



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente.

Carrera de Agronomía

Tema:

EVALUACIÓN DE LA RESTRICCIÓN, EN LA FERTILIZACIÓN NÍTRICA Y AMONÍACAL SOBRE LA SANIDAD Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE DOS LÍNEAS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.)

Proyecto de Investigación previo a la obtención de título de Ingeniera Agrónoma, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

Autora:

Joseline Nicole Espinoza Pañi

Tutora:

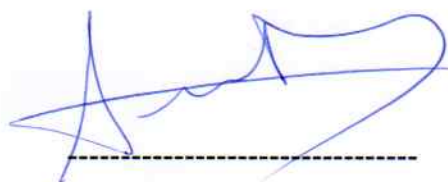
Dra. Andrea Elizabeth Román Ramos

Guaranda – Ecuador

2025

EVALUACIÓN DE LA RESTRICCIÓN EN LA FERTILIZACIÓN NÍTRICA Y AMONICAL SOBRE LA SANIDAD Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE DOS LÍNEAS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.)

REVISADO Y APROBADO POR:



Dra. Andrea Román Ramos

TUTORA



Ing. David Rodrigo Silva García

DOCENTE LECTOR



Ing. Nelson Monar Gaviláñez

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

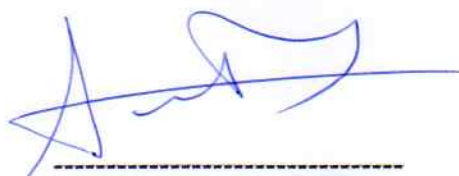
Yo, Joseline Nicole Espinoza Pañi, con CI 010745289-8, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



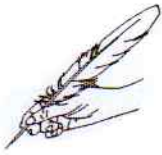
Joseline Nicole Espinoza Pañi

010745289-8



Dra. Andrea Elizabeth Román Ramos

060408487-1



Notaría Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario



....rio

N° ESCRITURA 20250201003P00223

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

JOSELINE NICOLE ESPINOZA PAÑI

INDETERMINADA

DI: 2 COPIAS L.L

Factura: 001-001-000016960

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día treinta y uno de enero del dos mil veinticinco, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece la señorita JOSELINE NICOLE ESPINOZA PAÑI soltera, con número de celular 0988362510, domiciliada en el Cantón Cuenca y de paso por esta ciudad de Guaranda, correo electrónico es joselin.spinoza25@gmail.com, por sus propios derechos, obligarse a quien de conocerla doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertida de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declaramos lo siguientes Previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, de la carrera de Agronomía, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar, manifestó que los criterios e ideas emitidas en el presente estudio de caso titulado EVALUACIÓN DE LA RESTICCIÓN EN LA FERTILIZACIÓN NÍTRICA Y AMONIACAL SOBRE LA SANIDAD Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE DOS LÍNEAS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora. Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue a la compareciente por mí el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica y firma conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaría la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

JOSELINE NICOLE ESPINOZA PAÑI

C.C.0107452898




ABOGADO HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



Joseline Nicole Espinoza Pañi

TESIS JOSELINE NICOLE ESPINOZA PAÑI_pdf

-  David Silva
-  David Silva
-  Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:424960528

Fecha de entrega

30 ene 2025, 11:56 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

30 ene 2025, 3:56 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS JOSELINE NICOLE ESPINOZA PAÑI..pdf

Tamaño de archivo

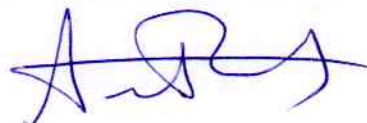
2.9 MB

83 Páginas

15,799 Palabras

88,769 Caracteres

Firma:



Revisado por: Dra. Andrea Román Ramos

Fecha:

30/01/25




8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Trabajos entregados
- ▶ Fuentes de Internet
- ▶ Base de datos de contenido publicado de Crossref

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

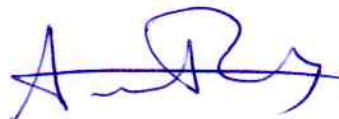
N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Firma:



Revisado por: Dra. Andrea Román Ramos

Fecha: 30/01/25

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado en primer lugar a Dios, quien me ha brindado fuerza, sabiduría y resiliencia en cada proceso de este camino académico y de mi diario vivir. Esta tesis me la dedico a mí por no haber desistido de mis sueños, por este logro que no es suerte sino el fruto de mi esfuerzo y dedicación por las mil y una batallas que tuve y que a nadie conté porque sin lugar a dudas he realizado un esfuerzo extra para equilibrar mi vida académica, laboral y personal.

A mis padres Xavier Espinoza y Enma Pañi por su gran ejemplo de perseverancia y los innumerables sacrificios que han hecho para que pudiera alcanzar mis metas, su fe en mis capacidades me han brindado la confianza suficiente para superar cada obstáculo y alcanzar este logro tan importante que también es suyo. A mi hermana Domenica y a mis hermanos Omar, Jostin y Jordy por ser mi apoyo y motivación de este largo proceso. A mi tía Aida Castillo por todos sus consejos que fueron mi sostén en todo este tiempo, por la confianza y apoyo incondicional en mi formación profesional.

A la memoria de todos mis abuelitos en especial a Rosa Castillo y Segundo Pañi quienes siempre me alentaban para seguir con mi trayectoria educativa, se los prometí y lo estoy logrando les dedico este proyecto con mucho amor de aquí hasta el cielo.

Joseline Nicole Espinoza Pañi.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por la vida de mis padres quienes son los principales impulsores de mis sueños, agradezco por siempre querer y proveer lo mejor para mi vida, sin ustedes esto no sería posible.

Gracias a mi novio Xavier Castillo por creer en lo nuestro, por su paciencia y porque a pesar de la distancia confió en mí y me brindó su apoyo a lo largo de mi carrera.

Agradezco a mi amiga, compañera y futura colega Magaly Ortiz, con quien tuve la dicha de compartir no solo el aula, sino también un departamento en donde compartimos momentos que hicieron esta etapa de mi vida una experiencia inolvidable.

A mi tutora la Dra. Andrea Román, por su dedicación y disposición a resolver mis dudas y como no también a los Ing. Eduardo Rodríguez e Ing. David Silva por haberme apoyado y ayudado a lo largo de este proyecto y por compartirme sus conocimientos que confío me servirán en lo largo de mi vida como profesional.

Un agradecimiento al proyecto UEB-FIASA, por el soporte técnico, económico y científico en cada uno de los procesos de esta investigación.

Agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, por eso grandes profesionales que tuve la dicha de llamarles profesores, gracias por regalarme amistades que llevaré siempre en mi corazón.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pag
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4 HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Origen	6
2.2. Clasificación taxonómica	6
2.3. Características botánicas	6
2.3.1. Raíz	6
2.3.2. Tallo	7
2.3.3. Hojas	7
2.3.4. Inflorescencia	7
2.3.5. Fruto	7
2.4. Ciclo del cultivo	8
2.4.1. Germinación	8
2.4.2. Ahijamiento	8
2.4.3. Encañado	8
2.4.4. Espigado	9
2.4.5. Maduración	9
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	9

2.6. Manejo del cultivo	9
2.6.1. Preparación de terreno	9
2.6.2. Siembra	10
2.6.3. Fertilización	10
2.6.4. Control de malezas	11
2.6.5. Desmezcla	12
2.6.6. Cosecha	12
2.6.7. Trilla	12
2.7. Plagas	13
2.7.1. El cascarudo o bicho torito (<i>Diloboderus abderus</i>)	13
2.7.2. Pulgón verde del follaje (<i>Schizaphis graminum</i>)	13
2.7.3. Oruga militar (<i>Pseudaletia adultera</i>)	13
2.8. Enfermedades	14
2.8.1. Roya lineal o amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>)	14
2.8.2. Roya de la hoja (<i>Puccinia tritici</i>)	15
2.8.3. Fusariosis de la espiga (<i>Fusarium graminearum</i>)	16
CAPÍTULO III	18
3. MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. Ubicación y características de la investigación	18
3.2. Metodología	18
3.2.1. Material en estudio	18
3.2.2. Factores en estudio	19
3.2.3. Tratamientos	19
3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico	20
3.2.5. Manejo de la investigación	21
2.2.6. Métodos de evaluación	23

2.2.7. Análisis de datos	26
CAPÍTULO IV	27
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.1. Análisis de variables agronómicas	27
4.1.2. Análisis de variables sanitarias	32
4.1.3. Análisis de variables de rendimiento	36
4.1.4. Análisis económico	43
4.2. Comprobación de hipótesis	47
CAPÍTULO V	48
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1.1. CONCLUSIONES	48
5.1.2. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag
1	Resultados del análisis de varianza del Porcentaje de Emergencia (PE), Número de macollo (NM), Número de espigas por m ² (NEPMC) y Altura de planta (AP).	27
2	Resultados de análisis de varianza de Severidad de Manchas foliares (SEVMF).	32
3	Resultados del análisis de varianza de Número de granos por espiga (NGPE), Peso de granos por espiga (PGPE), Rendimiento (REN), Peso de mil granos (PM), y Peso hectolítrico (PH).	36
4	Presupuesto parcial para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenados y dosis de fertilización.	43
5	Análisis de dominancia para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenadas y dosis de fertilización.	44
6	Análisis de la tasa de retorno marginal	45

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pag
1	Medias para el número de espigas por metro cuadrado (NEPMC) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno	28
2	Medias para el número de macollos (NM) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	29
3	Medias para la altura de la planta (AP) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	31
4	Medias para la severidad de manchas foliares (SEVMF) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	33
5	Medias para la severidad de roya (SEVR) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	34
6	Medias para el número de granos por espiga (NGPE) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	36
7	Medias para el peso de granos por espiga (PGPE) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	38
8	Medias para el rendimiento (REN) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	39
9	Medias para el peso de mil granos (PM) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	41
10	Medias para el peso hectolítrico (PH) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle
1	Mapa de ubicación de la investigación
2	Croquis del ensayo
3	Análisis de ensayo
4	Escala de Horsfall-Barratt
5	Escala de Cobb
6	Escala de Stack & Mullen
7	Base de datos
8	Manejo del cultivo y base de datos
9	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es esencial para la industria y la alimentación global, enfrenta enfermedades como roya, mancha foliares y fusariosis, cuya incidencia puede aumentar con la fertilización nitrogenada. Sin embargo, la fertilización mejora el rendimiento, plantea desafíos para la sanidad del cultivo, destacando la importancia de un manejo agronómico sostenible. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación fueron. 1) Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada con fuentes nítrica y amoniacal sobre la severidad de enfermedades fúngicas ante eventos de infección natural de manchas foliares, roya y fusarium. 2) Determinar el efecto del uso eficiente del nitrógeno dependiendo de la fuente aplicada, y 3) Estimar el retorno económico de las inversiones de las tecnologías de fertilización aplicadas a partir de un análisis de dominancia. Los datos fueron examinados con un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey al 5%. Los resultados obtenidos nos mostraron que las variables número de macollos (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEPMC), altura de la planta (AP), severidad de manchas foliares (SEVMF), severidad de roya (SEVR), número de granos por espiga (NGPE), peso de granos por espiga (PGPE), rendimiento (REN), peso de mil granos (PM) y peso hectolítrico (PH) fueron significativas $p < 0.05$. Se observó que el T10 y T7 tratados con fertilización amoniacal (nitrato de amonio) al 100% del requerimiento presentó menor severidad de manchas foliares, así como obtuvo un rendimiento de 5.635.45 kg ha⁻¹. Además, el análisis de dominancia reveló que al utilizar un trigo tolerante a enfermedades fúngicas con nitrato de amonio cubriendo el 100% del requerimiento de fertilización como el tratamiento (T10) obtiene mayor beneficio neto (\$1.873.22 USD), destacándose como la opción más rentable comparado con los demás tratamientos. Por lo tanto, la fertilización con fuentes nítrica y amoniacal influye significativamente en la severidad de las enfermedades fúngicas en trigo harinero.

