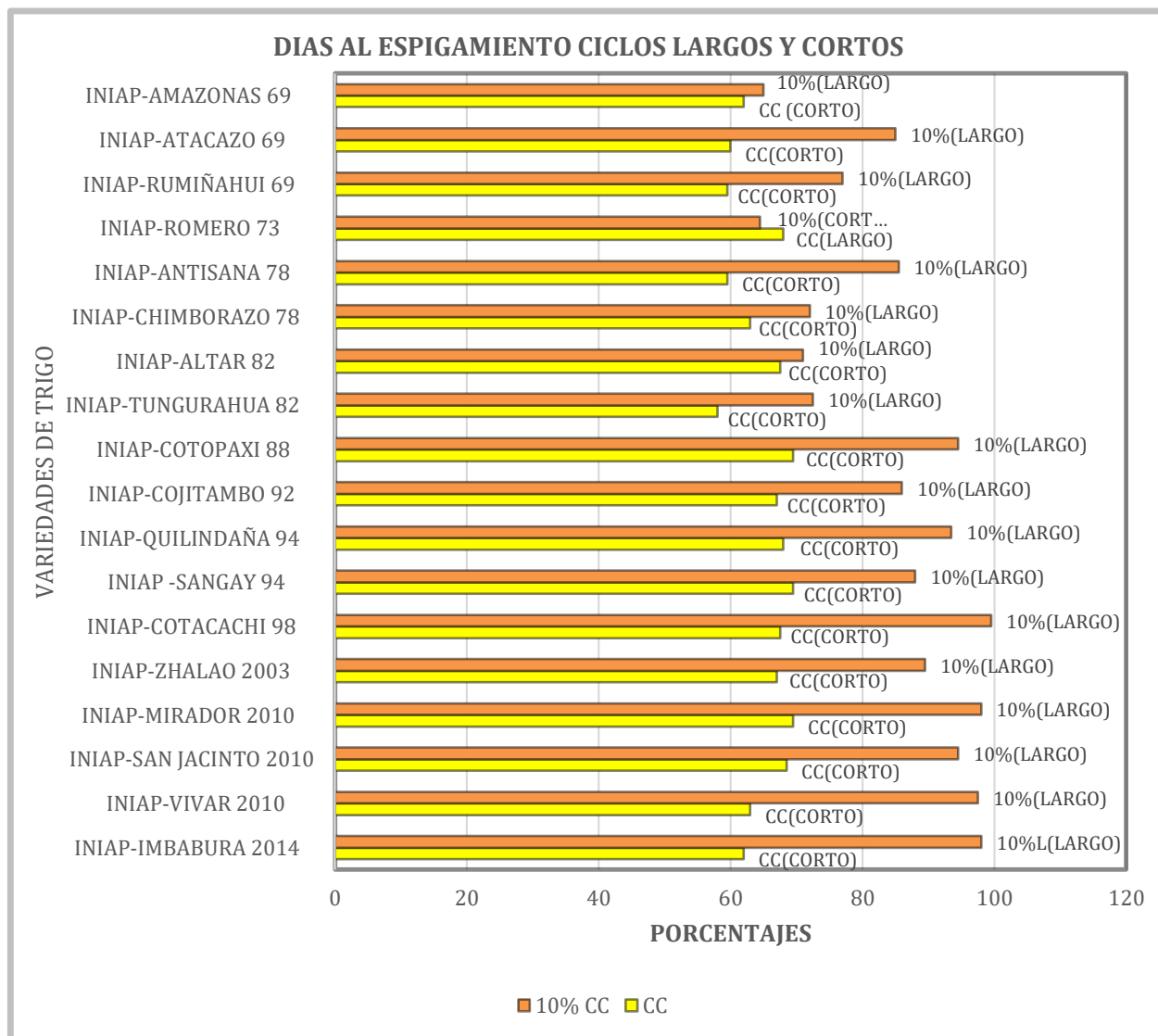
Tabla 22: Promedios de la variable días al espigamiento

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Tratamientos	Lámina (L)	VARIEDAD	Promedio %	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-AMAZONAS 69	62,0	54	70
T2	CC	INIAP-ATACAZO 69	60,0	58	62
T3	CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	59,5	57	62
T4	CC	INIAP-ROMERO 73	68,0	68	68
T5	CC	INIAP-ANTISANA 78	59,5	57	62
T6	CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	63,0	55	71
T7	CC	INIAP-ALTAR 82	67,5	66	69
T8	CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	58,0	50	66
T9	CC	INIAP-COTOPAXI 88	69,5	66	73
T10	CC	INIAP-COJITAMBO 92	67,0	65	69
T11	CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	68,0	65	71
T12	CC	INIAP -SANGAY 94	69,5	69	70
T13	CC	INIAP-COTACACHI 98	67,5	66	69
T14	CC	INIAP-ZHALAO 2003	67,0	62	72
T15	CC	INIAP-MIRADOR 2010	69,5	66	73
T16	CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	68,5	61	76
T17	CC	INIAP-VIVAR 2010	63,0	58	68
T18	CC	INIAP-IMBABURA 2014	62,0	58	66
T19	% 10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	65,0	61	69
T20	% 10 CC	INIAP-ATACAZO 69	85,0	73	97
T21	% 10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	77,0	76	78
T22	% 10 CC	INIAP-ROMERO 73	64,5	58	71
T23	% 10 CC	INIAP-ANTISANA 78	85,5	76	95
T24	% 10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	72,0	68	76
T25	% 10 CC	INIAP-ALTAR 82	71,0	68	74
T26	% 10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	72,5	69	76
T27	% 10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	94,5	94	95
T28	% 10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	86,0	77	95
T29	% 10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	93,5	86	101
T30	% 10 CC	INIAP -SANGAY 94	88,0	80	96
T31	% 10 CC	INIAP-COTACACHI 98	99,5	98	101
T32	% 10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	89,5	80	99
T33	% 10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	98,0	95	101
T34	% 10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	94,5	94	95
T35	% 10 CC	INIAP-VIVAR 2010	97,5	94	101
T36	% 10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	98,0	95	101
PROMEDIO			75,0		

10.1.1.6 Gráfico de DIAS AL ESPIGAMIENTO

Figura 8: Grafico de medidas de resumen de una tabla de promedio en la variable días al espigamiento



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2 Análisis de varianza

10.2.1 Altura de planta

Como se puede observar en la Tabla 23 de análisis de varianza para la variable altura se puede observar que para el factor lamina tenemos un valor altamente significativo igual que para el valor de variedad pero para la interacción de lámina por variedad tenemos un valor no significativo con un coeficiente de variación del 10,26%.

Tabla 23: ADEVA para altura de planta

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadístico	p-valor	significación
Total	21149,32	107				
Repetición	53,72	2	26,86	1,49	0,233	ns
Lámina (L)	17409,16	1	17409,16	1781,17	0,0006	**
Error (A)	19,55	2	9,77	0,54	0,5843	
Variedad (v)	2090,79	17	122,99	6,81	<0,0001	**
L x V	348,84	17	20,52	1,14	0,3396	ns
Error	1227,27	68	18,05			
Promedio (cm)	41,4					
CV (%)	10,26					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.2 Fisher para lamina

En la tabla (24) como se indica en la prueba de Fisher para el factor lamina donde vemos que la lámina 1 (CC) es la mejor lamina con 54,09 de media de altura, seguida de lámina dos (10% CC) con 28,7 media de altura, esto demuestra que el riego es muy importante en el desarrollo de los vegetales.

Tabla 24: Fisher para lamina

Lámina (L)	Medias	
CC	54,09	A
%10 CC	28,7	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.3 Prueba Tukey al 5% para variedad en altura (cm)

La prueba de tukey al 5% determino 4 rangos donde en el rango "a" se encuentran: Las variedades, INIAP-ATACAZO 69 (49,17 cm) e INIAP-AMAZONAS 69 (49,03 cm). Estas variedades presentan las mayores alturas y no muestran diferencias significativas entre ellas. En el rango "ab" se incluyen variedades que no son significativamente diferentes de las del grupo "a", pero tienen alturas ligeramente menores en este rango se encuentra: INIAP-TUNGURAHUA 82 (46,28 cm), INIAP-RUMIÑAHUI 69 (46,15 cm) y INIAP-ALTAR 82 (45,05 cm). En el Grupo "abc" están: INIAP-VIVAR 2010 (43,72 cm) no son significativamente

diferentes de las del grupo "ab", aunque tienen alturas menores en comparación con las del grupo "a".

Rango "ABCD": Este rango incluye variedades desde INIAP-SANGAY 94 (42,48 cm) hasta INIAP-ROMERO 73 (40,95 cm). Estas variedades tienen una altura media menor y no presentan diferencias significativas entre sí ni con algunas del rango "ABC". El rango "BCD": Incluye INIAP-IMBABURA 2014 (39,35 cm) hasta INIAP-COTOPAXI 88 (37,5 cm), mostrando una disminución en la altura, aunque no significativamente diferente de algunas del grupo "ABCD". Mientras que en el rango "CD" están: INIAP-ANTISANA 78 (35,58 cm) e INIAP-SAN JACINTO 2010 (35,22 cm) no son significativamente diferentes de algunas variedades del rango "BCD", pero sí de las variedades más altas. Finalmente el rango "D": La variedad INIAP-CHIMBORAZO 78 (34,17 cm) tiene la menor altura media y es significativamente diferente de las variedades en los grupos "A" y "AB".

Se observa en primer lugar, INIAP-ATACAZO 69 e INIAP-AMAZONAS 69 tienen las mayores alturas y son significativamente más altas que las demás variedades aun estando expuestas a un menor riego siendo estas las más tolerantes.

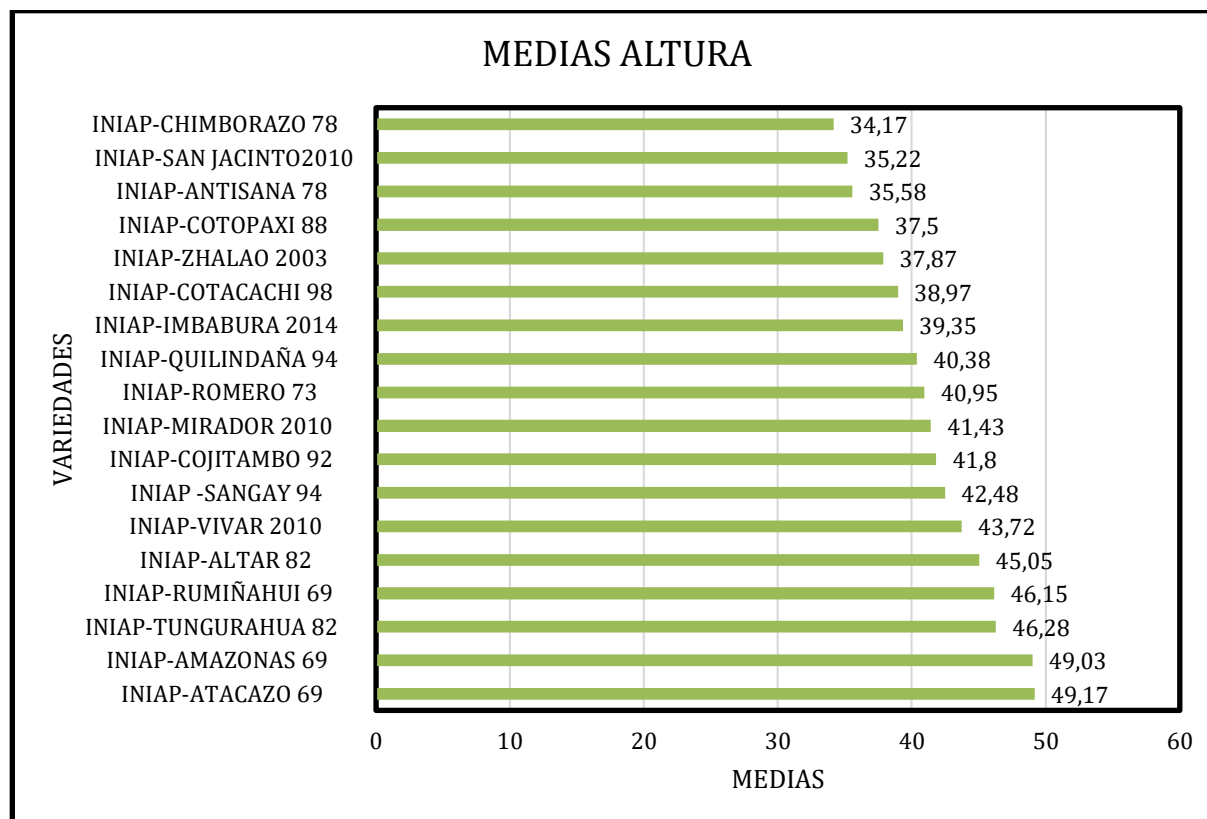
Tabla 25: Tabla tukey al 5% en VARIEDAD para la variable Altura

Variedad	Medias	Rango de significacion
INIAP-ATACAZO 69	49,17	A
INIAP-AMAZONAS 69	49,03	A
INIAP-TUNGURAHUA 82	46,28	AB
INIAP-RUMIÑAHUI 69	46,15	AB
INIAP-ALTAR 82	45,05	AB
INIAP-VIVAR 2010	43,72	ABC
INIAP -SANGAY 94	42,48	ABCD
INIAP-COJITAMBO 92	41,8	ABCD
INIAP-MIRADOR 2010	41,43	ABCD
INIAP-ROMERO 73	40,95	ABCD
INIAP-QUILINDAÑA 94	40,38	ABCD
INIAP-IMBABURA 2014	39,35	BCD
INIAP-COTACACHI 98	38,97	BCD
INIAP-ZHALAO 2003	37,87	BCD
INIAP-COTOPAXI 88	37,5	BCD
INIAP-ANTISANA 78	35,58	CD
INIAP-SAN JACINTO2010	35,22	CD

INIAP-CHIMBORAZO 78	34,17	D
---------------------	-------	---

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Figura 9: Grafico de barras de la tabla tukey para variedad en la variable Altura de planta (cm)



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.4 Prueba de tukey al 5% de Interacción Lamina x Variedad

La tabla (26) presenta un análisis de interacciones entre las láminas de riego (Capacidad de campo y 10% Capacidad de campo) y las variedades de trigo, utilizando la prueba de Tukey al 5% para determinar la significancia estadística de las diferencias en los rendimientos.