Palabras clave: trigo harinero, fertilización nitrogenada, roya, manchas foliares, fusariosis, sanidad del cultivo.

SUMMARY

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is essential for industry and global food, it faces diseases such as rust, leaf spots and fusariosis, the incidence of which can increase with nitrogen fertilization. Nevertheless, the fertilization improves yield, it poses challenges for the health of the crop, highlighting the importance of sustainable agronomic management. Therefore, the objectives of this research were: 1) Evaluate the effect of nitrogen fertilization with nitric and ammoniacal sources on the severity of fungal diseases in the event of natural infection of leaf spots, rusts and fusarium. 2) Determine the effect of efficient nitrogen use depending on the source applied, and 3) Estimate the economic return on investments of the applied fertilization technologies based on a dominance analysis. The data were examined with analysis of variance followed by the 5% Tukey test. the results obtained indicate that the variables number of tillers (NM), number of spikes per square meter (NEPMC), plant height (AP), severity of leaf spots (SEVMF), severity of rust (SEVR), number of grains per spike (NGPE), grain weight per spike (PGPE), yield (REN), thousand grain weight (PM), and hectoliter weight (PH) were significant. It was observed that T10 and T7 treated with ammonia fertilization (ammonium nitrate) at 100% of the requirement presented less severity of leaf spots, as well as obtained a yield of 5635.45kg ha⁻¹. Furthermore, the dominance analysis revealed that by using a wheat tolerant to fungal diseases with ammonium nitrate covering 100% of the fertilization requirement as the treatment (T10), the greatest net benefit was obtained (\$1,873.22 USD), standing out as the most cost-effective compared to treatments. therefore, fertilization with nitric and ammoniacal sources significantly influences the severity of fungal diseases in bread wheat.

Keywords: bread wheat, nitrogen fertilization, rust, leaf spots, gibberella, crop health.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cereales más utilizados en el mundo, tanto para fines industriales como alimentarios. En el período de 2023/2024, China fue el mayor productor de trigo a nivel mundial, con una producción de aproximadamente 136.6 millones de toneladas. La Unión Europea y la India ocuparon el segundo y tercer lugar, respectivamente. La UE no ha recuperado la posición de liderazgo que perdió en la temporada 2021/2022, pero sigue desempeñando un papel importante en el ámbito global, especialmente gracias a Francia y Alemania. Estos dos países son los principales productores de trigo dentro de la Unión Europea, con una producción conjunta alrededor de 57 millones de toneladas en 2022 (Orús, 2024).

El trigo es uno de los cultivos más importantes en la serranía ecuatoriana, especialmente en el callejón interandino. Las provincias de Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha registran la mayor superficie sembrada en el país. En 2021, Carchi sembró 2 976 hectáreas, liderando así la producción de este cereal en Ecuador. Según la FAO, la producción total de trigo en 2024 se estima en 128.4 millones de toneladas, lo que representa una disminución del 4% respecto al año anterior (Ponce, Garófalo, & Noroña, 2022).

En la provincia de Bolívar, en el año 2023 se cultivaron aproximadamente 372 hectáreas de trigo, principalmente en los cantones Guaranda, San Miguel y Chillanes, con una producción total de 337 toneladas métricas (ESPAC, 2023).

Por otro lado, se reconoce ampliamente que la aplicación de fertilizantes nitrogenados suele resultar en un aumento del contenido total de proteínas, así como en la concentración de gliadina y glutenina en el trigo. Sin embargo, a pesar de los considerables esfuerzos de investigación dedicados a comprender estrés abiótico y los factores de manejo específicos, como la nutrición con el nitrógeno (N), en relación con la calidad del trigo, existe una carencia generalizada de información

sobre el impacto de las enfermedades foliares y su interacción con los fungicidas y la fertilización nitrogenada en las propiedades reológicas de la masa y la calidad del gluten (Fleitas et al., 2018).

El presente estudio se centra en investigar el efecto de la restricción en la fertilización nitrogenada y amoniacal sobre el estado sanitario y el rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero- la comprensión de cómo estas restricciones afectan al trigo harinero es crucial para desarrollar prácticas de manejo agronómico más eficientes y sostenibles.

A través, de la evaluación de estas variables clave, se busca obtener información valiosa que contribuya a mejorar la toma de decisiones en la fertilización del trigo harinero, promoviendo prácticas agronómicas más sostenibles y eficientes. Además, se espera que los resultados obtenidos puedan servir como base para futuras investigaciones en este campo y para el desarrollo de estrategias de manejo adaptadas a las condiciones locales de producción de trigo harinero.

1.2 PROBLEMA

El cultivo de trigo es uno de los pilares fundamentales de la agricultura a nivel mundial, ya que este proporciona un importante sustento alimenticio y económico para millones de personas. Sin embargo, este cultivo enfrenta constantes desafíos debido a la presencia de enfermedades que pueden reducir significativamente el rendimiento y la calidad del grano. Entre estas enfermedades se destacan la roya, las manchas foliares y fusariosis, las cuales pueden ser intensificadas por la fertilización nitrogenada.

A pesar de la importancia de la fertilización para maximizar el rendimiento del trigo, existe una creciente preocupación sobre su efecto en la severidad de las enfermedades del cultivo. La fertilización con nitrógeno puede influir en la susceptibilidad del trigo a estas enfermedades de varias maneras, incluyendo el estímulo del crecimiento vegetativo, el desequilibrio nutricional y la alteración de la interacción planta-patógeno.

Sin embargo, a pesar de la relevancia de esta problemática, aún existen vacíos en nuestro entendimiento sobre cómo la fertilización con nitrógeno afecta específicamente la incidencia y severidad de las enfermedades del trigo, así como su interacción con el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, es fundamental investigar de manera sistemática y científica el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre la sanidad y el rendimiento del trigo, con el fin de desarrollar recomendaciones de manejo más efectivas y sustentables para los agricultores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la restricción en la fertilización nítrica y amoniacal sobre la sanidad y rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada con fuentes nítrica y amoniacal sobre la severidad de enfermedades fúngicas ante eventos de infección natural de manchas foliares, royas y fusarium.
- Determinar el efecto del uso eficiente del nitrógeno dependiendo de la fuente aplicada.
- Estimar el retorno económico de las inversiones de las tecnologías de fertilización aplicadas a partir de un análisis de dominancia.

1.4 HIPÓTESIS

H₀: La restricción de la fertilización nítrica y amoniacal no incide positivamente sobre la sanidad y rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero.

H_a: La restricción de la fertilización nítrica y amoniacal incide positivamente sobre la sanidad y rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

El origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, habiendo numerosas gramíneas silvestres comprendidas en esta área y están emparentadas con el trigo. Desde Oriente Medio el cultivo de trigo se difundió en todas las direcciones. Se le considera al trigo en grano un producto de alta necesidad debido a que es un alimento de gran demanda gracias a su alto contenido nutricional (Flores, 2022).

2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Triticum*

Especie: *aestivum*

Nombre científico: *Triticum aestivum* L.

(Ávila et al., 2014).

2.3. Características botánicas

2.3.1. Raíz

El trigo presenta una raíz pivotante, siendo los primeros embriones resultantes de la germinación, y cuya función es cooperar en las primeras etapas del desarrollo de la planta. Los sistemas de las raíces secundarias, permanentes o adventicias surgen del primer nudo del tronco después de la rotación y formarán un sistema de raíces permanente. Estas raíces forman un sistema radicular fasciculado, cuyo desarrollo puede variar según el tipo y las condiciones del suelo (Manangón M., 2014).

2.3.2. Tallo

El tallo está compuesto por filómeros y presenta un crecimiento limitado, debido a que solo los nudos basales poseen la información genotípica necesaria para la formación de nuevas estructuras. A partir de estos nudos, se desarrollan ramificaciones mediante yemas que originan tallos secundarios, un proceso conocido como macollamiento (Sierra, 2021).

2.3.3. Hojas

Posee hojas lanceoladas de una longitud promedio de 25cm y un ancho de 1 a 2cm, en la unión de la hoja y el tallo se encuentra una lígula blanca y ovalada, las hojas de las gramíneas constan de las siguientes partes; vaina, lámina, lígula y un par de aurículas en la base de la lámina (Unda, 2022).

2.3.4. Inflorescencia

Tanto el tallo principal, como los hijuelos maduros en la planta de trigo, rematan en una inflorescencia compuesta (espiga de espigas) la cual está conformada por un raquis principal sobre el cual se insertan varias espiguillas (18 a 22) a su vez cada espiguilla se encuentra constituida por un talluelo denominado raquilla, sobre la raquilla se insertan las flores (Ávila et al., 2014).

2.3.5. Fruto

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. El trigo está formado por tres partes principales; endospermo, salvado y germen. La mayor parte del salvado la constituye el pericarpio que está formado por la epidermis, el pericarpio y el endocarpio; contiene vitaminas, minerales y gran cantidad de proteínas. Entre el salvado y el endospermo se encuentra la capa de aleurona que cumple un papel muy importante en el desarrollo del embrión durante la germinación. El endospermo, por su parte, es el depósito de alimento para el embrión y constituye el 82% del peso del grano, está compuesto por almidón, proteínas y en menor proporción celulosas, además tiene una baja proporción de

vitaminas y minerales. El germen del trigo es rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Juárez et al., 2017).