En condiciones de sequía (10% CC), todas las variedades presentaron una disminución en el rendimiento. Sin embargo, INIAP-AMAZONAS 69 y INIAP-ATACAZO 69 mantuvieron rendimientos relativamente mejores en comparación con otras. Las variedades agrupadas bajo las mismas letras en el rango de significación indican que no hay diferencias significativas entre ellas, permitiendo identificar cuáles son más resistentes a la sequía.

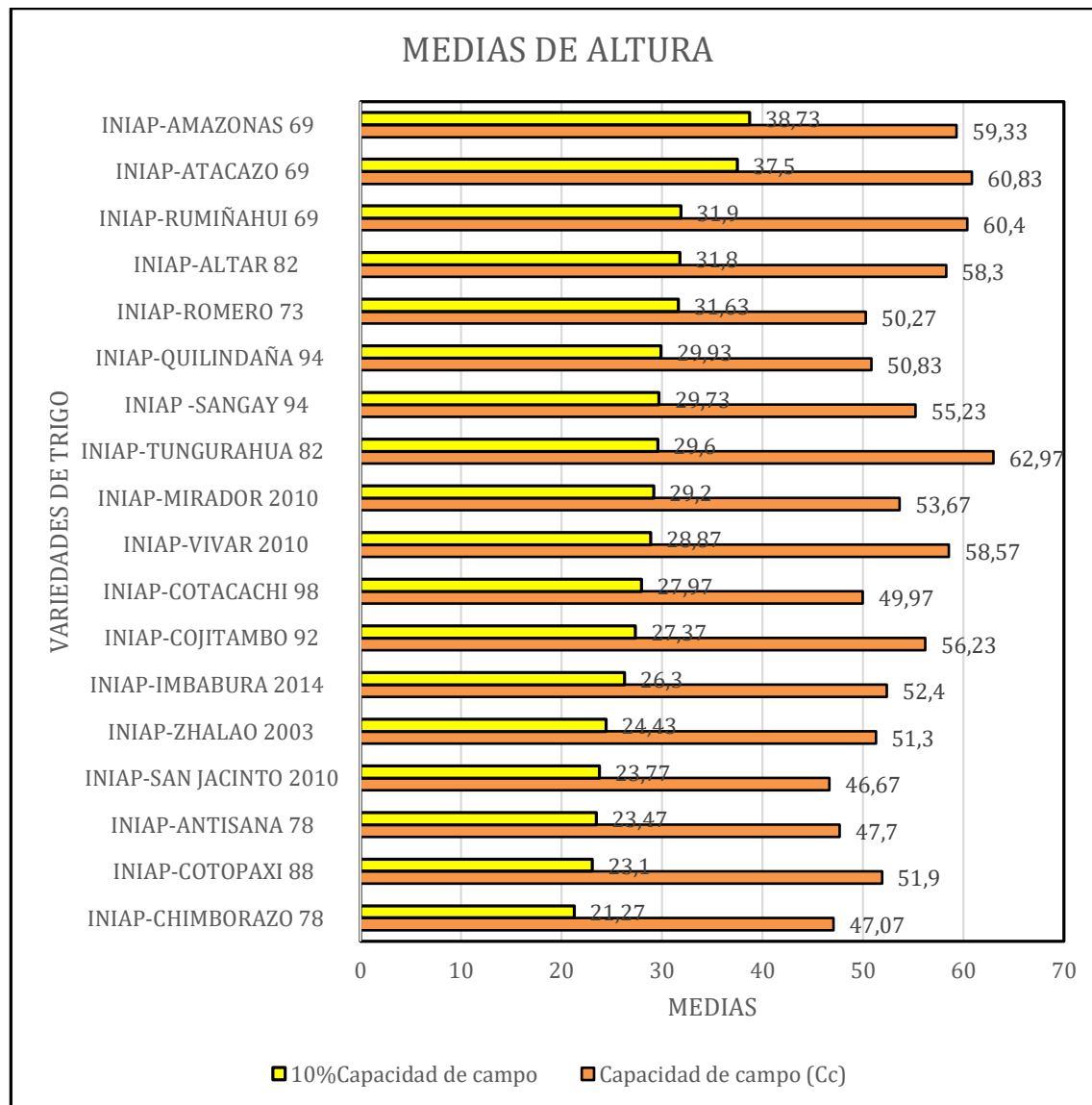
Tabla 26: Prueba de tukey al 5% de Interacción Lamina x Variedad para la variable altura de planta (cm)

Láminas	Variedad	Medias	Rango de significacion
CC	INIAP-AMAZONAS 69	59,33	ABC
CC	INIAP-ATACAZO 69	60,83	AB
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	60,4	ABC
CC	INIAP-ALTAR 82	58,3	ABC
CC	INIAP-ROMERO 73	50,27	ABCDE
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	50,83	ABCDE
CC	INIAP -SANGAY 94	55,23	ABC
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	62,97	A
CC	INIAP-MIRADOR 2010	53,67	ABC
CC	INIAP-VIVAR 2010	58,57	ABC
CC	INIAP-COTACACHI 98	49,97	ABCDE
CC	INIAP-COJITAMBO 92	56,23	ABC
CC	INIAP-IMBABURA 2014	52,4	ABCD
CC	INIAP-ZHALAO 2003	51,3	ABCDE
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	46,67	CDE
CC	INIAP-ANTISANA 78	47,7	BCDE
CC	INIAP-COTOPAXI 88	51,9	ABCD
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	47,07	BCDE
10% CC	INIAP-AMAZONAS 69	38,73	DEF
10% CC	INIAP-ATACAZO 69	37,5	EFG
10% CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	31,9	FGH
10% CC	INIAP-ALTAR 82	31,8	FGH
10% CC	INIAP-ROMERO 73	31,63	FGH
10% CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	29,93	FGH
10% CC	INIAP -SANGAY 94	29,73	FGH
10% CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	29,6	FGH
10% CC	INIAP-MIRADOR 2010	29,2	FGH
10% CC	INIAP-VIVAR 2010	28,87	FGH
10% CC	INIAP-COTACACHI 98	27,97	FGH
10% CC	INIAP-COJITAMBO 92	27,37	FGH
10% CC	INIAP-IMBABURA 2014	26,3	FGH
10% CC	INIAP-ZHALAO 2003	24,43	gh
10% CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	23,77	gh
10% CC	INIAP-ANTISANA 78	23,47	h
10% CC	INIAP-COTOPAXI 88	23,1	h
10% CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	21,27	h

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.5 Gráfico de interacción en altura

Figura 10: Grafico de la tabla tukey al 5% de la interacción lamina por variedad en la variable Altura



10.2.7 Número de macollos

En la tabla (29) del análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de macollos se observó que la Lámina (L) indica su alta significancia en el experimento al igual que la interacción entre Lámina y Variedad (LxV) también resultó significativa, lo que sugiere que la combinación de estos factores afecta la respuesta, aunque la Variedad por sí sola mostró ser no significativa. El coeficiente de variación (CV%) de 20,1% indica una variabilidad moderada en los datos.

Tabla 27: ADEVA de la variable número de macollos

Fuentes de variacion	Grados de Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Estadistico	p-valor	Significancia
Total	107	578				
Repeticion 1	2	14,39	7,19	7,12	0,0016	**
Lámina (L)	1	416,15	416,15	411,89	<0,0001	**
ERROR (A)	2	11,57	5,79	5,73	0,005	
VARIEDAD	17	29	1,71	1,69	0,0666	n.s
LxV	17	38,19	2,25	2,22	0,0107	*
Error	68	68,7	1,01			
Promedio	5					
CV (%)	20,1					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.8 Fisher para láminas

La comparación de medias con la prueba de Fisher para las láminas muestra que la lámina "CC" (6,96) es significativamente superior a la lámina "% 10 CC" (3,04). Las letras "A" y "B" indican que pertenecen a grupos significativamente diferentes, confirmando que la lámina "CC" tiene un efecto mayor en la variable de estudio.

Tabla 28: Fisher para láminas

Lámina (L)	Medias	Rango de significacion
CC	6,96	A
% 10 CC	3,04	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.9 Tukey interacción de lámina por variedad

Como se observa al disminuir el porcentaje de lámina (% 10 CC), se observa una tendencia general a la baja en las medias de rendimiento de las variedades sin embargo INIAP-COTOPAXI 88 tiene la media más alta

En general, las variedades responden de manera diferente a los dos tipos de lámina, con la lámina "Capacidad de campo" mostrando un mayor rendimiento promedio en comparación con la lámina "% 10 CC". Además, el rango de significación muestra que mientras algunas

variedades mantienen un rendimiento alto con "Capacidad de campo", se observa una disminución marcada cuando se utiliza "%10 CC".

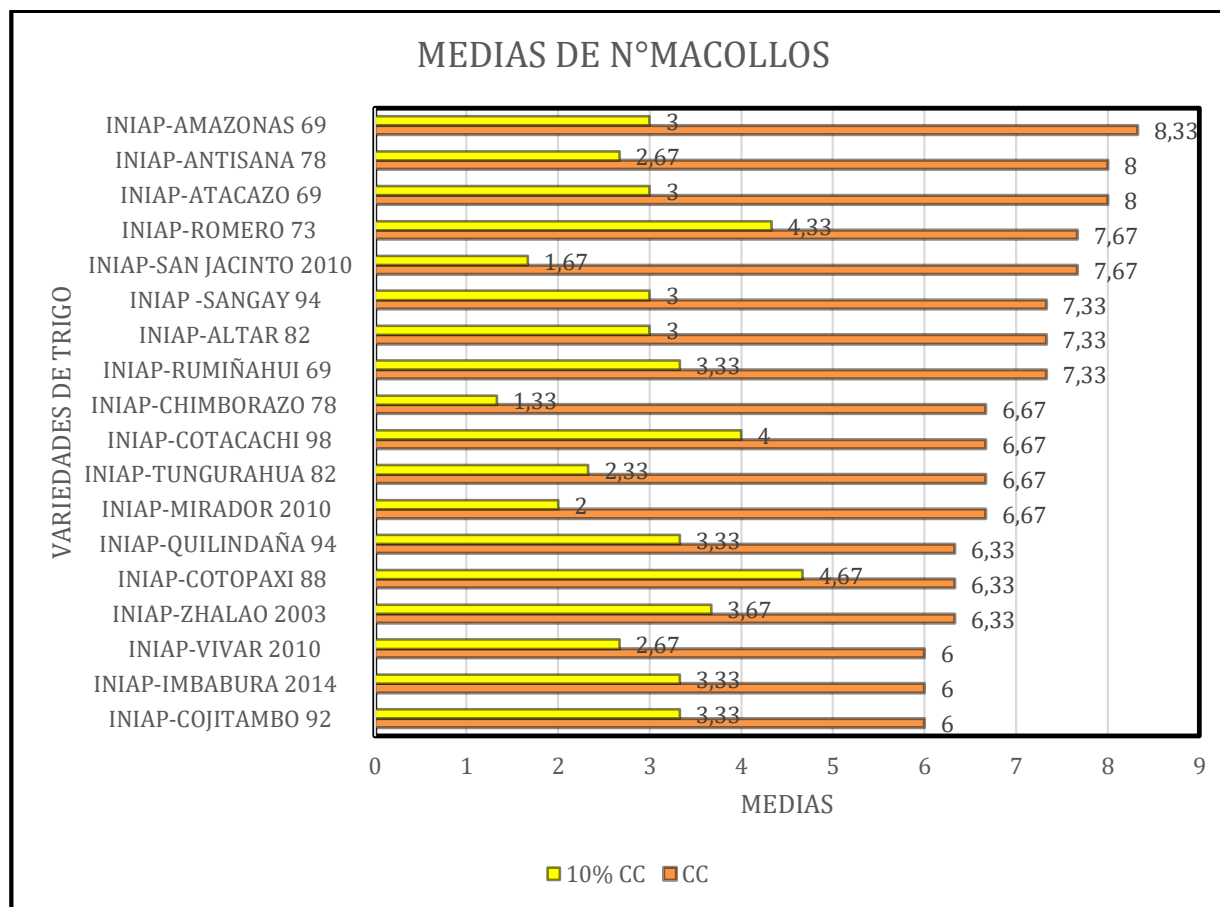
Tabla 29: Interacción de lámina por Variedad en la variable número de macollos