2.4. Ciclo del cultivo

2.4.1. Germinación

La germinación comienza ni bien la semilla es sembrada. El proceso se inicia con la hinchazón de la semilla por la absorción de humedad y continúa con la expansión de las raíces seminales hacia los costados de la semilla, en forma paralela a la superficie del suelo, y con la raíz radical extendiéndose hacia abajo. La planta desarrolla la primera estructura, llamada coleóptilo, que se convertirá en el tallo y la hoja al mismo tiempo. El coleóptilo emerge del suelo algunos días después de la germinación, dependiendo de las condiciones del mismo (SACSA, 2016).

2.4.2. Ahijamiento

Un macollo es un tallo que se origina en la axila de una hoja o en el nudo del coleóptilo. Los macollos comparten la misma masa radical con el tallo principal. Una vez establecidos los macollos primarios, de sus axilas se originan los macollos secundarios; los terciarios se desarrollan luego de las axilas los secundarios, y así sucesivamente. Durante el período de macollaje, la principal consideración de manejo es en si el stand de plantas logradas es adecuado para alcanzar el rendimiento objetivo (Estrada, 2014).

2.4.3. Encañado

El encañado consiste, por tanto, en el crecimiento del tallo por alargamiento de los entrenudos, alargándose durante el espigado y hasta el final de la madurez, alcanzando longitudes diferentes según las variedades. La altura del tallo no tiene relación con la producción de grano, pero sí con la de paja, que es mayor en variedades más altas. La caña no queda al descubierto todavía en esta fase, pues no sale de entre las hojas hasta el espigado. En esta fase queda rodeada por la vaina. El grosor de la caña varía según las variedades, siendo frecuente que las cañas gruesas se den en variedades de poco ahijamiento (Herrera, 2016).

2.4.4. Espigado

Debido al alargamiento del último entrenudo, la espiga emerge gradualmente de la vaina de la hoja bandera. En primer lugar, la espiga del tallo principal aparece, seguida por la de los macollos. Después de la emergencia de cada espiga, el pedúnculo continúa alargándose ligeramente, dejando la espiga a unos centímetros de la hoja bandera. Entre 2 y 4 días después del espigazón, comienza el proceso de floración. La floración se inicia en la espiga del tallo principal y luego avanza hacia las de los macollos. Dentro de la espiga, la floración comienza en las espiguillas ubicadas aproximadamente en los dos tercios inferiores de la base de la espiga, y luego se extiende hacia la base y el ápice. Normalmente, se necesitan de 3 a 5 días para que la floración se complete por completo. En cada espiguilla, la flor basal se abre primero, seguida por el resto (Pistoni, 2020).

2.4.5. Maduración

El trigo llega a su madurez cuando la planta cambia su color verde por el blanquecino o amarillento, hay una pérdida completa del color verde de las glumas (hojitas que rodean las espiguillas) y el grano es duro, firme y no es posible partirlo transversalmente con la uña (CIMMYT, 2022).

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

Altitud: 2000 – 3500 msnm

Temperatura: 10°C- 20°C

Precipitación: 600 mm a 700 mm durante el ciclo

Suelo: Franco arcilloso y franco arenoso

pH: 6.5 a 7.5

(Flores, 2015).

2.6. Manejo del cultivo

2.6.1. Preparación de terreno

La preparación del suelo debe realizarse con al menos dos meses de anticipación a la siembra para asegurar la descomposición adecuada de malezas, residuos y abono

orgánico. Además, una buena remoción del suelo ayuda a controlar plagas. Se recomienda un pase de arada y dos pases de rastra con tractor, o dos cruza con yunta. Un suelo bien preparado mejora la germinación y el establecimiento del cultivo (INIAP, 2023).

2.6.2. Siembra

La época de siembra inicia con el apareamiento de las lluvias o inicio del invierno en cada zona, procurando que la época de cosecha coincida con la época seca. Es así que históricamente las siembras empiezan en noviembre para el centro-sur del Ecuador (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) y terminan en enero. Para el centro y norte del país (Pichincha, Imbabura y Carchi, incluida también la provincia de Bolívar) inician en enero y terminan en marzo (Mendoza et al., 2023).

2.6.3. Fertilización

La utilización de fertilizante nitrogenado es esencial para optimizar los rendimientos en el cultivo de trigo, su manejo eficiente logra incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción. Las formas principales en que las plantas aprovechan este nutrimento son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) (Grijalva et al., 2016).

- **Urea**

La urea como fertilizante, presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno (46%), el cual, es esencial en el metabolismo de la planta. Sus ventajas sobre otros fertilizantes incluyen un mayor contenido de nitrógeno, la posibilidad de incorporarse al suelo antes de la siembra y su utilidad en suelos neutros o ligeramente alcalinos debido a su reacción ácida. Además, su bajo costo de transporte por unidad de nitrógeno y su manejo más seguro la hacen una opción preferida para los agricultores. La mayor desventaja que tiene es la pérdida de nitrógeno (N) en forma de gas amoniac (NH_3), proveniente de su descomposición al ser aplicada al suelo. (Morales et al., 2019).

- **Nitrato de amonio**

El NH_4^+ en muchas circunstancias naturales y agrícolas puede resultar tóxico para las plantas, más aún cuando está como fuente única de N y en altas concentraciones, debido a la disminución del pH, al desbalance anión/catión o al consumo de energía resultado de la salida de iones. Las plantas domesticadas son más susceptibles a la toxicidad por NH_4^+ . Los síntomas más evidentes de toxicidad por NH_4^+ en las plantas se manifiestan como clorosis de hojas, marchitamiento (estrés por déficit de agua), disminución del crecimiento y del rendimiento y, en casos extremos, la muerte de la planta. Otros síntomas observados frecuentemente son una disminución en la relación raíz: parte aérea, aunque el efecto inverso ha sido observado en algunas especies. Además, se presenta una disminución en la fotosíntesis neta. Las plantas desarrollan raíces más delgadas y más largas cuando el NH_4^+ es la principal fuente de N, una estrategia apropiada para una forma de N relativamente inmóvil (Rivera et al., 2014).

- **Fertilización nitrogenada y patogenicidad**

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en las últimas décadas ha sido un factor importante en la mejora de la productividad de los cultivos. Sin embargo, dicho uso de fertilizantes puede tener efectos contradictorios sobre la interacción planta-patógeno. Aunque el aporte de N aumenta la productividad de la planta, también aumenta la disponibilidad de compuestos de N para la explotación por patógenos, y se ha demostrado que la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados mejora el desarrollo de las enfermedades. Se ha sugerido que el aumento del suministro de N provoca una mayor susceptibilidad a las enfermedades a través de cambios en la estructura del dosel que pueden proporcionar un ambiente favorable para el crecimiento de patógenos (Mur et al., 2017).

2.6.4. Control de malezas

El control de malezas en trigo es crucial para su productividad y calidad. Actualmente, los agricultores tienen acceso a una variedad de herbicidas efectivos. La estrategia de control debe basarse en un diagnóstico adecuado, considerando

especies de malezas, resistencia, suelo, clima, rotación de cultivos y labranza. Es importante comprender aspectos clave de los herbicidas, como su eficacia, dosis, momento de aplicación y modo de acción. Las malezas compiten con el trigo, afectando su rendimiento y calidad. Se clasifican en gramíneas y hojas anchas, en anuales, bianuales y perennes (Espinoza, 2017).

2.6.5. Desmezcla

Esta actividad se realiza con el objetivo de mantener la pureza del cultivo de trigo y evitar mezclas con otras variedades, cereales o cultivos. Por ello, se recomienda eliminar del lote las plantas extrañas, atípicas, deformes y enfermas, así como aquellas pertenecientes a otros cereales como cebada, avena, centeno, y otros cultivos. También es importante remover plantas de otras variedades de trigo. Las plantas eliminadas deben colocarse fuera del lote de producción para prevenir la mezcla de semillas. Esta labor debe llevarse a cabo en dos momentos clave: al inicio del espigamiento y cuando el cultivo empieza su madurez fisiológica, es decir, al inicio del amarillamiento (Ponce et al., 2022).

2.6.6. Cosecha

El momento óptimo para la cosecha del trigo es cuando ha alcanzado un nivel de sequedad adecuado, aproximadamente con un contenido de humedad del grano del 12.5%. Sin embargo, si existe preocupación por posibles pérdidas de calidad debido a condiciones climáticas adversas como la lluvia o el mal tiempo, puede ser recomendable esperar a que el trigo tenga un contenido de humedad ligeramente superior, por ejemplo, alrededor del 18%. Una vez cosechado, es crucial secar el grano hasta que su contenido de humedad sea inferior al 12% para prevenir la proliferación de hongos y la formación de micotoxinas durante el almacenamiento. Este proceso es fundamental para garantizar la calidad y la seguridad del trigo almacenado (Cherlinka, 2023).

2.6.7. Trilla

La trilla generalmente se realiza con una trilladora estacionaria y/o combinada. Aunque también se realiza de forma manual, usando animales o una vara en una

“era”. Para la trilla mecanizada se recomienda limpiar bien la trilladora para evitar mezclas de variedades o cultivos. Después de la trilla el grano se debe secar al 13% de humedad, limpiar y clasificar para recolectarlo en sacos para su almacenamiento y comercialización (Ponce et al., 2022).

2.7. Plagas

2.7.1. El cascarudo o bicho torito (*Diloboderus abderus*)

Son un conjunto de larvas de la familia Scarabaeidae donde se destaca *Diloboderus abderus* Sturm, “bicho torito”, considerado una de las plagas de mayor importancia en trigo. En cuanto a los daños que causa esta larva, en pre-emergencia se alimentan de las semillas, luego consumen hojas y raíces, matando plántulas, y en macollaje debido a las bajas temperaturas bajan la actividad. En espigazón al subir la temperatura vuelven a alimentarse para acumular reservas para empupar (Uranga & Voisin, 2022).

2.7.2 Pulgón verde del follaje (*Schizaphis graminum*)

Este insecto causa afectaciones desde etapas tempranas del cultivo hasta el llenado de grano, provocando daño por succión de la planta y el grano o la transmisión de enfermedades. Para su control, existen depredadores que se encuentran de forma natural como la catarinita (*Hippodamia convergens*), chinches (*Orius* spp.) y escarabajos de cuatro manchas (*Collops* spp.), los cuales se alimentan y parasitan a los pulgones, reduciendo su población y evitando que generen pérdidas económicas. Dentro de los productos alternativos que se pueden utilizar se encuentra el hongo *Verticillium lecanii* o extractos naturales de nim, ajo y chile. Estos extractos pueden ser elaborados de forma artesanal o también existen productos comerciales. El uso del jabón agrícola es otra alternativa para el control del pulgón (Ramos, 2022).