Lámina (L)	VARIEDAD	Medias	Rango de significacion
CC	INIAP-AMAZONAS 69	8,33	A
CC	INIAP-ANTISANA 78	8	A
CC	INIAP-ATACAZO 69	8	A
CC	INIAP-ROMERO 73	7,67	AB
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	7,67	AB
CC	INIAP -SANGAY 94	7,33	ABC
CC	INIAP-ALTAR 82	7,33	ABC
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	7,33	ABC
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	6,67	ABCD
CC	INIAP-COTACACHI 98	6,67	ABCD
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	6,67	ABCD
CC	INIAP-MIRADOR 2010	6,67	ABCD
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	6,33	ABCDE
CC	INIAP-COTOPAXI 88	6,33	ABCDE
CC	INIAP-ZHALAO 2003	6,33	ABCDE
CC	INIAP-VIVAR 2010	6	ABCDEF
CC	INIAP-IMBABURA 2014	6	ABCDEF
CC	INIAP-COJITAMBO 92	6	ABCDEF
%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	4,67	BCDEFG
%10 CC	INIAP-ROMERO 73	4,33	CDEFGH
%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	4	DEFGH
%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	3,67	DEFGH
%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	3,33	EFGH
%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	3,33	EFGH
%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	3,33	EFGH
%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	3,33	EFGH
%10 CC	INIAP -SANGAY 94	3	FGH
%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	3	FGH
%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	3	FGH
%10 CC	INIAP-ALTAR 82	3	FGH
%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	2,67	GH
%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	2,67	GH
%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	2,33	GH
%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	2	GH
%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	1,67	GH
%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1,33	H

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.10 Gráfico de Número de macollos

Figura 11: Grafico de la tabla tukey al 5% con la interacción de lámina por variedad en la variable Número de macollos



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.11 Pérdida de rendimiento

En esta tabla (32), la variedad INIAP-COTOPAXI 88, que tuvo la menor pérdida de rendimiento (1,66), muestra una mayor tolerancia a la sequía, ya que su rendimiento se vio menos afectado por la disminución de agua. Por lo tanto, INIAP-COTOPAXI 88 sería una de las variedades más prometedoras para condiciones de sequía.

10.2.13 Peso de materia seca

El análisis de varianza (ADEVA) revela que la lámina tiene un efecto altamente significativo en la variable estudiada, también se encontraron diferencias significativas entre las variedades. Sin

embargo, no se detectó una interacción significativa entre lámina y variedad, lo que implica que el efecto de la lámina es consistente a través de las diferentes variedades. El coeficiente de variación (CV) fue del 16,87%, lo cual es aceptable y sugiere una variabilidad relativa baja y un experimento confiable.

Tabla 30: ADEVA para la variable peso de materia seca

Fuentes de variacion	Grados de Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Estadistico	p-valor	Significancia
Total	107	47,55				
Repeticion 1	2	0,09	0,04	1,63	0,2042	n.s
Lámina (L)	1	44,08	44,08	1650,76	<0,0001	**
Error (A)	2	0,07	0,04	1,32	0,2736	
VARIEDAD	17	0,99	0,06	2,18	0,0125	**
LxV	17	0,51	0,03	1,12	0,3578	n.s
Error	68	1,82	0,03			
Promedio	0,96					
CV (%)	16,87					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.4 Fisher para lámina

La prueba de Fisher para la lámina muestra que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos de lámina evaluados. La lámina "CC" tiene una media de 1,61, clasificada en el rango de significación "A", mientras que la lámina "%10 CC" tiene una media significativamente menor de 0,33, clasificada en el rango de significación "B". Esto indica que la lámina "CC" tiene un efecto considerablemente mayor en la variable medida en comparación con la lámina "%10 CC".

Tabla 31: Fisher para lamina

Lámina (L)	Medias	Rango de significacion
CC	1,61	A
%10 CC	0,33	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.15 Tukey interacción de Lamina por Variedad

En la prueba de Tukey para la interacción entre lámina y variedad, se observa que bajo la condición completa (CC), INIAP-AMAZONAS 69 muestra el mejor rendimiento, con otras variedades como INIAP-ATACAZO 69 y INIAP-COTACACHI 98 también destacando, aunque no significativamente diferentes entre sí. Por otro lado, INIAP-ROMERO 73 tiene el rendimiento más bajo en esta condición.

Cuando se reduce la condición completa en un 10% (10% CC), todas las variedades presentan un rendimiento significativamente menor y similar entre sí, sin diferencias notables. Esto sugiere que la reducción del 10% en la condición afecta de manera uniforme a todas las variedades, disminuyendo su rendimiento a un nivel comparable.

Tabla 32: Tukey de interacción entre Lamina por Variedad en la variable peso de materia seca

Lámina (L)	VARIEDAD	Medias	Rango de significacion
CC	INIAP-AMAZONAS 69	1,87	A
CC	INIAP-ATACAZO 69	1,8	AB
CC	INIAP-COTACACHI 98	1,8	AB
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	1,73	AB
CC	INIAP-MIRADOR 2010	1,73	AB
CC	INIAP-VIVAR 2010	1,73	AB
CC	INIAP-COJITAMBO 92	1,67	AB
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1,67	AB
CC	INIAP-ANTISANA 78	1,63	AB
CC	INIAP-ZHALAO 2003	1,6	AB
CC	INIAP-COTOPAXI 88	1,53	AB
CC	INIAP -SANGAY 94	1,53	AB
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	1,53	AB
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	1,53	AB
CC	INIAP-IMBABURA 2014	1,5	AB
CC	INIAP-ALTAR 82	1,47	AB
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	1,33	AB
CC	INIAP-ROMERO 73	1,27	B
%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	0,47	C
%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	0,4	C
%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	0,4	C
%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	0,33	C
%10 CC	INIAP -SANGAY 94	0,33	C
%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	0,33	C

%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	0,33	C
%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	0,33	C
%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	0,33	C
%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	0,33	C
%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	0,33	C
%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	0,33	C
%10 CC	INIAP-ROMERO 73	0,33	C
%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	0,33	C
%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	0,27	C
%10 CC	INIAP-ALTAR 82	0,27	C
%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	0,27	C
%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	0,2	C

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.27.17 Tamaño o longitud de espiga

Como se puede observar en la (Tabla 25) de análisis de varianza para la variable longitud de espiga se puede observar que para el factor lamina tenemos un valor altamente significativo igual que para el valor de variedad, pero para la interacción de lámina por variedad tenemos un valor no significativo con un coeficiente de variación del 10,32%.

Tabla 33: Cuadro de análisis de varianza (ADEVA) para la variable longitud de espiga en cm

Fuentes de variacion	Grados de Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Estadistico	p-valor	Significancia
Total	107	680,97				
Repeticion	2	1,25	0,62	0,58	0,5624	ns
Lámina (L)	1	336,94	336,94	336,99	0,003	**
Error (A)	2	2	1	0,93	0,3997	
VARIEDAD	17	226,52	13,32	12,39	<0,0001	**
LxV	17	41,12	2,42	2,25	0,0098	*
Error	68	73,14	1,08			
Promedio (cm)	10,05					
CV (%)	10,32					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024).

10.2.18 Fisher para lamina

La diferencia significativa en las medias sugiere que la cantidad de agua suministrada tiene un efecto notable en la longitud de las espigas de trigo. Las espigas cultivadas bajo riego a

capacidad de campo (CC) presentan una mayor longitud en comparación con las espigas sometidas a un riego reducido (%10 CC).

Tabla 34: Fisher para lamina

Lámina (L)	Medias	Rango de significacion
CC	11,82	A
%10 CC	8,29	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.19 Prueba Tukey al 5% para variedad en longitud de espiga (cm)

El análisis de Tukey al 5% para la longitud de espiga en las variedades de trigo muestra dos grupos de significancia: El rango "a": Incluye 16 variedades (INIAP-RUMIÑAHUI 69, INIAP-IMBABURA 2014, INIAP-ATACAZO 69, INIAP-ZHALAO 2003, INIAP-MIRADOR 2010, INIAP-COJITAMBO 92, INIAP-VIVAR 2010, INIAP-ALTAR 82, INIAP-TUNGURAHUA 82, INIAP-SANGAY 94, INIAP-COTOPAXI 88, INIAP-QUILINDAÑA 94, INIAP-AMAZONAS 69, INIAP-SAN JACINTO 2010, INIAP-COTACACHI 98, e INIAP-ANTISANA 78). Estas variedades no muestran diferencias significativas entre sí en términos de longitud de espiga.

Mientras que en el rango "b" se encuentran dos variedades (INIAP-ROMERO 73 e INIAP-CHIMBORAZO 78) que tienen las longitudes de espiga más cortas y son significativamente diferentes de las variedades del grupo "a".

Entonces las variedades INIAP-ROMERO 73 e INIAP-CHIMBORAZO 78 tienen espigas significativamente más cortas que las demás. Las otras 16 variedades tienen longitudes de espiga comparables y no presentan diferencias significativas entre ellas.

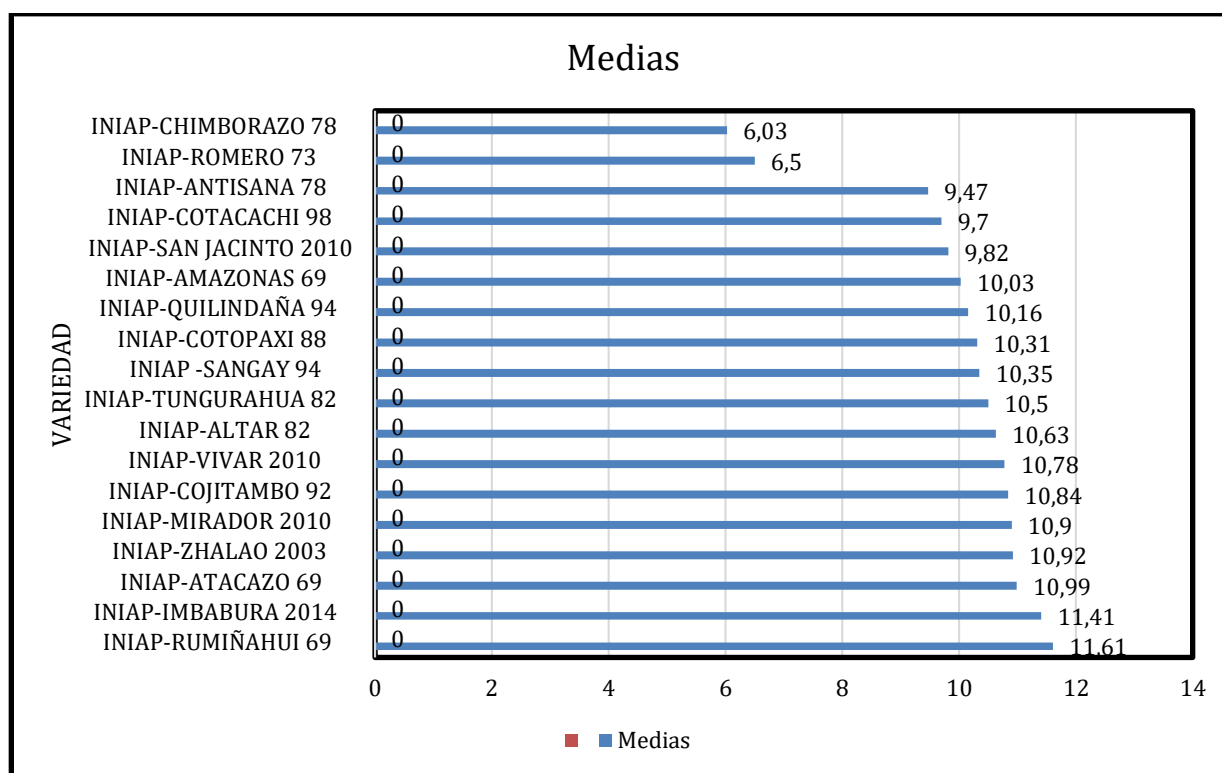
Tabla 35: Tukey al 5% para variedad en la variable longitud de espiga

VARIEDAD	Medias	
INIAP-RUMIÑAHUI 69	11,61	A
INIAP-IMBABURA 2014	11,41	A
INIAP-ATACAZO 69	10,99	A
INIAP-ZHALAO 2003	10,92	A
INIAP-MIRADOR 2010	10,9	A
INIAP-COJITAMBO 92	10,84	A
INIAP-VIVAR 2010	10,78	A
INIAP-ALTAR 82	10,63	A
INIAP-TUNGURAHUA 82	10,5	A

INIAP -SANGAY 94	10,35	A
INIAP-COTOPAXI 88	10,31	A
INIAP-QUILINDAÑA 94	10,16	A
INIAP-AMAZONAS 69	10,03	A
INIAP-SAN JACINTO 2010	9,82	A
INIAP-COTACACHI 98	9,7	A
INIAP-ANTISANA 78	9,47	A
INIAP-ROMERO 73	6,5	B
INIAP-CHIMBORAZO 78	6,03	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Figura 12: Grafico de barras de tukey de variedad para la variable longitud de espiga



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.20 Prueba de tukey al 5% de Lamina x Variedad

El análisis de Tukey al 5% (Tabla 40), para longitud de espiga bajo diferentes condiciones de riego muestra diferencias significativas entre las variedades de trigo.