2.7.3. Oruga militar (*Pseudaletia adultera*)

En estados vegetativos, actúa como oruga defoliadora, pero puede comer tallos, brotes y espigas tiernas. Los ataques pueden darse desde la emergencia del cultivo,

cortando plantas chicas a nivel del suelo, tallos y hojas. También puede ser vista sobre las espigas, pero no se alimenta de granos. Desde el momento en que el grano alcanza el estado pastoso avanzado, su impacto en el rendimiento es prácticamente nulo (Almada et al., 2019).

2.8. Enfermedades

2.8.1. Roya lineal o amarilla (*Puccinia striiformis*)

Taxonomía

Phylum: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Género: *Puccinia*

Especie: *striiformis*

Nombre científico: *Puccinia striiformis*

(Montes, 2023).

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Los primeros signos de la roya amarilla en el trigo se manifiestan como pequeñas áreas descoloridas en la parcela. Las plantas muestran un aspecto amarillento o clorótico, y en las hojas se observan pequeñas protuberancias de color amarillo alineadas a lo largo de las venas. A medida que la enfermedad progresa, estas protuberancias adquieren un tono anaranjado y eventualmente se rompen, liberando un polvo naranja amarillento, que son las esporas del hongo. En casos graves, las protuberancias pueden cubrir toda la superficie de la hoja, lo que resulta en su marchitamiento y secado. A medida que la temperatura aumenta o durante las etapas finales de crecimiento del cultivo, el crecimiento del hongo disminuye, pero pueden aparecer manchas oscuras o negras en las hojas (Lerenius, 2019).

- **Condiciones predisponentes**

Es favorecida por climas húmedos y fríos, ya que para iniciar el proceso de infección requiere al menos de tres horas de follaje mojado y temperaturas que no

superen los 23 °C, puesto que sus esporas pueden perder viabilidad debido a su sensibilidad a altas temperaturas (Vera, 2020).

- **Manejo de la enfermedad**

El uso de cultivares resistentes o tolerantes, es la herramienta preferencial para el manejo de las enfermedades causadas por microorganismos biotróficos como la roya. Estos cultivares impiden o retrasan el proceso de infección; reducen la cantidad de inóculo disponible, poseen un buen rendimiento y calidad de granos, y son agronómicamente aceptables (Vaccaro et al., 2021).

2.8.2. Roya de la hoja (*Puccinia tritici*)

Taxonomía

Phylum: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Género: *Puccinia*

Especie: *tritici*

Nombre científico: *Puccinia tritici*

(Socolsky, 2019).

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Los síntomas de la roya aparecen principalmente en la parte superior de las hojas, manifestándose como pústulas redondas u oblongas de menos de 2 mm, con tonalidades anaranjado-marrón según la edad de las esporas. Estas pústulas se encuentran principalmente en las hojas, raramente en vainas y tallos, lo que le confiere el nombre común de "roya de la hoja". El daño principal afecta la espiga, reduciendo el número y tamaño de los granos. A medida que el trigo madura, se desarrolla el estado telial, caracterizado por telios negros que producen esporas caféas conocidas como teliosporas. La formación de telios no es siempre constante, especialmente si la infección ocurre tardíamente durante la temporada de crecimiento (Reyes, 2015).

- **Condiciones predisponentes**

Puccinia tritici, un hongo que causa la roya en el trigo, puede sobrevivir en condiciones similares a las hojas del trigo si hay infección, pero no esporulación. Para infectar, necesita períodos cortos de rocío, alrededor de tres horas a aproximadamente 20°C, aunque los períodos más largos de rocío aumentan la posibilidad de infección. A temperaturas más bajas, como 10°C, se requieren períodos de rocío aún más prolongados, alrededor de 12 horas. No se producen o muy pocas infecciones cuando las temperaturas están por encima de 32°C o por debajo de 2°C durante el rocío (Socolsky, 2019).

- **Manejo de la enfermedad**

El manejo de la roya de la hoja se enfoca en diversas estrategias. El uso de cultivares resistentes es la medida más efectiva y económica, aunque la protección no es permanente debido a la variación en la población de patógenos. Para reducir el riesgo de epidemias severas, se recomienda diversificar la base genética del cultivo, utilizando dos o más cultivares a nivel predial y varios a nivel nacional. Cuando las enfermedades alcanzan umbrales definidos, se deben utilizar fungicidas eficientes, que suelen ser más efectivos en cultivares con un desarrollo más lento de la enfermedad en comparación con los altamente susceptibles (Fleitas et al., 2014).

2.8.3. Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*)

Taxonomía

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycota

Género: *Fusarium*

Especie: *graminearum*

Nombre científico: *Fusarium graminearum*

(EPPO, 2020).

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Los síntomas son fácilmente diagnosticados mediante observación visual, apareciendo los primeros indicios a los pocos días después de la infección, observándose manchas en las glumas, de aspecto húmedo, a veces asociado a coloración castaño oscura. Sin embargo, los síntomas más evidentes, se observan inmediatamente después y corresponden a la decoloración de espiguillas individuales que se tornan blanquecinas y contrastan con las no afectadas. Con respecto a los granos infectados, los mismos presentan un aspecto rugoso, con apariencia áspera, y en ocasiones con crecimiento superficial de micelio, que le otorga un aspecto rosado-blanquecino (Martínez, 2020).

- **Condiciones predisponentes**

Fusarium se prolifera en temperaturas que oscilan entre 15 y 30°C con alta humedad del ambiente y mojado de las espigas por más de 48 horas (Guerrero, 2020).

- **Manejo de la enfermedad**

El manejo de Fusarium en el trigo implica una serie de prácticas culturales, medidas preventivas y control químico. Entre esas prácticas se encuentra; selección de variedades resistentes, rotación de cultivos, uso de fungicidas y monitoreo regular del cultivo (Suaste et al., 2020).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación y características de la investigación

- **Localización del experimento**

La presente investigación se realizó en la granja experimental Laguacoto III, en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Altitud promedio: 2640 msnm

Latitud: 1°36'44"S

Longitud: 78°59'35"W

Temperatura máxima: 18°C

Temperatura mínima: 9°C

Precipitación mínima anual: 980mm

Tipo de suelo: franco-arcilloso

pH: 6.0 – 6.5

(Weatherspark, 2024).

- **Zona de vida**

La localidad en estudio de acuerdo a las zonas de vida de Holdridge, corresponde al bosque seco montano bajo (bs- MB) (Holdridge, 1978).

3.2. Metodología

3.2.1. Material en estudio

- Accesiones de trigo harinero susceptible y trigo harinero tolerante a enfermedades.
- Fertilizantes nitrogenados

3.2.2. Factores en estudio

Factor A: Líneas de trigo harinero

A1: Línea de trigo harinero susceptible (H01-UEB)

A2: Línea de trigo harinero tolerante (TA18-008)

Factor B: Fuentes de fertilización nitrogenada

B1: Urea

B2: Nitrato de amonio

Factor C: Restricción de fertilización nitrogenada

C1: Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada

C2: Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada

C3: Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada

3.2.3. Tratamientos

Tratamiento	Código
T1	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T2	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T3	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T4	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T5	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada.

T6	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T7	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T8	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T9	Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T10	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada
T11	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada.
T12	Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada.

3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico

Se empleó un diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) en arreglo factorial 2x2x3 con tres repeticiones, de acuerdo al siguiente detalle;

Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Bloques (r-1)	2	$f^2 e + 6 f^2 \text{ Bloques}$
FA (Fuentes nitrogenadas) (a-1)	1	$f^2 e + 6 \theta^2 A$
FB (variedades) (b-1)	1	$f^2 e + 6 \theta^2 B$
FC (Niveles de fertilización) (c-1)	2	$f^2 e + 6 \theta^2 C$
A × B × C (a -1) (b -1) (c-1)	2	$f^2 e + 3 \theta^2 A * B * C$
Error experimental (a*b*c-1) (r-1)	22	$f^2 e$
Total (a*b*c *r)-1	35	

* Cuadrados Medios Esperados. Modelo Fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

3.2.5. Manejo de la investigación

- **Preparación del terreno**

Se empezó con la preparación días antes de la siembra, por medio de un tractor agrícola se realizó una arada y rastrada. Posteriormente, se realizó una reducción total de los terrones sobrantes, dejando el terreno listo para la siembra.

- **Análisis de suelo**

Antes de proceder con la siembra, es altamente aconsejable y fundamental tomar muestras del suelo y realizar su análisis. Para ello, se utilizó un barrenador tipo Veihmeyer para extraer muestras de suelo en forma de zigzag. Estas muestras se colocaron en un balde para ser homogeneizadas. Luego, se pesaron 500 g de la mezcla y se enviaron al laboratorio del INIAP para determinar las condiciones del suelo y sus necesidades nutricionales específicas para el cultivo.

- **Delimitación de ensayo**

Esta actividad se efectuó con la ayuda de estacas y piolas de acuerdo con el croquis del ensayo, cada unidad experimental contó con un área de $2m^2$ separados por caminos con una distancia de 1m.

- **Siembra**

La siembra se llevó a cabo de forma manual y en hileras. La cantidad de semilla a utilizar, según la propuesta del INIAP, es de 114 kg/ha, lo que equivale a 22,8 g y 821 g de semilla por cada unidad experimental y en el experimento completo, respectivamente.

- **Control de insectos**

El control de insectos se realizó en los días posteriores a la siembra, utilizando insecticidas como el thiametoxam y lambdacialotrina. La dosis recomendada es de 1.25 ml L^{-1} .

- **Fertilización**

En este estudio se realizó dos aplicaciones de fertilizante tanto nítrico como amoniacal, la primera fertilización se efectuó en el período vegetativo del cultivo aproximadamente a los 21 días después de la siembra. Mientras que la segunda fertilización se llevó a cabo en el período reproductivo, es decir, a los 60 días después de la siembra. Las fuentes que se utilizó con excepción de que el nitrógeno variará según la fuente del tratamiento y serán: urea o nitrato de amonio, nitrato de calcio, fosfato de monopotásico, nitrato de potasio y nitrato de magnesio.

Para la fertilización con urea se utilizó una dosificación de 100%, 50 % y 0% con la variación en la fuente de nitrógeno por parte de la urea o nitrato de amonio como fuente de nitrógeno, conforme al requerimiento de acuerdo al siguiente detalle:

Elemento	Dosis 100% requerimiento (kg ha⁻¹)	Dosis 50% requerimiento (kg ha⁻¹)	Dosis 0% requerimiento (kg ha⁻¹)
Nitrógeno (N)	104	52	0
Fósforo (P)	16	8	16
Potasio (K)	64	32	64
Calcio (Ca)	13	6	13
Magnesio (Mg)	12	6	12

- **Control de malezas**

Para el control de maleza se optó por un control físico, empleando un azadón como herramienta principal.

- **Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo una vez que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, utilizando herramientas manuales como la hoz y la gavilla obtenida se colocó en sacos marcados con anterioridad.

- **Trilla**

Se realizó mediante la asistencia de la trilladora, el proceso consistió en ir trillando por tratamiento y repetición el grano obtenido se colocó en sacos identificados con anterioridad.

- **Almacenado**

Una vez completados todos los procesos de obtención y limpieza del grano, se almacenó en sacos previamente identificados y fueron llevados a la planta de semillas de la facultad.

2.2.6. Métodos de evaluación

- **Porcentaje de emergencia (PE)**

Se realizó dentro de los primeros 15 días posteriores a la siembra. Se registró el porcentaje de plantas emergidas en cada parcela mediante una observación directa, utilizando la siguiente escala:

1) Bueno: 81-100%; 2) Regular: 60-80%; 3) Malo: <60%.

- **Número de macollos (NM)**

Se evaluó en cinco plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental, en la etapa de macollamiento según la escala de Zadoks (Z 65).

- **Días al espigamiento (DE)**

Se determinó una vez que cada unidad experimental haya presentado un espigamiento mayor al 50%.

- **Severidad de manchas foliares (SEVMF)**

Se efectuó en 10 plantas seleccionadas al azar en tres etapas de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo hoja bandera (Z39), espigamiento (Z65) y grano lechoso (Z80) se evaluó la cuarta hoja y la hoja bandera utilizando la escala propuesta por Horsfall-Barratt, sus datos se expresaron en porcentaje.

- **Severidad de roya de la hoja (SEVRH)**

Se evaluó en 10 plantas al azar por cada unidad experimental en tres etapas de acuerdo al desarrollo fenológico hoja bandera (Z 39), espigamiento (Z 65) y grano lechoso pastoso (Z 80), de igual forma se evaluó en la cuarta hoja y la hoja bandera utilizando la escala propuesta por Cobb y su valor se expresó en porcentaje.

- **Severidad de fusariosis (SEVF)**

Se determinó en 20 espigas seleccionadas al azar, se evaluó en la etapa de espigamiento (Z 65), grano lechoso (Z 80), y grano pastoso (Z 89) se empleó la escala propuesta por Stack & Mullen y los datos obtenidos se expresaron en porcentaje.

- **Altura de la planta (AP)**

Se evaluó en su madurez fisiológica. Se seleccionó 10 plantas al azar en cada parcela experimental, y se utilizó una vara métrica para medir la altura desde la base de la planta hasta la última arista de la espiga. Los datos obtenidos se expresaron en centímetros (cm).

- **Número de granos por espiga (NGPE)**

Se desarrolló cuando el cultivo alcanzó su madurez comercial. Se seleccionaron 10 espigas al azar posteriormente se trilló de forma manual y se procedió al conteo directo de granos llenos que contuvo cada una.

- **Peso de granos por espiga (PGPE)**

Se utilizó los granos obtenidos de la variable anterior los cuales se colocaron en fundas ziploc previamente identificadas, posteriormente se pesó en una balanza y su valor se expresó en gramos.

- **Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)**

Se determinó mediante un conteo directo después de haber realizado el corte de un área de 1 metro cuadrado en cada unidad experimental.

- **Peso hectolítrico (PH)**

Se determinó utilizando una balanza específica para peso hectolítrico. Se tomó una muestra de 1kg de cada unidad experimental y se expresó en kilogramos por hectolitro (kg hL^{-1}).

- **Peso de mil granos (PMG)**

Se tomó una muestra aleatoria de 1000 granos de cada tratamiento y se pesó utilizando una balanza de precisión. Los resultados se expresaron en gramos.

- **Rendimiento**

El rendimiento kg ha^{-1} se calculó tomando como referencia el rendimiento en gramos por parcela obtenida de cada unidad experimental, para eso se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$$Rc = Pc \frac{10000}{Anc} * \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Donde:

Rc= Rendimiento en kg ha^{-1}

Pc= Peso de campo o peso de rendimiento fresco en kg

Anc= Área neta cosechada en m^2

HC= Humedad de cosecha

HE= Humedad estándar (13%)

2.2.7. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza y para comparar las medias de cada tratamiento se aplicó la prueba de Tukey al 5%. Estas pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software estadístico Infostat.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Análisis de variables agronómicas

Tabla 1

Resultados del análisis de varianza del Porcentaje de Emergencia (PE), Número de macollo (NM), Número de espigas por m² (NEPMC) y Altura de planta (AP).

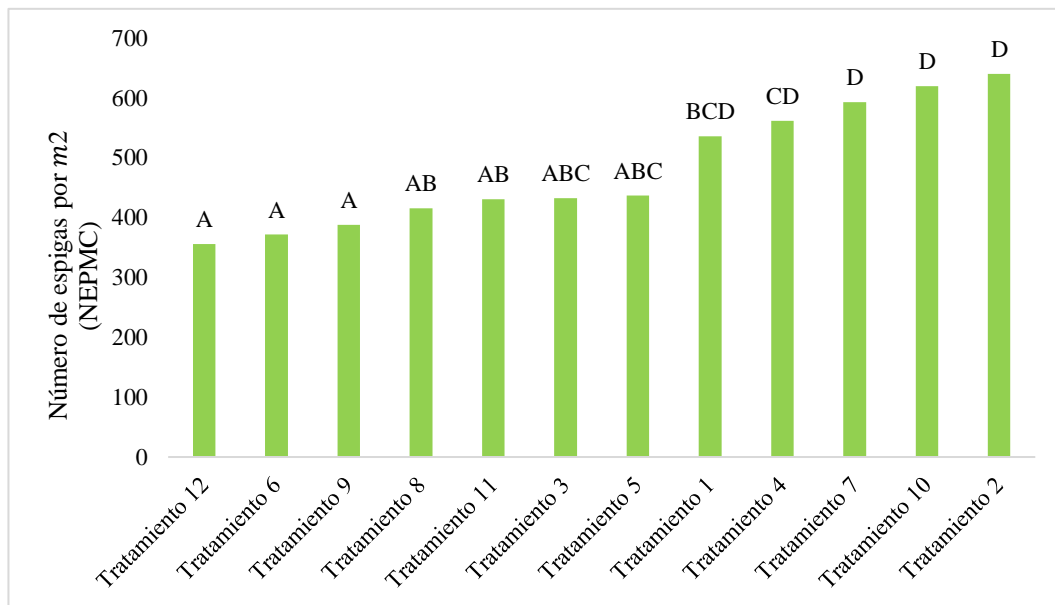
VARIABLES	GL	F	p-valor	CV (%)
PE (NS)	11	1.31	0.2813	4.25
NM (*)	11	2.99	0.0137	8.31
NEPMC (**)	11	15.95	<0.0001	9.03
AP (**)	11	11.86	<0.0001	3.1
Error	35			

Nota: ** Altamente significativo al $p < 0.01$; * significativo $p < 0.05$; NS no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad

De acuerdo a los resultados de la Tabal 1, el análisis de varianza revela que la variable NM, presenta diferencias estadísticas significativas $p < 0.05$ y las variables NEPMC y la AP presentan diferencias estadísticas altamente significativas $p < 0.01$, en contraste al PE que no mostró diferencias significativas. Esto sugiere que la fertilización nitrogenada tiene un impacto directo en el desarrollo del cultivo, promoviendo un mayor número de espigas y una mayor altura de planta bajo condiciones adecuadas de fertilización.

Figura 1

Medias para el Número de espigas por metro cuadrado (NEPMC) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

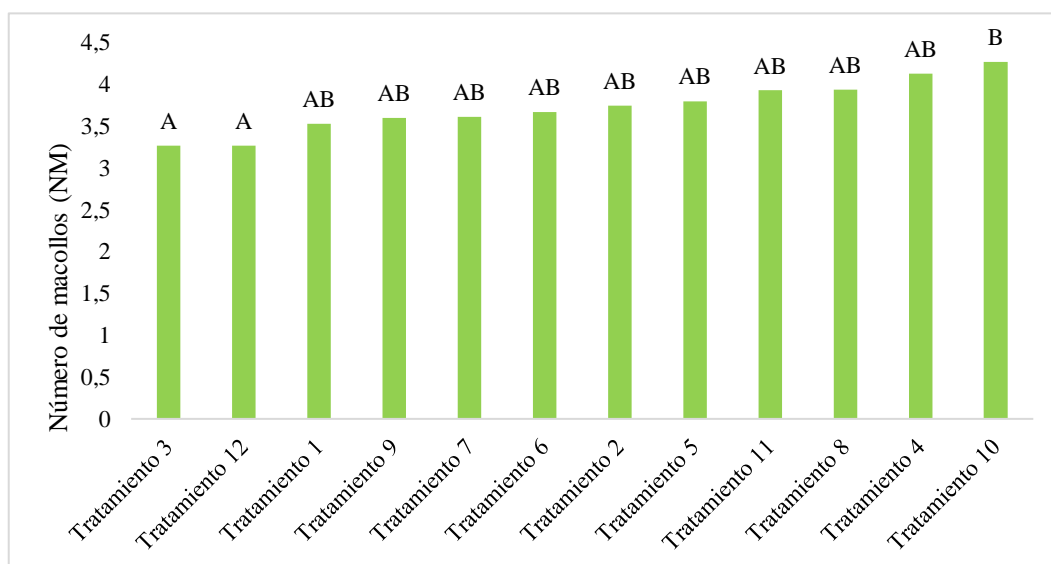
De acuerdo con la Figura 1, en la variable NEPMC se observó que el T7 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron un mayor número de espigas con medias superiores a 592, comparado con T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), el T6 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T9 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) teniendo un menor número de espigas por metro cuadrado con medias inferiores a 388.

La falta de incorporación de nitrógeno, tanto en su forma nítrica como amoniacal, como se observa en los T12, T6 y T9, reduce significativamente el número de espigas por metro cuadrado en un 52.57%. En contraste, los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno, como los T7, T10 y T2, lograron un mayor número de espigas, lo que sugiere que la fertilización nitrogenada es clave para maximizar la densidad de espigas en el cultivo de trigo.