En la lámina 10% Capacidad de Campo) como variedad tolerante esta: INIAP-ALTAR 82 e INIAP-TUNGURAHUA 82 tienen las mayores longitudes de espiga, estas diferencias indican que algunas variedades, como INIAP-ALTAR 82 e INIAP-TUNGURAHUA 82, son más

tolerantes a la sequía, respaldando la hipótesis alternativa de que las variedades de trigo en estudio presentan diferentes niveles de tolerancia a la sequía.

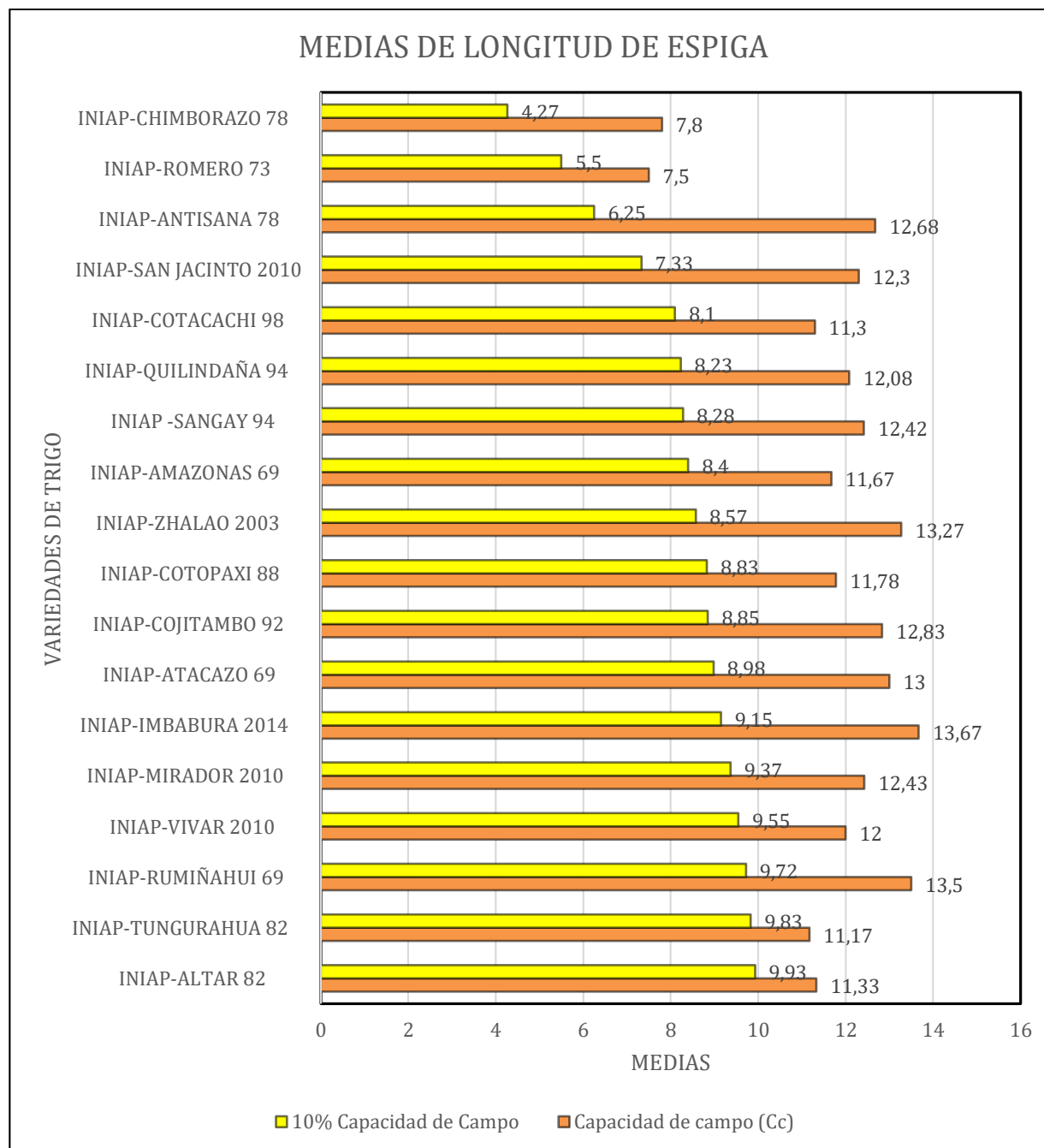
Tabla 36: Tukey de interacción entre Lamina por Variedad para la variable longitud de espiga

LAMINA	VARIEDAD	Medias	Rango de significación CC
CC	INIAP-ALTAR 82	11,33	ABCDEFGHIJK
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	11,17	ABCDEFGHIJKL
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	13,5	A
CC	INIAP-VIVAR 2010	12	ABCDEFGH
CC	INIAP-MIRADOR 2010	12,43	ABCDEF
CC	INIAP-IMBABURA 2014	13,67	A
CC	INIAP-ATACAZO 69	13	ABC
CC	INIAP-COJITAMBO 92	12,83	ABCD
CC	INIAP-COTOPAXI 88	11,78	ABCDEFGHI
CC	INIAP-ZHALAO 2003	13,27	AB
CC	INIAP-AMAZONAS 69	11,67	ABCDEFGHIJ
CC	INIAP -SANGAY 94	12,42	ABCDEF
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	12,08	ABCDEFGH
CC	INIAP-COTACACHI 98	11,3	ABCDEFGHIJK
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	12,3	ABCDEFG
CC	INIAP-ANTISANA 78	12,68	ABCDE
CC	INIAP-ROMERO 73	7,5	CDEFGHIJKLM
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	7,8	BCDEFGHIJKLM
10% CC	INIAP-ALTAR 82	9,93	CDEFGHIJKLM
10% CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	9,83	DEFGHIJKLMN
10% CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	9,72	EFGHIJKLMN
10% CC	INIAP-VIVAR 2010	9,55	FGHIJKLMN
10% CC	INIAP-MIRADOR 2010	9,37	GHIJKLMN
10% CC	INIAP-IMBABURA 2014	9,15	HIJKLMNO
10% CC	INIAP-ATACAZO 69	8,98	HIJKLMNO
10% CC	INIAP-COJITAMBO 92	8,85	IJKLMNO
10% CC	INIAP-COTOPAXI 88	8,83	IJKLMNO
10% CC	INIAP-ZHALAO 2003	8,57	JKLMNO
10% CC	INIAP-AMAZONAS 69	8,4	KLMNO
10% CC	INIAP -SANGAY 94	8,28	KLMNO
10% CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	8,23	LMNO
10% CC	INIAP-COTACACHI 98	8,1	MNOP
10% CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	7,33	MNOP
10% CC	INIAP-ANTISANA 78	6,25	NOP
10% CC	INIAP-ROMERO 73	5,5	OP
10% CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	4,27	P

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.21 Gráfico de interacción

Figura 13: Grafico de la tabla tukey al 5% entre lamina por variedad de la variable longitud de espiga



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.23 Peso de la espiga

En el análisis de varianza (ADEVA) tabla (42) para la variable peso de espiga, se observa que el factor lámina presenta un valor altamente significativo, la interacción entre lámina y variedad también es altamente significativa, mientras que el factor variedad por sí solo no muestra significancia estadística. El coeficiente de variación es del 25,95%.

Tabla 37: ADEVA para la variable peso de espiga

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Estadístico	p-valor	Significancia
Total	107	5,64				
Repetición 1	2	0,12	0,06	2,17	0,1216	n.s
Lámina (L)	1	2,17	2,17	81,41	<0,0001	**
ERROR (A)	2	0,03	0,02	0,64	0,5323	
VARIEDAD	17	0,36	0,02	0,8	0,6856	n.s
LxV	17	1,15	0,07	2,54	0,0034	**
Error	68	1,81	0,03			
Promedio	0,6					
CV (%)	25,95					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.24 Fisher para lamina

La prueba de Fisher muestra que hay una diferencia significativa en el peso de espiga entre las dos láminas de riego evaluadas. La lámina con riego completo (CC) tiene un promedio de 0,77, clasificada en el rango "A", lo que indica un rendimiento superior en comparación con la lámina de riego reducido al 10% de capacidad de campo (%10 CC), que tiene un promedio de 0,49, clasificada en el rango "B". Esto sugiere que el riego completo favorece un mayor peso de espiga en las variedades de trigo, mientras que la reducción del riego afecta negativamente este rendimiento.

Tabla 38: Fisher para lamina

Lámina (L)	Medias	Rango de significación
CC	0,77	A
%10 CC	0,49	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.25 Tukey interacción de lámina por variedad

En la tabla de Tukey al 5% para la interacción entre lámina y variedad en la variable "peso de espiga", se observa que las variedades bajo riego completo (CC) presentan mayores pesos de espiga, con *INIAP-CHIMBORAZO 78* e *INIAP-VIVAR 2010* liderando en el rango "A". Las variedades bajo déficit de riego (10% CC) muestran pesos significativamente menores, ubicándose en rangos más bajos, lo que evidencia un impacto negativo del riego reducido en el rendimiento. En general, el riego completo favorece un mayor peso de espiga en las variedades de trigo evaluadas.

Tabla 39: Tukey interacción de lámina por variedad de la variable peso de espiga

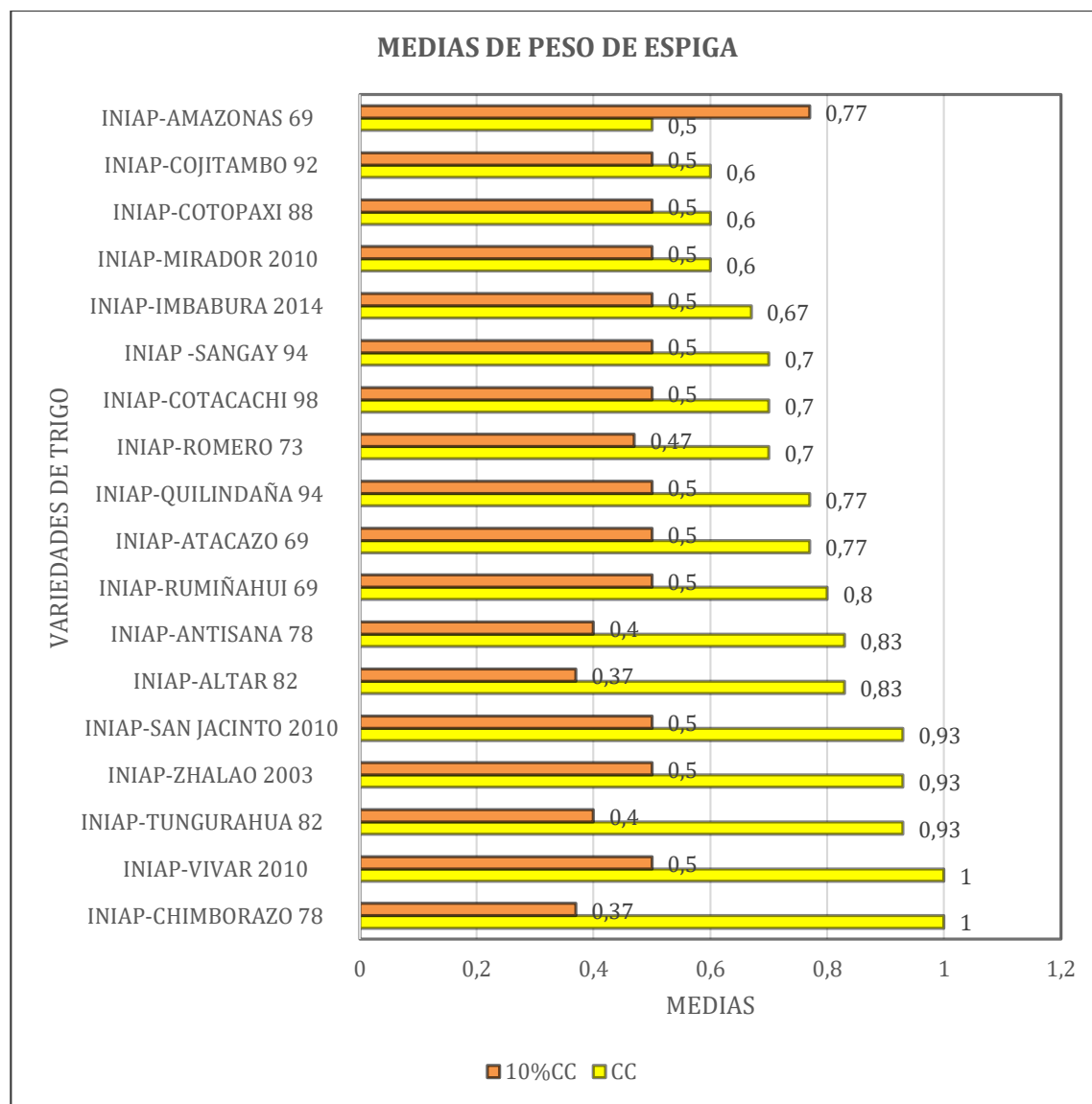
Lámina (L)	VARIEDAD	Medias	Rango de significancia
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1	A
CC	INIAP-VIVAR 2010	1	A
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	0,93	AB
CC	INIAP-ZHALAO 2003	0,93	AB
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	0,93	AB
CC	INIAP-ALTAR 82	0,83	ABC
CC	INIAP-ANTISANA 78	0,83	ABC
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	0,8	ABC
CC	INIAP-ATACAZO 69	0,77	ABC
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	0,77	ABC
CC	INIAP-ROMERO 73	0,7	ABC
CC	INIAP-COTACACHI 98	0,7	ABC
CC	INIAP -SANGAY 94	0,7	ABC
CC	INIAP-IMBABURA 2014	0,67	ABC
CC	INIAP-MIRADOR 2010	0,6	ABC
CC	INIAP-COTOPAXI 88	0,6	ABC
CC	INIAP-COJITAMBO 92	0,6	ABC
CC	INIAP-AMAZONAS 69	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	0,77	ABC
%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	0,5	ABC
%10 CC	INIAP -SANGAY 94	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	0,5	ABC