Estudios previos han señalado que una adecuada aplicación de nitrógeno tiene un efecto significativo en el incremento del número de espigas por metro cuadrado, por ejemplo, Martínez (2011) reportó un promedio de 568 espigas por metro cuadrado con aplicaciones óptimas de nitrógeno. En la presente investigación, se observó mayor número de 592 espigas por metro cuadrado con el 100% de nitrógeno aplicado, lo que coincide con los resultados obtenidos por Martínez (2011) y confirma la importancia de este elemento en la estimulación del rendimiento del cultivo. No obstante, el número de espigas por metro cuadrado no depende solo de la fertilización, sino también del manejo agronómico integral y las condiciones climáticas, siendo clave un enfoque que integre ambos factores de manera eficiente.

Figura 2

Medias para el Número de macollos (NM) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

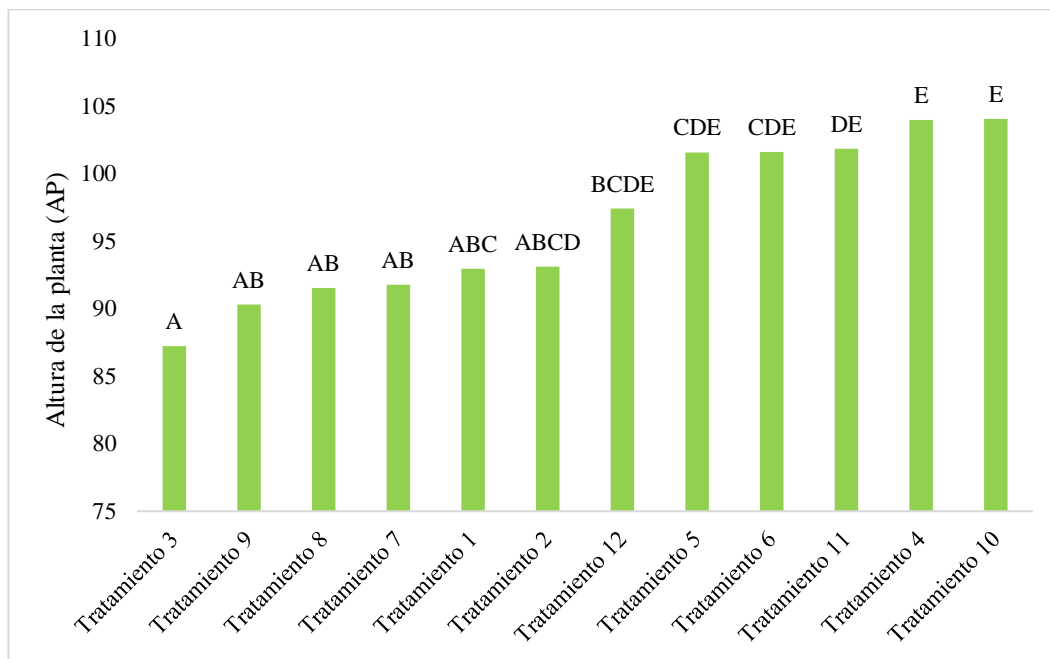
En la Figura 2, la variable NM se observó que el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) el cual presentó una media superior a 4 macollos, en comparación con el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) son completamente similares obteniendo un menor número de macollos con medias inferiores a 3 macollos.

La ausencia de nitrógeno, tanto en forma nítrica como amoniacal, como se observa en los T3 y T12, reduce significativamente el número de macollos en un 30.58%. En comparación, los tratamientos con fertilización nitrogenada, como el T10 lograron un mayor número de macollos, lo que resalta la importancia del nitrógeno para promover el desarrollo de macollos en el cultivo de trigo.

En esta investigación la aplicación de mayores dosis de nitrógeno durante el macollamiento resultó en un mayor NM, lo cual se compara con los hallazgos de André Barbieri et al. (2008), quienes indicaron que la fertilización en esta etapa no solo favorece la acumulación de nitrógeno en el grano, sino también el desarrollo de macollos. Además, los resultados de este estudio, mostraron que el T10, presentó un promedio de 4 macollos por planta, lo que confirma la relación positiva entre la dosis de nitrógeno aplicada en el macollamiento y el incremento en el número de macollos. Estos resultados subrayan la importancia de una fertilización adecuada en etapas clave del cultivo para maximizar su desarrollo estructural y potencial de rendimiento.

Figura 3

Medias para la altura de la planta (AP) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

Según los resultados mostrados en la Figura 3, en la variable AP se observó que el T4 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron una mayor altura con una media que oscila entre 104.06cm que el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) con una menor altura de 87.24cm.

La falta de incorporación de nitrógeno, como en el T3, reduce significativamente la altura de la planta en un 19.28% en comparación con los tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada. Los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno, como el T4 y T10 lograron plantas más altas, con medias que alcanzan hasta 104.06 cm, lo que subraya la importancia del nitrógeno en el crecimiento en altura del cultivo de trigo.

Wang et al. (2021) encontraron que la limitación de nitrógeno afecta negativamente el crecimiento vegetativo del trigo, lo que se traduce en una menor altura. Estos resultados resaltan la importancia del nitrógeno no solo para la productividad, sino también para el desarrollo estructural del cultivo. En concordancia con estos hallazgos, en la presente investigación los cultivares que alcanzaron una mayor altura, en los tratamientos T4 y T10, que presentaron un promedio de 104.06cm. estos tratamientos recibieron el 100% del requerimiento de nitrógeno mediante urea y NH_4NO_3 , respectivamente, lo que subraya el impacto positivo de una fertilización adecuada en el desarrollo del cultivo.

4.1.2. Análisis de variables sanitarias

Tabla 2

Resultados de análisis de varianza de Severidad de Manchas foliares (SEVMF). Severidad de roya (SEVR) y Severidad de Fusarium (SEVF).

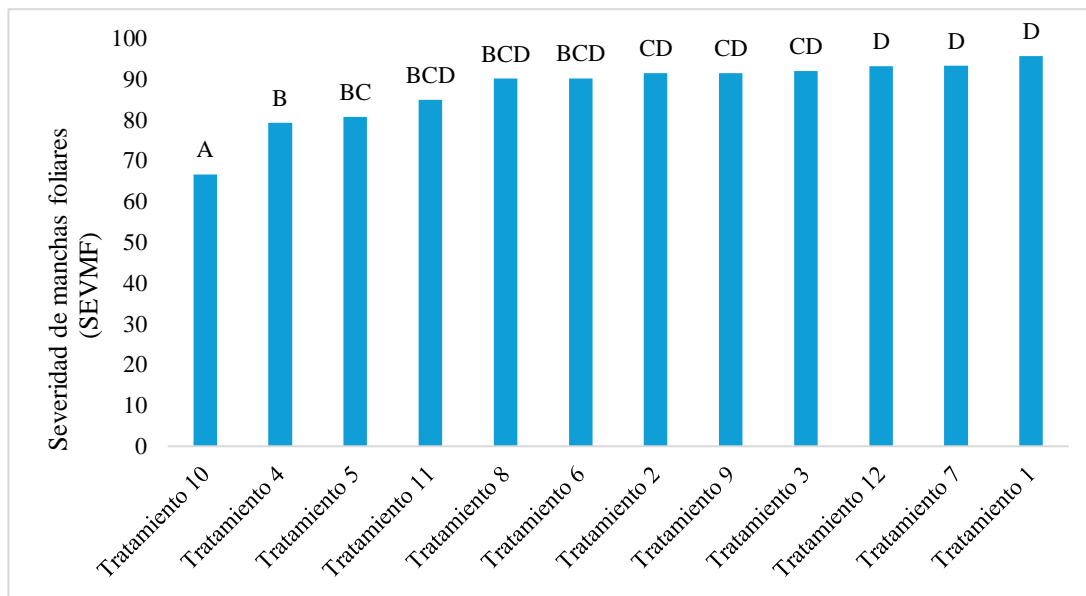
VARIABLES	GL	F	<i>p</i> -valor	CV (%)
SEVMF (**)	11	13.25	<0.0001	4.49
SEVR (**)	11	10.69	<0.0001	42.08
SEVF (NS)	11	0.75	0.6835	6.17
Error	35			

Nota: ** Altamente significativo al $p < 0.01$; * significativo $p < 0.05$; NS no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad

En cuanto a las variables sanitarias, los resultados indican que SEVMF como la severidad de SEVR fueron altamente significativas $p < 0.05$, mientras que la SEVF no presentó diferencias significativas.

Figura 4

Medias para la severidad de manchas foliares (SEVMF) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

De acuerdo con la Figura 4, en la variable SEVMF se observó que el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentó menor incidencia de manchas foliares con una media de 66.68% mientras que los T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T7(Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T1 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentan un mayor porcentaje de incidencia con medias superiores a 93.14%.

Los resultados muestran que una mayor incorporación de nitrógeno, ya sea en forma nítrica o amoniacal, incrementa significativamente la incidencia de manchas foliares en el cultivo de trigo. En particular, los T7 y T1 presentaron los mayores niveles de severidad, alcanzando incrementos del 43.52% en comparación con el T12. Esto sugiere que el manejo excesivo de fertilizantes nitrogenados puede

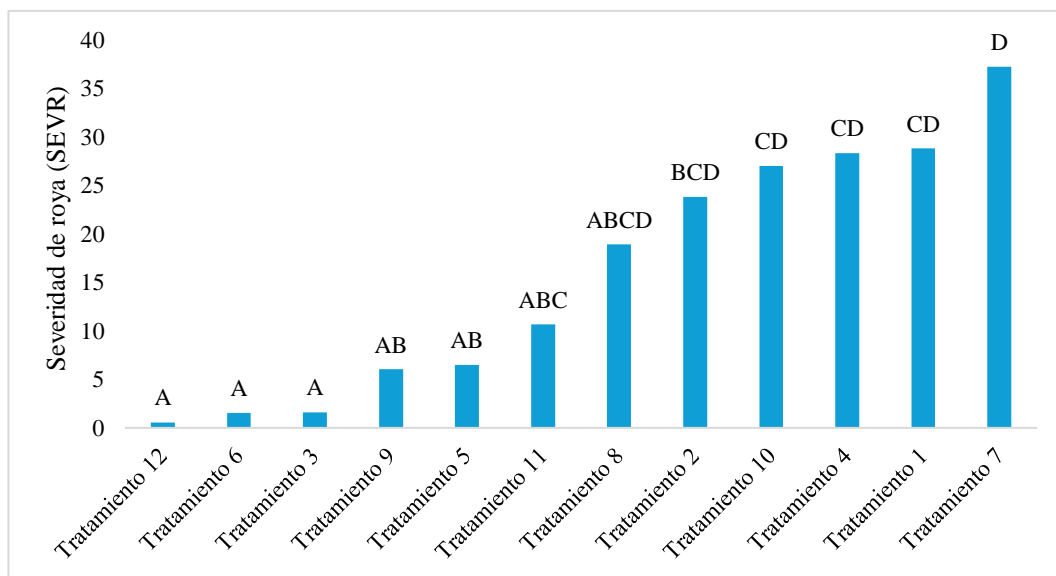
aumentar la susceptibilidad a manchas foliares, lo que debe ser considerado en el diseño de estrategias de fertilización.