%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	0,5	ABC
%10 CC	INIAP-ROMERO 73	0,47	ABC
%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	0,4	BC
%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	0,4	BC
%10 CC	INIAP-ALTAR 82	0,37	C
%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	0,37	C

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.26 Grafico Interacción entre lamina x Variedad en la variable peso de espiga

Figura 14: Grafica de tabla tukey al 5% entre lamina por variedad en la variable peso de espiga



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.28 Número de granos por espiga

En el ADEVA (Tabla 46) de análisis de varianza para la variable número de granos por espiga se puede observar que para el factor lamina tenemos un valor altamente significativo igual que para el valor de variedad incluso para la interacción de lámina por variedad tenemos un valor altamente significativo con un coeficiente de variación del 17,45%.

Tabla 40: ADEVA para el número de granos

Fuentes de variacion	Grados de Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Estadistico	p-valor	Significancia
Total	107	5407,25				
Repeticion	2	7,04	3,52	1,22	0,3025	ns
Lámina	1	3972,45	3972,45	1373,07	<0,0001	**
Error (A)	2	0,23	0,11	0,04	0,9616	
VARIEDAD	17	836	49,18	17	<0,0001	**
LxV	17	394,8	23,22	8,03	<0,0001	**
Error	68	196,73	2,89			
Promedio	9,75					
CV%	17,45					

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.29 Fisher

Los resultados de la tabla de Fisher indican que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados. El tratamiento completo (CC) obtuvo una media de 15,81, significativamente mayor que la media de 3,69 del tratamiento reducido (%10 CC). Esto sugiere que la condición completa tiene un efecto considerablemente mayor en comparación con la condición reducida.

Tabla 41: Fisher para láminas

Lámina (L)	Medias	Rango de significacion
CC	15,81	A
%10 CC	3,69	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.30 Tukey variedad

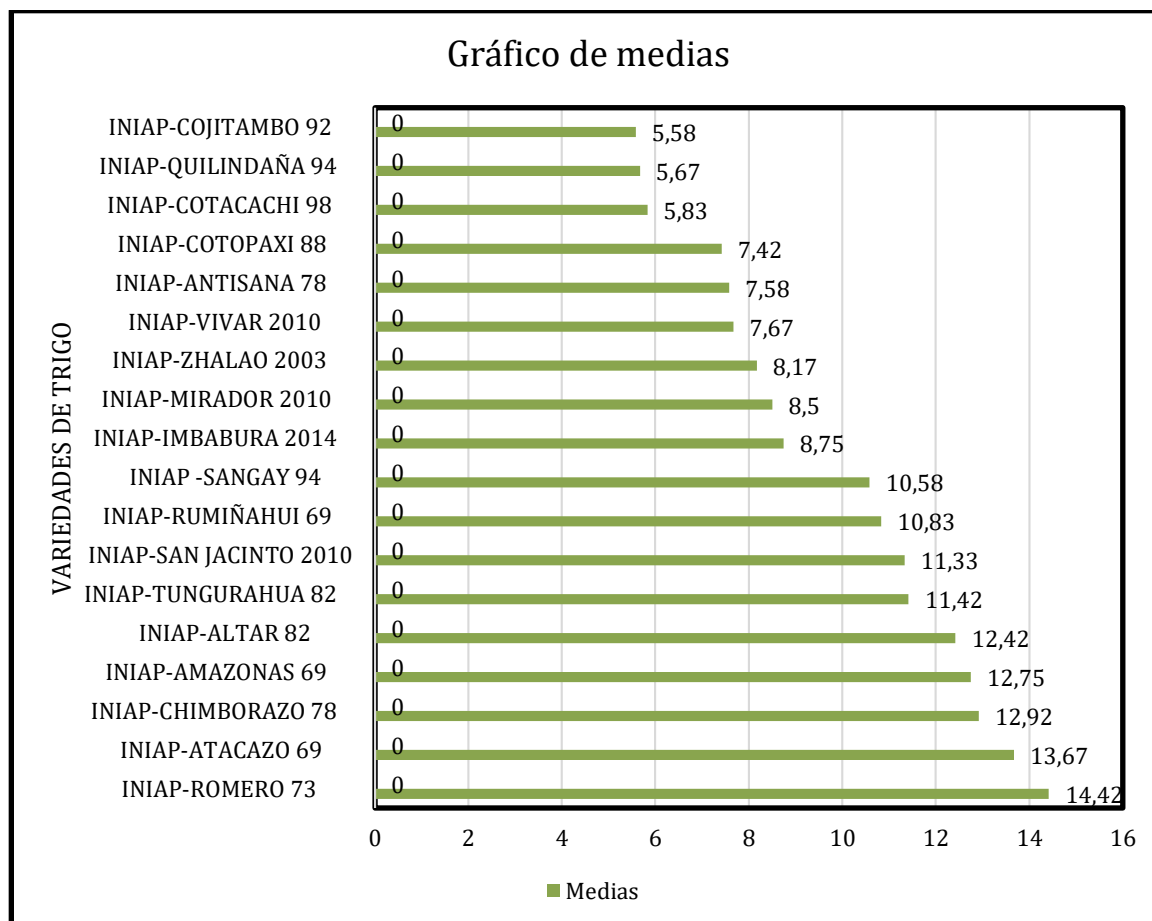
El análisis de Tukey al 5% revela diferencias significativas en el rendimiento de las variedades evaluadas. INIAP-ROMERO 73 tiene la media más alta (14,42), significativamente superior a otras variedades como INIAP-COTACACHI 98 y INIAP-COJITAMBO 92, que presentan las medias más bajas. Variedades que comparten letras en el rango de significación, como INIAP-ROMERO 73 e INIAP-ATACAZO 69, no muestran diferencias significativas entre sí. Sin embargo, las diferencias entre INIAP-ROMERO 73 y variedades con letras diferentes son estadísticamente significativas.

Tabla 42: Tukey al 5% para variedad en longitud de espiga

VARIEDAD	Medias	Rango de significacion
INIAP-ROMERO 73	14,42	A
INIAP-ATACAZO 69	13,67	AB
INIAP-CHIMBORAZO 78	12,92	AB
INIAP-AMAZONAS 69	12,75	AB
INIAP-ALTAR 82	12,42	AB
INIAP-TUNGURAHUA 82	11,42	AB
INIAP-SAN JACINTO 2010	11,33	AB
INIAP-RUMIÑAHUI 69	10,83	BCD
INIAP -SANGAY 94	10,58	BCD
INIAP-IMBABURA 2014	8,75	CDE
INIAP-MIRADOR 2010	8,5	CDE
INIAP-ZHALAO 2003	8,17	CDE
INIAP-VIVAR 2010	7,67	DE
INIAP-ANTISANA 78	7,58	DE
INIAP-COTOPAXI 88	7,42	DE
INIAP-COTACACHI 98	5,83	E
INIAP-QUILINDAÑA 94	5,67	E
INIAP-COJITAMBO 92	5,58	E

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Figura 15: Gráfico de barras de tukey para variedad en la variable número de granos por espiga



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.31 Tukey lamina * variedad

El análisis de la interacción entre lámina de riego y variedad muestra que el riego completo (CC) resulta en un rendimiento significativamente superior para todas las variedades, con INIAP-CHIMBORAZO 78 liderando con una media de 24, pero al reducir el riego al 10% (%10 CC), todas las variedades sufren una disminución drástica en su rendimiento, siendo INIAP-ROMERO 73 la mejor bajo esta condición, pero con una media mucho menor (8). Las diferencias significativas indican que el riego completo es crucial para maximizar el rendimiento en estas variedades de trigo.

Tabla 43: Tukey al 5% para interacción entre lamina y variedad

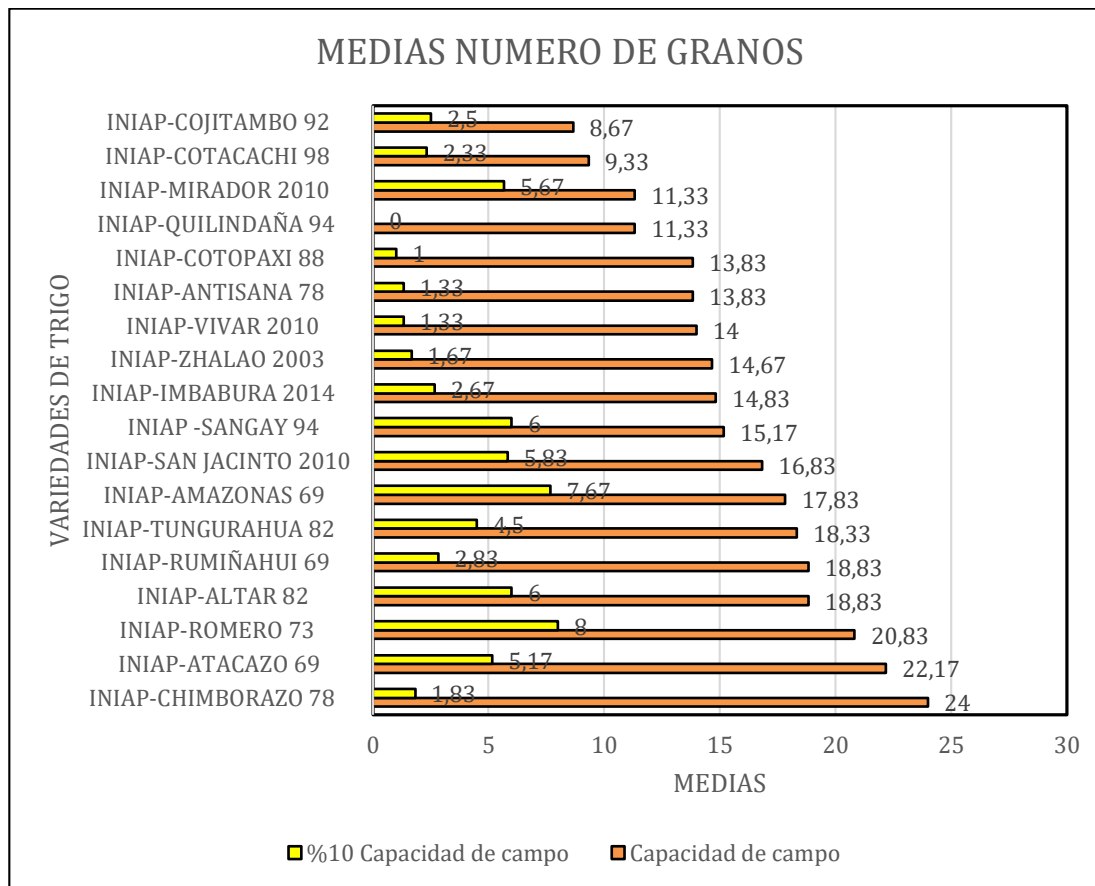
Lámina (L)	VARIEDAD	Medias	Rangos de significacion
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	24	A
CC	INIAP-ATACAZO 69	22,17	AB

CC	INIAP-ROMERO 73	20,83	AB
CC	INIAP-ALTAR 82	18,83	ABC
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	18,83	ABC
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	18,33	BC
CC	INIAP-AMAZONAS 69	17,83	BC
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	16,83	BCD
CC	INIAP -SANGAY 94	15,17	CD
CC	INIAP-IMBABURA 2014	14,83	CDE
CC	INIAP-ZHALAO 2003	14,67	CDE
CC	INIAP-VIVAR 2010	14	CDEF
		13,83	CDEF
CC	INIAP-ANTISANA 78	13,83	CDEF
CC	INIAP-COTOPAXI 88	13,83	CDEF
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	11,33	DEFG
CC	INIAP-MIRADOR 2010	11,33	DEFG
CC	INIAP-COTACACHI 98	9,33	EFG
CC	INIAP-COJITAMBO 92	8,67	FGH
% 10 CC	INIAP-ROMERO 73	8	GHI
% 10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	7,67	GHIJ
% 10 CC	INIAP -SANGAY 94	6	GHIJK
% 10 CC	INIAP-ALTAR 82	6	GHIJK
% 10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	5,83	GHIJK
% 10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	5,67	HIJK
% 10 CC	INIAP-ATACAZO 69	5,17	HIJKL
% 10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	4,5	HIJKL
% 10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	2,83	IJKL
% 10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	2,67	IJKL
% 10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	2,5	IJKL
% 10 CC	INIAP-COTACACHI 98	2,33	JKL
% 10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	1,83	KL
% 10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	1,67	KL
% 10 CC	INIAP-ANTISANA 78	1,33	KL
% 10 CC	INIAP-VIVAR 2010	1,33	KL
% 10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	1	KL
% 10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	0	L

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.32 Gráfico de interacción

Figura 16: Grafico de tukey al 5% entre lamina por interacción de la variable número de granos



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.34 Tipo de grano y color

Según los datos obtenidos en la tabla (50), se observa que la variedad INIAP-ANTISANA 78, tanto bajo la lámina CC como con el tratamiento % 10 CC, presenta un valor de 1, lo que indica que tiene un grano grueso, grande, bien formado, limpio y de color rojo. Por otro lado, variedades como INIAP-AMAZONAS 69 y INIAP-ATACAZO 69 tienen un valor promedio de 2,5, sugiriendo que poseen un grano mediano y bien formado. En contraste, la variedad INIAP-IMBABURA 2014 bajo la lámina CC presenta una escala de 2,5, indicando que tiene una mezcla de granos grandes y medianos.

En la lámina CC, la variedad **INIAP-ANTISANA 78** se destaca como el mejor grano, ya que tiene un valor de 1.0, lo que indica que presenta un grano grueso, grande, bien formado, limpio

y de color rojo. En la lámina %10 CC, la misma variedad **INIAP-ANTISANA 78** también se destaca con un valor de 1.0, manteniendo su calidad con un grano grande y bien formado. Esto sugiere que esta variedad tiene una consistencia en la calidad del grano bajo ambas condiciones de riego, lo que la posiciona como la mejor en la tabla proporcionada.

Tabla 44: Promedios de tipo y color de grano

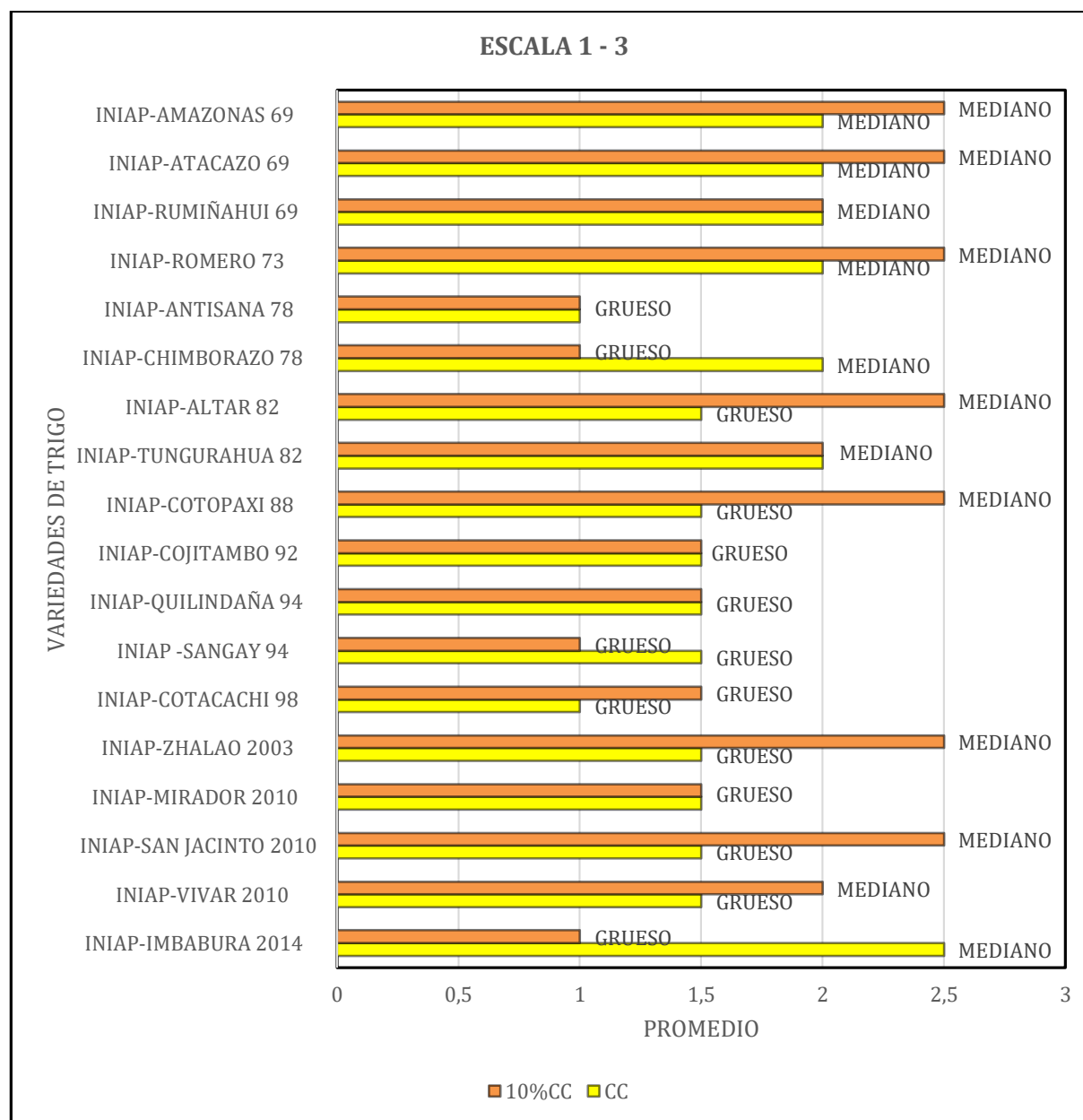
Tratamientos	Lámina (L)	VARIEDAD	Color de grano	Promedio	Mín	Máx
T1	CC	INIAP-AMAZONAS 69	R	2,0	2	2
T2	CC	INIAP-ATACAZO 69	B	2,0	1	3
T3	CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	R	2,0	1	3
T4	CC	INIAP-ROMERO 73	B	2,0	1	3
T5	CC	INIAP-ANTISANA 78	R	1,0	1	1
T6	CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	R	2,0	1	3
T7	CC	INIAP-ALTAR 82	R	1,5	1	2
T8	CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	R	2,0	1	3
T9	CC	INIAP-COTOPAXI 88	R	1,5	1	2
T10	CC	INIAP-COJITAMBO 92	B	1,5	1	2
T11	CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	R	1,5	1	2
T12	CC	INIAP -SANGAY 94	R	1,5	1	2
T13	CC	INIAP-COTACACHI 98	R	1,0	1	1
T14	CC	INIAP-ZHALAO 2003	R	1,5	1	2
T15	CC	INIAP-MIRADOR 2010	B	1,5	1	2
T16	CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	B	1,5	1	2
T17	CC	INIAP-VIVAR 2010	B	1,5	1	2
T18	CC	INIAP-IMBABURA 2014	R	2,5	2	3
T19	%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	R	2,5	2	3
T20	%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	R	2,5	2	3
T21	%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	R	2,0	1	3
T22	%10 CC	INIAP-ROMERO 73	R	2,5	2	3
T23	%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	R	1,0	0	2
T24	%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	R	1,0	0	2
T25	%10 CC	INIAP-ALTAR 82	B	2,5	2	3
T26	%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	R	2,0	2	2
T27	%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	B	2,5	2	3
T28	%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	R	1,5	0	3
T29	%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	R	1,5	0	3
T30	%10 CC	INIAP -SANGAY 94	R	1,0	0	2
T31	%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	B	1,5	1	2
T32	%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	B	2,5	2	3

T33	% 10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	R	1,5	0	3
T34	% 10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	R	2,5	2	3
T35	% 10 CC	INIAP-VIVAR 2010	B	2,0	1	3
T36	% 10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	R	1,0	0	2
Promedio				1,8		

Elaborado por: **Wendy Tigse (2024)**

10.2.35 Gráfico de la variable TIPO DE GRANO

Figura 17: Grafico de medidas de resumen en la variable tipo de grano



Elaborado por: **Wendy Tigse (2024)**

10.2.36 Rendimiento

En la tabla (51) la fuente de variación "Lámina" (L) muestra un efecto altamente significativo con un p-valor de 0,0001, lo que indica que la cantidad de agua aplicada tiene un impacto considerable en la variable estudiada. Asimismo, la variedad (V) también es altamente significativa (p-valor < 0,0001), lo que sugiere que hay diferencias importantes entre las variedades evaluadas. La interacción entre lámina y variedad (L x V) es significativa (p-valor < 0,0001), lo que implica que la respuesta de las variedades varía según la cantidad de agua aplicada. Por otro lado, la repetición no mostró un efecto significativo (p-valor 0,4209), indicando que las diferencias entre repeticiones no afectan la variable de interés, el coeficiente de variación (CV) es moderado (13,41%), lo que sugiere que la variabilidad experimental está bajo control.

Tabla 45: ADEVA de rendimiento por cada una de las macetas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadístico	p-valor	significación
Total	107	416,42				
Repetición	2	0,14	0,07	0,88	0,4209	n.s.
Lámina (L)	1	325,63	325,63	7040,12	0,0001	**
Error (a)	2	0,09	0,05	0,57	0,569	
Variedad (V)	17	54,15	3,19	39,15	<0,0001	**
L x V	17	30,88	1,82	22,33	<0,0001	**
Promedio (g)		2,13				
CV (%)		13,41				

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

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.37 Fisher para Lámina

La tabla de Fisher para la lámina de riego muestra que existe una diferencia significativa en la variable de interés entre las dos láminas evaluadas. La lámina "CC" tiene una media de 3,86, clasificada en el rango de significación "A", mientras que la lámina "% 10 CC" tiene una media mucho menor de 0,39, clasificada en el rango "B". Esto indica que la lámina "CC" produce un

efecto significativamente mayor en la variable estudiada en comparación con la lámina "%10 CC".

Tabla 46: Fisher para láminas de rendimiento

Lámina (L)	Medias	Rango de significacion
CC	3,86	A
%10 CC	0,39	B

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.38 Tukey para Variedad

La tabla de Tukey al 5% para el rendimiento muestra que la variedad "INIAP-ROMERO 73" y "INIAP-CHIMBORAZO 78" tienen las medias más altas, clasificadas en el rango de significación "A", lo que indica que son las variedades con mejor rendimiento. Por otro lado, las variedades "INIAP-COJITAMBO 92", "INIAP-QUILINDAÑA 94", "INIAP-MIRADOR 2010" y "INIAP-COTACACHI 98" presentan las medias más bajas, situándose en el rango de significación "F", lo que sugiere que tienen un rendimiento significativamente menor en comparación con las demás variedades. Las variedades con letras compartidas (por ejemplo, "AB" o "BCD") no muestran diferencias significativas entre sí, pero sí en comparación con otras variedades con letras distintas.