La relación entre sanidad y fertilización nitrogenada es compleja, ya que una mayor incorporación de nitrógeno puede incrementar la severidad de enfermedades foliares como las manchas y roya. Esto concuerda con estudios previos que sugieren que el uso excesivo de nitrógeno puede favorecer el desarrollo de patógenos (Khan et al., 2022).

Además, un estudio reciente por Singh et al. (2021) encontró que los cultivos con alta disponibilidad de nitrógeno eran más susceptibles a enfermedades fúngicas. Esto sugiere que los agricultores deben ser cautelosos al aplicar fertilizantes nitrogenados para evitar aumentar la presión de enfermedades en sus cultivos.

Figura 5

Medias para la severidad de roya (SEVR) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

De acuerdo con la Figura 5, en la variable SEVR se observó que los T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T6 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización

nitrogenada) y el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron un comportamiento similar entre sí y una menor incidencia de roya con medias de 1.62%, mientras que el T7 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presenta una media mayor de 37.26%.

Los resultados indican que a medida que aumenta la incorporación de nitrógeno, tanto en su forma nítrica como amoniacal, se incrementa la severidad de roya en el cultivo de trigo. En particular, el T7 presentó la mayor incidencia de la enfermedad, alcanzando un 37.26% de severidad en comparación con los demás tratamientos. Esto sugiere que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, especialmente en forma de NH_4NO_3 , podría favorecer el desarrollo de la roya de la hoja en trigo.

Ali & Akmal (2022) destacan que un mayor uso de nitrógeno en los cultivos incrementa la incidencia de enfermedades. Además, señalan que hasta un 50% del nitrógeno aplicado se pierde por lixiviación, lo que representa un desperdicio significativo de recursos económicos para los agricultores. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde los cultivares con mayor incidencia de roya de la hoja (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) fueron aquellos que recibieron el 100% del requerimiento de nitrógeno, como en el caso del T7, al que se aplicó el 100% de NH_4NO_3 .

No obstante, es importante resaltar que la incidencia de roya no solo estuvo influenciada por la cantidad de fertilizante aplicado, sino también por la línea de trigo utilizada. En este caso, el tratamiento incluyó la línea H01 mostró ser susceptible a enfermedades. Esto subraya la necesidad de considerar tanto las prácticas de fertilización como la selección de líneas resistentes para minimizar el impacto de enfermedades en el cultivo.

4.1.3. Análisis de variables de rendimiento

Tabla 3

Resultados del análisis de varianza de Número de granos por espiga (NGPE), Peso de granos por espiga (PGPE), Rendimiento (REN), Peso de mil granos (PM), y Peso hectolítrico (PH).

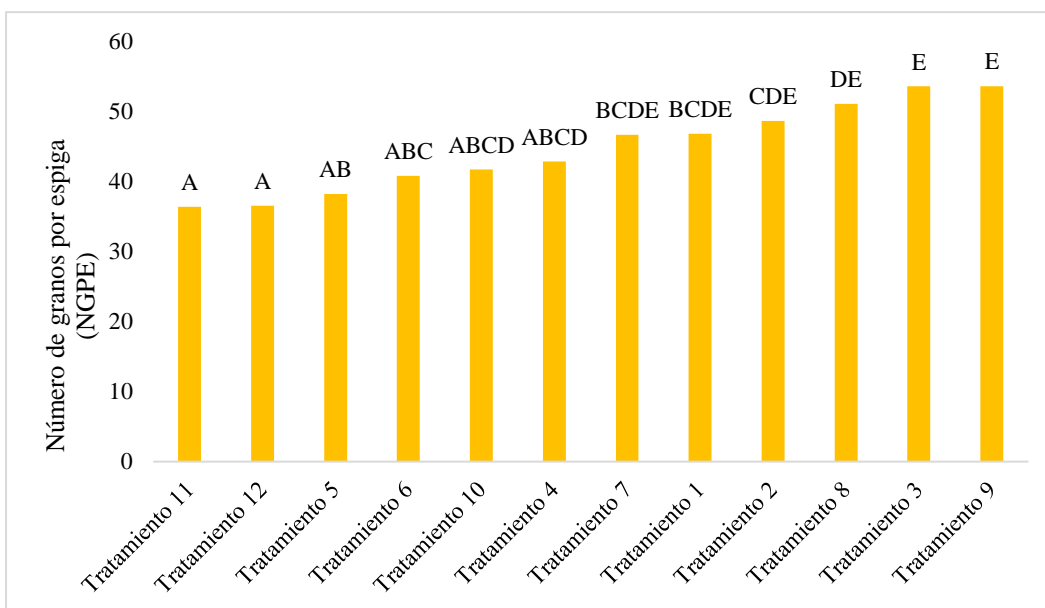
VARIABLES	GL	F	p-valor	CV (%)
NGPE (**)	11	11.05	<0.0001	7.2
PGPE (*)	11	2.5	0.0325	10.4
REN (**)	11	4.46	0.0014	11.4
PM (**)	11	26.5	<0.0001	5.53
PH (*)	11	2.35	0.0426	12.9
Error	35			

Nota: ** Altamente significativo al $p < 0.01$; *significativo $p < 0.05$; NS no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad

Según los resultados del análisis de varianza observados en la Tabla 3, en las variables relacionadas con el rendimiento y calidad se observó que el NGPE, REN y PM fueron altamente significativas $p < 0.05$, así como el PGPE y el PH fueron estadísticamente significativas.

Figura 6

Medias para el Número de granos por espiga (NGPE) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

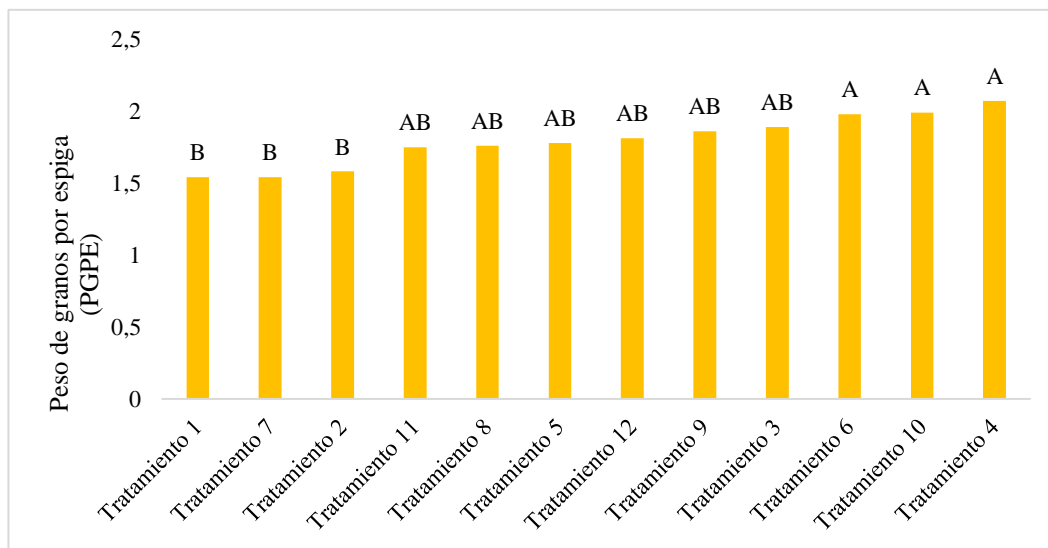
Con atención la Figura 6, en la variable NGPE se observó que T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T9 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron medias mayores a 53 granos por espiga, mientras que el T11 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvieron un menor número de granos por espiga con medias inferiores a 36 granos.

Los resultados indican que a medida que disminuye la aplicación de nitrógeno, tanto en su forma nítrica como amoniacal, el número de granos por espiga tiende a aumentar. En particular, los tratamientos T3 y T9 lograron el mayor número de granos por espiga, con un incremento del 46.48% en comparación con los demás tratamientos. Esto sugiere que una fertilización excesiva con nitrógeno, especialmente en forma de NH_4NO_3 , puede asociarse a un limitado desarrollo de granos por espiga, debido a que las plantas mantienen sus hojas con actividad fotosintética, alargando el período vegetativo, lo que reduce la inmovilización de carbohidratos lo que puede afectar el rendimiento.

Según Solier (2009) observó que una mayor cantidad de fertilizante incrementa el número de granos por espiga, debido al efecto del abonamiento en tres cultivares de trigo harinero, alcanzando un promedio de 35 granos por espiga. Estos resultados se comparan con los de la presente investigación, ya se obtuvo un promedio de 53 granos por espiga. Sin embargo, es importante destacar que la fertilización con nitrógeno no es el único factor determinante en esta variable, ya que también influyen otros aspectos, como la variedad del cultivo, el manejo agronómico, las condiciones climáticas, la fecha de siembra y la frecuencia de riego, entre otros.

Figura 7

Medias para el peso de granos por espiga (PGPE) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



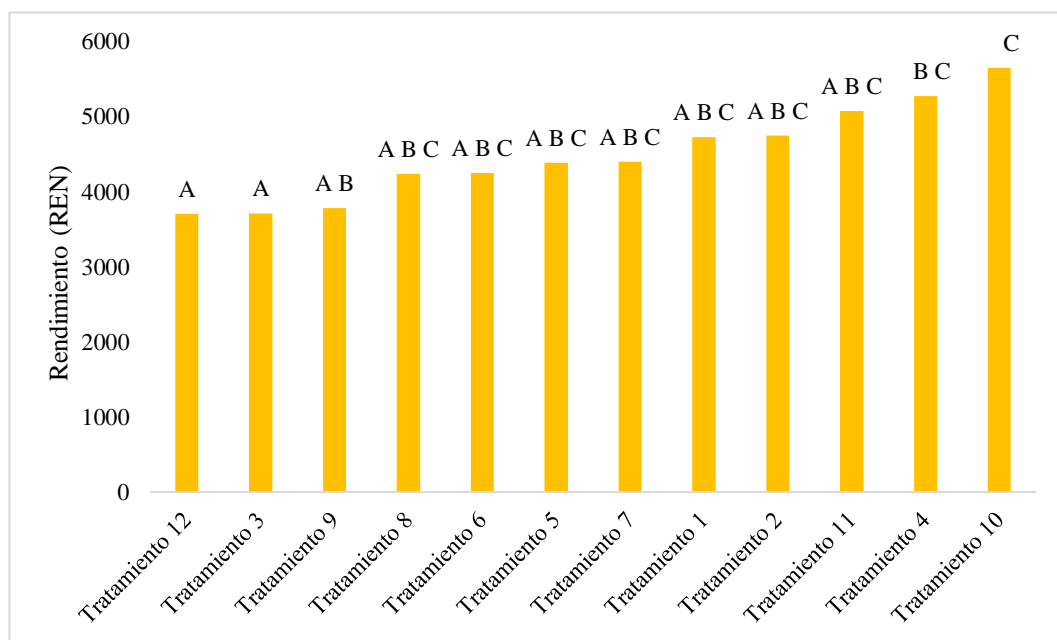
Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

En la Figura 7 la variable PGPE, se puede decir que todos los T6 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y T4 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvieron mayor peso con medias superiores a 1.98 gramos, mientras que los T1 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T7 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentan medias inferiores a 1.58 gramos. Esto indica que la fertilización con nitrógeno no es lo único que influye en el rendimiento del cultivo de trigo sino también la línea de trigo, el manejo y la aplicación de otros nutrientes.