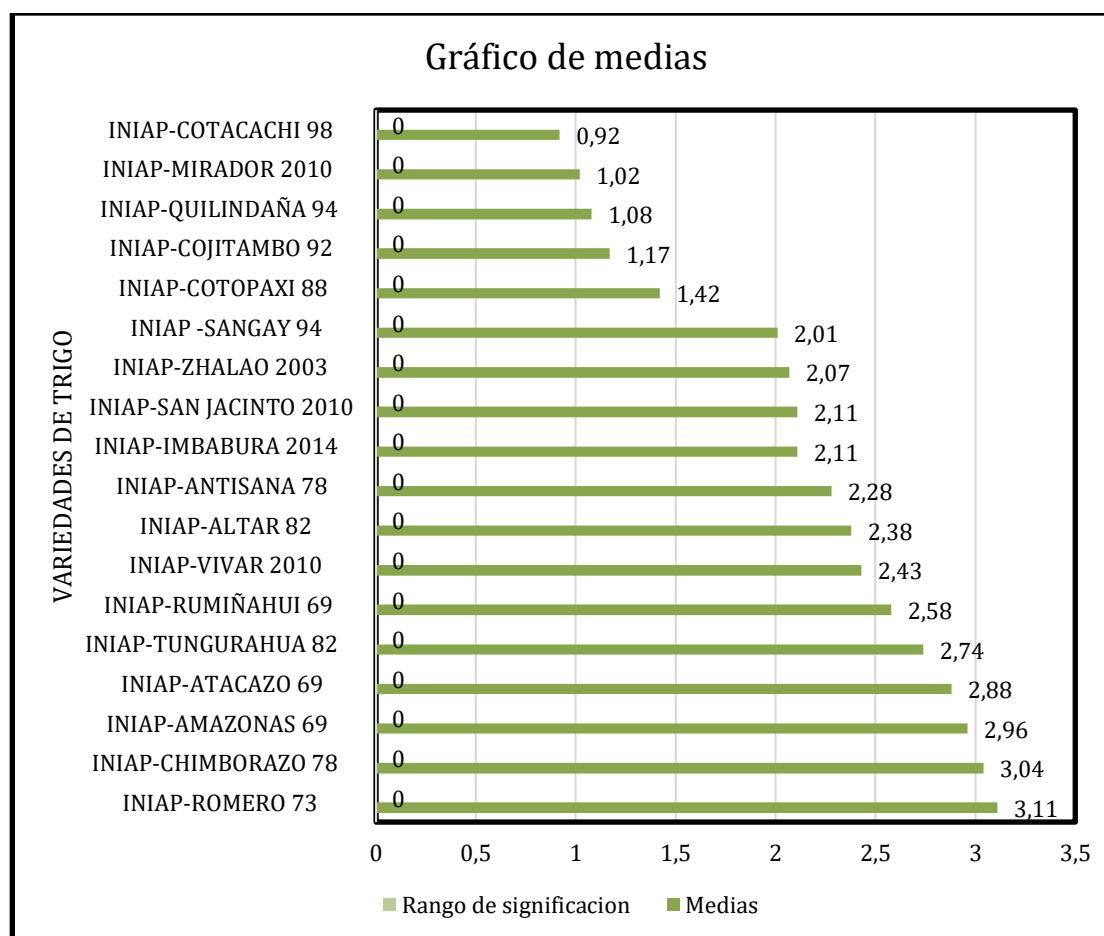
Tabla 47: Tukey para variedad en rendimiento

VARIEDAD	Medias	Rango de significacion
INIAP-ROMERO 73	3,11	A
INIAP-CHIMBORAZO 78	3,04	A
INIAP-AMAZONAS 69	2,96	AB
INIAP-ATACAZO 69	2,88	AB
INIAP-TUNGURAHUA 82	2,74	AB
INIAP-RUMIÑAHUI 69	2,58	AB
INIAP-VIVAR 2010	2,43	BCD
INIAP-ALTAR 82	2,38	BCD
INIAP-ANTISANA 78	2,28	CD
INIAP-IMBABURA 2014	2,11	D
INIAP-SAN JACINTO 2010	2,11	D

INIAP-ZHALAO 2003	2,07	D
INIAP -SANGAY 94	2,01	DE
INIAP-COTOPAXI 88	1,42	EF
INIAP-COJITAMBO 92	1,17	F
INIAP-QUILINDAÑA 94	1,08	F
INIAP-MIRADOR 2010	1,02	F
INIAP-COTACACHI 98	0,92	F

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

Figura 18: Grafico de barras de rendimiento



Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

10.2.39 Interacción de lámina*Variedad

La tabla de Tukey de interacción entre lámina y variedad muestra diferencias significativas en el rendimiento dependiendo de la combinación específica de lámina y variedad.

. Las variedades que bajo la lámina CC mostraron buenos resultados, como "INIAP-ROMERO 73" también obtuvo una mayor media en la lámina de riego de 10% de capacidad de campo. Esto

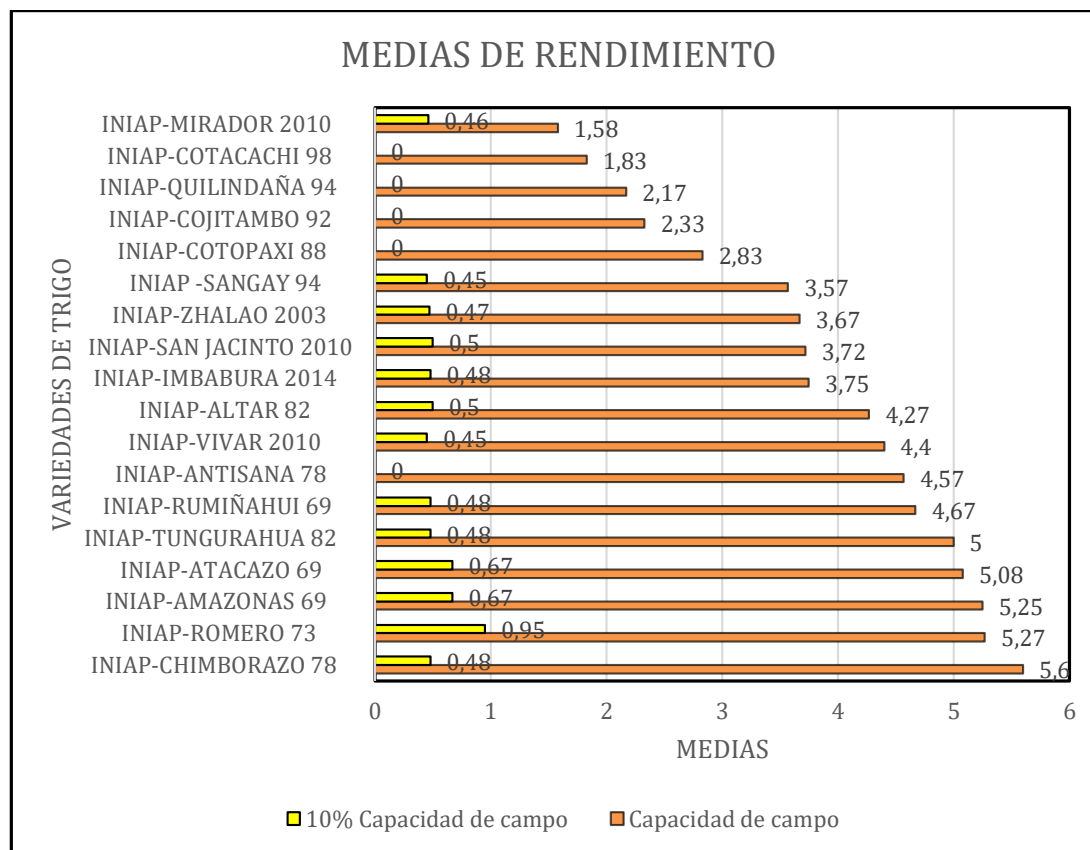
resalta que las otras variedades son mucho menos eficientes o incluso no productivas bajo condiciones de lámina %10 CC, indicando una alta susceptibilidad a la reducción de agua.

Tabla 48: Tukey de interacción de Lamina por Variedad en rendimiento

Lámina (L)	VARIEDAD	Medias	Rango de significacion
CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	5,6	A
CC	INIAP-ROMERO 73	5,27	AB
CC	INIAP-AMAZONAS 69	5,25	AB
CC	INIAP-ATACAZO 69	5,08	ABC
CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	5	ABC
CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	4,67	ABCD
CC	INIAP-ANTISANA 78	4,57	BCDE
CC	INIAP-VIVAR 2010	4,4	BCDEF
CC	INIAP-ALTAR 82	4,27	CDEF
CC	INIAP-IMBABURA 2014	3,75	DEFG
CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	3,72	EFG
CC	INIAP-ZHALAO 2003	3,67	EFG
CC	INIAP -SANGAY 94	3,57	FG
CC	INIAP-COTOPAXI 88	2,83	GH
CC	INIAP-COJITAMBO 92	2,33	HI
CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	2,17	HI
CC	INIAP-COTACACHI 98	1,83	IJ
CC	INIAP-MIRADOR 2010	1,58	IJK
%10 CC	INIAP-ROMERO 73	0,95	JKL
%10 CC	INIAP-ATACAZO 69	0,67	KLM
%10 CC	INIAP-AMAZONAS 69	0,67	KLM
%10 CC	INIAP-SAN JACINTO 2010	0,5	LM
%10 CC	INIAP-ALTAR 82	0,5	LM
%10 CC	INIAP-CHIMBORAZO 78	0,48	LM
%10 CC	INIAP-TUNGURAHUA 82	0,48	LM
%10 CC	INIAP-RUMIÑAHUI 69	0,48	LM
%10 CC	INIAP-IMBABURA 2014	0,48	LM
%10 CC	INIAP-ZHALAO 2003	0,47	LM
%10 CC	INIAP-MIRADOR 2010	0,46	LM
%10 CC	INIAP -SANGAY 94	0,45	LM
%10 CC	INIAP-VIVAR 2010	0,45	LM
%10 CC	INIAP-COJITAMBO 92	0	M
%10 CC	INIAP-ANTISANA 78	0	M
%10 CC	INIAP-QUILINDAÑA 94	0	M
%10 CC	INIAP-COTOPAXI 88	0	M
%10 CC	INIAP-COTACACHI 98	0	M

Elaborado por: Wendy Tigre (2024)

10.2.40 Grafico de interacción



10.2.41 Perdida de rendimiento

Como se puede observar la variedad **INIAP-MIRADOR 2010** destaca como la más tolerante, con un porcentaje de pérdida del 70.9%, sugiriendo que mantiene una mayor estabilidad en su rendimiento bajo condiciones adversas.

Otras variedades como **INIAP-ROMERO 73**, **INIAP-MIRADOR 2010**, e **INIAP-TUNGURAHUA 82** tienen porcentajes de pérdida menores al 90%, lo que indica que son más tolerantes al estrés y mantienen una mayor proporción de su rendimiento bajo estas condiciones.

Las variedades como **INIAP-ANTISANA 78**, **INIAP-COTOPAXI 88**, **INIAP-COJITAMBO 92**, **INIAP-QUILINDAÑA 94**, e **INIAP-COTACACHI 98** muestran un 100% de pérdida, lo que sugiere que estas variedades no tienen tolerancia o resiliencia bajo las condiciones de estrés.

Tabla 49: Perdida de rendimiento (diferencia de medias)

VARIEDAD	MEDIA Cc	MEDIA 10% Cc	REGLA DE 3	% DE PERDIDA
INIAP-CHIMBORAZO 78	5,6	0,48	8,6	-91,4
INIAP-ROMERO 73	5,27	0,95	18,0	-82,0
INIAP-AMAZONAS 69	5,25	0,67	12,8	-87,2
INIAP-ATACAZO 69	5,08	0,67	13,2	-86,8
INIAP-TUNGURAHUA 82	5	0,48	9,6	-90,4
INIAP-RUMIÑAHUI 69	4,67	0,48	10,3	-89,7
INIAP-ANTISANA 78	4,57	0	0,0	-100,0
INIAP-VIVAR 2010	4,4	0,45	10,2	-89,8
INIAP-ALTAR 82	4,27	0,5	11,7	-88,3
INIAP-IMBABURA 2014	3,75	0,48	12,8	-87,2
INIAP-SAN JACINTO 2010	3,72	0,5	13,4	-86,6
INIAP-ZHALAO 2003	3,67	0,47	12,8	-87,2
INIAP -SANGAY 94	3,57	0,45	12,6	-87,4
INIAP-COTOPAXI 88	2,83	0	0,0	-100,0
INIAP-COJITAMBO 92	2,33	0	0,0	-100,0
INIAP-QUILINDAÑA 94	2,17	0	0,0	-100,0
INIAP-COTACACHI 98	1,83	0	0,0	-100,0
INIAP-MIRADOR 2010	1,58	0,46	29,1	-70,9

Elaborado por: Wendy Tigse (2024)

13. CONCLUSIONES

Se determinó que la variedad que tolero mejor el déficit hídrico fue INIAP – MIRADOR 2010 con un porcentaje de pérdida de rendimiento de 70,9 % frente al rendimiento obtenido en esta variedad con el estado de Capacidad de campo (Cc) , seguido de INIAP-AMAZONAS 69, INIAP – IMBABURA 2014 y INIAP – ZHALAO 2003 con un porcentaje de 87,2 % en las tres variedades.

Se llega a la conclusión que las variedades con mejor tolerancia a la sequía según su comportamiento en las variables: Vigor, habito de crecimiento, altura de planta, peso de la espiga y numero de granos fueron la variedad INIAP - AMAZONAS 69 y la variedad INIAP – ROMERO 73. Aunque estas dos presentan el tipo de grano mediano, de todo esto se establece que las variedades evaluadas son afectadas por la sequía presentando niveles de tolerancia que permiten seguir investigando para las variedades con mejores resultados.

14. RECOMENDACIONES

Las variedades que mostraron una mayor tolerancia a la sequía, como INIAP-ROMERO 73 para peso de materia seca y INIAP-AMAZONAS 69 para peso de la espiga, deberían ser priorizadas en los programas de mejoramiento genético. Esto permitiría desarrollar nuevas líneas de trigo con una mayor resistencia a condiciones de sequía, lo que es crucial para las zonas agrícolas con limitaciones hídricas.

Las pruebas realizadas bajo condiciones de invernadero deben ser complementadas con ensayos de campo a gran escala para confirmar la eficacia de las variedades identificadas como más tolerantes. Esto ayudaría a validar los resultados y aseguraría que las variedades seleccionadas mantengan su rendimiento bajo condiciones de campo realistas, proporcionando una base sólida para recomendaciones agrícolas más amplias.

14. BIBLIOGRAFÍA

Abbate, P. E. (2024). *Manual del Cultivo del Trigo Cultivo de Tri o. March.*

Acuayte-Valdés, E., Sandoval-Islas, S., Carballo-Carballo, A., Villaseñor-Mir, E., Leyva-Mir, S. G., & Vargas-Hernández, M. (2018). Áreas para producción de semilla de trigo en Valles Altos Centrales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 737–746.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i4.1391>

Afonso Dorta, S., & Ramón Fernández, F. (2022). La variedad vegetal y la protección de la biodiversidad. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 142–152.
<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1741>

Avila, J. A. (2018). EL CULTIVO DEL TRIGO (1ª parte). In *Www.Infoagro.Com/Herbaceos/Cereales/Trigo.Htm*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6228/1/UPS-YT00285.pdf>

Chen, X., Tang, Y., Duan, Q., & Hu, J. (2023). Phenotypic quantification of root spatial distribution along circumferential direction for field paddy-wheat. *PLoS ONE*, 18(7 July), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279353>

Coronel, J., & Jiménez, C. (2011). *INIAP-Estación Experimental Austro*
CONTENIDO.

Corporación Financiera Nacional B.P. (2021). *Ficha Sectorial*. 1(1), 5.
<https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3->

trimestre/Ficha-Sectorial-Alimentos-preparados-para-

animales.pdf%0Ahttps://www.cfn.fin.ec/wp-

content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/

COY, M. C. H. (2017). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA DETERMINAR CAPACIDAD DE CAMPO*. 2–4.

David, P. M. A. (2022). “EVALUACIÓN DE LAS VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DEL INIAP BAJO CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL CAMPUS SALACHE, UTC 2021 - 2022.” In *Sistema Biodigestor*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>

Espinoza Vanegas, W. L. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revista Multi-Ensayos*, 4(7), 47–54. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>

Estrada, D., Martinez, J., Iglesias, L., & Paz, E. (2014). Caracterización agronómica y económica del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad Jupateco, en la comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León*, August 2014, 37. [https://www.researchgate.net/profile/David-Estrada-](https://www.researchgate.net/profile/David-Estrada-Santana/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua/links/573c7fb508ae298602e587a6/Caracterizac)

[Santana/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua/links/573c7fb508ae298602e587a6/Caracterizac](https://www.researchgate.net/profile/David-Estrada-Santana/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua/links/573c7fb508ae298602e587a6/Caracterizac)

Fallas, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(4), 306–310. http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf

FAO. (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria. *Organizacion de Las*

Naciones Unidas ONU, 2. www.fao.org/climatechange

FAO. (2019). World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2018. In *World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2018*. <https://doi.org/10.4060/ca1796en>

Fernando, C., & Flor, S. (2011). *EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE CUATRO LÍNEAS Y TRES VARIETADES DE CEBADA (Hordeum)*. 145.

Flores-Velázquez, J., & Villarreal-Guerrero, F. (2017). Diseño de un sistema de ventilación forzada para un invernadero cenital usando CFD. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(2), 303–316. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i2.690>

Galdames G, R. (2013). Principales enfermedades del trigo en el borde costero de la región de la Araucanía. *Produccion de Trigo Harinero Para El Borde Costero de La Araucania*, 69–84. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39302.pdf>

García, M., & Lasluisa, O. (2002). *Diseño y construcción de un sistema de temperatura integral para invernaderos*. 1–17. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12021>

Garófalo, J., Ponce-Molina, L., & Noroña, P. (2021). Incremento del rendimiento y calidad de grano en germoplasma mejorado de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en el año 2020. *Revista Alfa*, 5(14), 250–261. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.115>

Gutierrez Liñan, J. L. (2019). *Universidad Autonoma del Estado de Mexico - Centro Universitario (UAEM ZUMPANGO) Diseños de parcelas divididas*. 1–36. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108266/secme->

3276_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrera Galarza, T. F. (2016). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA TESIS DE GRADO TÍTULO: Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma AUTORA ASESOR TÉCNICO.*

INCAP. (n.d.-a). Cereales y sus productos. In *Contenidos Actualizados de Nutricion y Alimentacion* 6. <https://aprendizaje.mec.edu.py/dw-recursos/system/content/c171493/600> - Ciencias aplicadas, Tecnologia/610 - Ciencias medicas. Salud. Medicina/Cereales y sus Productos.pdf

INCAP. (n.d.-b). Nutrición En La Escuela. In *Incap.*

INIAP -Estación Experimental Santa Catalina. (n.d.). <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>

IPCC. (2014). IPCC 2014 Impacts - Technical Summary. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

IPNI. (2017). *Manual del Cultivo del Trigo.* <http://lacs.ipni.net>

Juárez, Z. N., Bárcenas-Pozos, M. E., & Hernández, L. R. (2014). El grano de trigo : características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*, 8(1), 79–92.

LLumitaxi, A. (2024). *UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI.* In *Repositorio Utc.* <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>

Luis, M. C. J., Salinas, R., Khalidou, I., Bâ, M., Henry, I., Kelso, A., Ii, B., &

- Magaña Hernández, F. (2013). *Estimación de la demanda hídrica del trigo y sorgo en el Estado de México mediante la recalibración de KT*. 22, 72–76.
- Mario Mellado Z., & B., R. M. (1999). *Cultivo De Trigo En Periodos De Escasez De Agua*.
- MARITSA, A. B. N. (2013). MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATO PARA EL CONTROL DE DAMPING-OFF EN SEMILLERO DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.), BAJO INVERNADERO EN LA EMPRESA SERAGROFOREST, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS. *הנוטע עלון*, 66(1997), 37–39.
[http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2992/1/33T0120 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2992/1/33T0120.pdf)
- Minta, M. (2024). Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. *Repositorio Utc*, 67.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*, 1–216.
<http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>
- Monsalve, O., & Villagrán, E. (2021a). Cosecha Y Poscosecha. *Manual de Producción de Pepino Bajo Invernadero*, 161–178.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv2175q34.10>
- Monsalve, O., & Villagrán, E. (2021b). *Cosecha Y Poscosecha*. 161–178.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv2175q34.10>
- Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R., Iglesias, L., Moreno, M. C. I., Agregado, I., Ramírez, ; A, & Plana, C. R. (2001). El Cultivo Del Trigo. Algunos Resultados

- De Su Producción En Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 55–67.
- Nieto, M., Garófalo, J., & Ponce, L. (2021). *Guía Cereales 2021*.
file:///C:/Users/Wendy Tigse/Downloads/1 GUIA CEREALES 2021.pdf
- Pérez, O. (2015). *Efectos del Déficit Hídrico en Cinco Cultivares de Trigo*.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15052/1/Tesis-Mag.Sci.2004-Perez-Osvaldo.pdf>
- Pinzón-lópez, J. J. J. M. (2012). *Effect of Water Stress on Growth and Water use Efficiency of Tree Seedlings of Three Deciduous Species*. 343–353.
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57325814006.pdf>
- Pistoni, I. A. P. L. (2021). *Cultivo de trigo*. 2, 125–151. file:///C:/Users/Wendy Tigse/Downloads/Cultivo-de-Trigo (1).pdf
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2022). *Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana* (INIAP-FIASA (Ed.)). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6016>
- Ponce, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum* L.). *Manual de Manejo Del Cultivo y Conservación de Suelos*, 004, 22.
file:///C:/Users/Wendy Tigse/Downloads/guía trigo_compressed (3).pdf
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. In *INIAP Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, EC* (Vol. 1, Issue 111).
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce, L., Garófalo, J., Ochoa, J., Falconi, E., & Kohli, M. M. (2015). *The History of Wheat Breeding in Ecuador Historical background*. October.
<https://www.researchgate.net/publication/344168966>

- Posada, G., Suárez, P., Rosso, M., Soave, J., Buteler, M., Monteoliva, M., & Guzzo, M. (2022). *Selección de materiales tolerantes a la sequía evaluando respuestas fisiológicas en una población de rils con parentales silvestres*. 2022.
- Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rienzo, J. Di, Macchiavelli, R., & Casanoves, F. (2010). Modelos mixtos en Infostat. *Cordoba, Argentina, Editorial Brujas, January*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Modelos+Mixtos+InfoStat#0>
- Rivadeneira. (n.d.). *INIAP -Estación Experimental Santa Catalina (INIAP QUILINDAÑA* 94). <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Santiago, L. H., Castañeda, C. L., Rincón, V. H. A., & Gómez, E. J. B. (2024). Resistencia a sequía y tolerancia a calor en cebada y trigo. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(2), e69573. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-055>
- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., & Acevedo, E. (2015). Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos. In *Journal of Structural Engineering* (Vol. 141, Issue 9).
- Straquadine, G. S., Barjees Baig, M., & Mukhtar Professor, M. (2017). Special Issue on: Sustainable Agriculture and Food Security In the Arab World (SAFSAW) Lead Guest Editors. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 5. <http://www.horizonpublisherindia.in/>

- Tenesaca. (2021). *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera Ingeniería Agronómica*.
- Urbano et al. (n.d.). *INIAP -Estación Experimental Santa Catalina (COTOPAXI 88)*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Vigilancia, P. De. (2019). *Guía de síntomas y daños de la Roya negra del tallo del trigo (Puccinia graminis f. sp .*
- Younes, M. Ben, Salah, H. Ben, & Kharrat, M. (2017). *Respuesta al estrés hídrico de trigos duros (Triticum turgidum ssp. durum) y harineros (Triticum aestivum L.) de Túnez*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000100013&script=sci_arttext&tIng=es
- Agroptima. (2024). *Los peligros del carbón volador del trigo y como prevenirlo [Fotografía]*. Obtenido de Agroptima: <https://blog.agroptima.com/es/blog/los-peligros-del-carbon-volador-del-trigo-y-como-prevenirlo/>
- Almacellas., J. (2015). *La roya amarilla del trigo: características, situación actual y claves para el control [Fotografía]*. Obtenido de Grandes Cultivos: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/131497-La-roya-amarilla-del-trigo-caracteristicas-situacion-actual-y-claves-para-el-control.html>
- Asociacion Kokopelli. (2024). *Asociacion Kokopelli*. Obtenido de <https://kokopelli-semillas.com/trigo/>
- Bruno, A. (21 de 01 de 2018). *Trigos Antiguos*. Obtenido de <https://blatsantics.com/es/grano-2/>
- Climate, W. a. (2024). *Clima de Pichincha, Ecuador*.

- Donley, A. (12 de MARZO de 2024). *La FAO prevee un aumento del 1% en la producción mundial de trigo*. Obtenido de WORLD-GRAIN : <https://www.world-grain.com/articles/19730-fao-sees-1-increase-in-global-wheat-output>
- Elfer. (2014). *elfer agronutrients & bioestimulants*. Obtenido de <https://www.dasaelfer.com/cereales/trigo>
- EOS Data Analytics. (14 de julio de 2023). *Soluciones espaciales para problemas de la Tierra*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-trigo/#:~:text=Un%20suelo%20franco%2C%20profundo%2C%20con,el%20cultivo%20de%20este%20cereal>.
- FAO . (2024). *Situación alimentaria mundial*. FAO.
- FAO. (1996). *FAO* . Obtenido de MEJORANDO LA NUTRICION A TRAVEZ DE HUERTOS Y GRANJAS : <https://www.fao.org/4/V5290S/v5290s25.htm#TopOfPage>
- FAO. (2021). *Invitación pa El impacto de los desastres y las crisis en la agricultura y la seguridad alimentaria, 2021*. edición de 2021.
- FAO. (2024). *Situacion alimentaria mundial* .
- Infoagro. (s.f.). *Industria de los cereales y derivados*. Obtenido de El cultivo del trigo: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo3.htm>
- INIAP & CIP . (2024). *INIAP y el CIP analizarán técnicas de producción de semilla de papa*. Obtenido de Ministerio de agricultura y ganaderia : <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-y-el-cip-analizaran-tecnicas-de-produccion-de-semilla-de-papa/#:~:text=Consiste%20en%20que%20el%20productor,para%20la%20producci%C3%B3n%20del%20cultivo>.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (s.f.). *Variedades* . Obtenido de <https://eva.iniap.gob.ec/web2/papa/variedades-papa/#fichas>

- Limón, I. (Enero de 2021). *Roya parda [Fotografía]*. Obtenido de Dominio Agrícola : <https://dominioagricola.com/roya-parda/>
- Molina, M. (16 de febrero de 2022). *Análisis de normalidad*. Obtenido de Anestesiari: <https://anestesiari.org/2022/analisis-de-normalidad-una-imagen-vale-mas-que-mil-palabras/>
- Muhammad Bilal Hafeez, N. Z. (2023). Influencia del estrés térmico durante el desarrollo del grano sobre el rendimiento, la calidad y la composición del grano de trigo. *Revistas de ciencias del suelo y nutrición vegetal*, 2955–2969.
- Novagric. (2024). *Novagric Temperaturas de invernadero* . Obtenido de Novagric : <https://novagric.com/clima-de-un-invernadero-como-conseguir-la-temperatura-ideal/#:~:text=Temperatura%20en%20invernaderos&text=Generalmente%2C%20la%20temperatura%20m%C3%ADnima%20requerida,por%20%20ser%20la%20temperatura%20m%C3%A1xima.>
- Plantix. (2024). *Fusariosis de los Cereales [Fotografía]*. Obtenido de Plantix : <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100093/fusarium-head-blight/>
- Wikipedia . (26 de Julio de 2024). *Puccinia graminis {Fotografía}*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Puccinia_graminis