Los resultados muestran que la aplicación de fertilizantes nitrogenados, ya sea en forma nítrica o amoniacal, no es el único factor que influye en la variable peso de granos por espiga ya que en el T6 que fue uno de los tratamientos con un mayor peso no se aplicó ninguna fuente de nitrógeno, pero si otros nutrientes importantes para su desarrollo y también se utilizó la línea de trigo tolerante a enfermedades. Por otro lado, tenemos a los T1, T7 y T2 los cuales, si se aplicó fertilizantes nitrogenados, pero se utilizó en una línea susceptible a enfermedades lo que hace hincapié en la investigación de Schierenbeck et al. (2019) donde citan que el uso excesivo de nitrógeno prolifera enfermedades en el cultivo, lo cual es un factor que pudo haber impedido un mejor llenado de granos y por ende un menor peso.

Figura 8

Medias para el Rendimiento (REN) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

De acuerdo con la Figura 8, en la variable REN se observó que el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presenta un rendimiento mayor con una media de 5653.45 kg ha⁻¹ en comparación de los T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del

requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) que son similares entre sí y obtuvieron un menor rendimiento con medias inferiores a $3713.81 \text{ kg ha}^{-1}$.

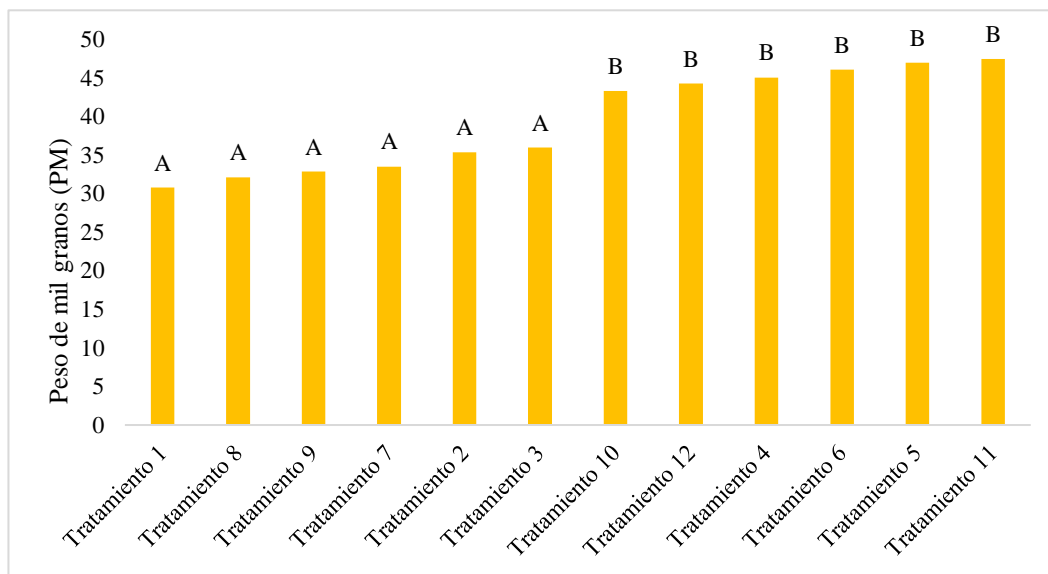
Los resultados de esta investigación indican que a medida que disminuye la incorporación de nitrógeno tanto en su forma nítrica como amoniacal, el rendimiento del cultivo de trigo disminuye. En particular, el T10 presentó un mayor rendimiento alcanzando un 52.60% de rendimiento en comparación con los demás tratamientos.

El rendimiento del trigo se vio afectado negativamente por la restricción en la fertilización nitrogenada. Los tratamientos con 100% de NH_4NO_3 lograron rendimientos significativamente más altos, alcanzando hasta $5653.45 \text{ kg ha}^{-1}$, mientras que aquellos sin fertilización presentaron rendimientos considerablemente menores. Este patrón resalta la importancia del nitrógeno no solo para el crecimiento vegetativo sino también para la producción final.

Investigaciones recientes han demostrado que el rendimiento del trigo está estrechamente relacionado con la cantidad y forma del nitrógeno aplicado. Por ejemplo, un estudio realizado por Zhang et al. (2023) demostró que una aplicación equilibrada de nitrógeno puede aumentar el rendimiento hasta en un 30% en comparación con aplicaciones inadecuadas.

Figura 9

Medias para el peso de mil granos (PM) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

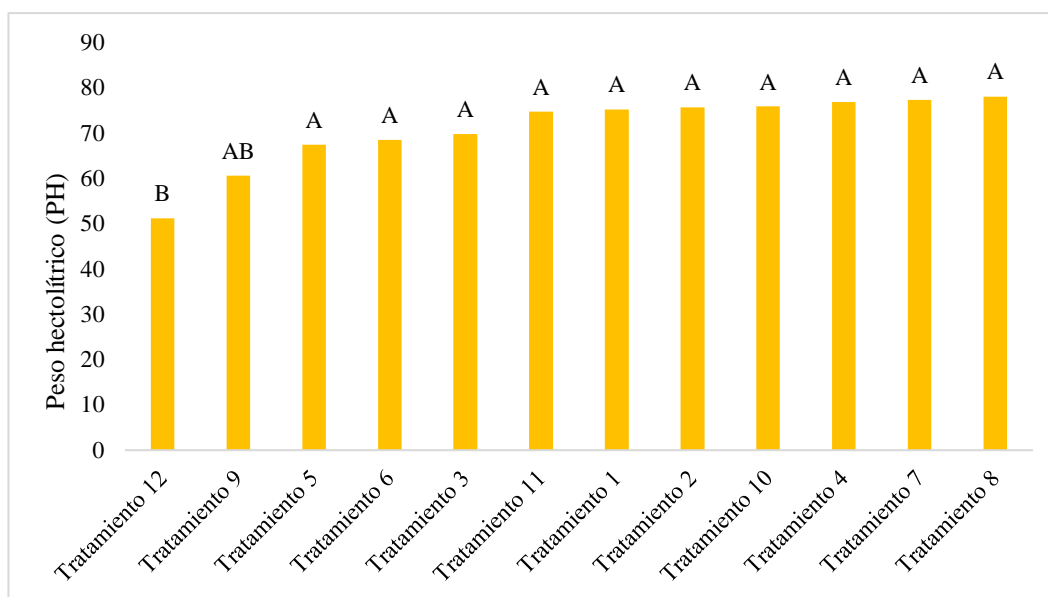
De acuerdo con la Figura 9, en la variable PMG se observó que el T11 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentan medias superiores a 43.31 gramos, en comparación con T1(Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) que presentó medias inferiores a 35.99 gramos.

Los resultados indican que los tratamientos con la línea TA18 obtuvieron un mayor peso de mil granos en comparación con la línea H01, la cual presentó un peso significativamente menor, con una reducción del 54.25%.

La presente investigación concuerda con estudios previos, como el realizado por Martínez (2011) quien reportó un peso de 1000 semillas en un rango de 37.15 a 42.64 g. En este caso, se obtuvo un rango ligeramente más amplio, de 30.8 a 47.51 g, lo cual puede atribuirse a diversos factores, entre ellos la variedad utilizada, el ciclo del cultivo, la fecha de siembra, el cultivo antecesor, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo y el tipo de siembra.

Figura 10

Medias para el Peso hectolítrico (PH) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

De acuerdo con la Figura 10 en la variable PH, se observó que el T8 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvo un mayor peso hectolítrico con una media superior a 67.41gramos, mientras que el T12 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvo un menor peso hectolítrico con medias inferiores a 60.62 gramos.

Por lo que, los tratamientos que incluyen diferentes combinaciones de líneas de trigo harinero y niveles de fertilización nitrogenada demostraron una clara influencia sobre el peso hectolítrico. Las líneas con tolerancia a enfermedades fúngicas, en combinación con niveles parciales o totales de fertilización nitrogenada (particularmente con Urea y Nitrato de amonio), obtuvieron los valores más altos, superando las 67.41 gramos en peso hectolítrico. Por otro lado, el T12 presentó los valores más bajos, con medias inferiores a 60.62 gramos, lo que resalta la importancia de una adecuada fertilización nitrogenada para optimizar el rendimiento y calidad del grano.

La calidad del grano es otro aspecto crucial que se ve influenciado por la fertilización nitrogenada. En este estudio, se observó que el T8 resultó en un mayor rendimiento y un peso hectolítrico aceptable. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que un exceso de nitrógeno puede afectar negativamente la calidad del grano, aumentando su contenido proteico, pero reduciendo otros aspectos como el peso específico (Gao et al., 2022).

Un análisis realizado por Liu et al. (2021) indica que mientras más nitrógeno se aplica, mayor es el riesgo de comprometer la calidad del grano debido a un crecimiento vegetativo excesivo. Esto resalta la necesidad de encontrar un equilibrio adecuado en las aplicaciones nitrogenadas para maximizar tanto el rendimiento como la calidad.

4.1.4. Análisis económico

A continuación, se puede observar el presupuesto parcial, que refleja los costos y los beneficios netos de la aplicación de cada uno de los tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4

Presupuesto parcial para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenadas y dosis de fertilización.

Trat.	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ajuste al rendimiento (10%)	Total de costos variables	Ingresos totales (USD)	Ingresos netos (USD)
3	3713.81	3342.43	\$658.02	\$1.797.66	\$1.139.64
6	4253.97	3828.57	\$658.02	\$2.059.13	\$1.401.11
9	3785.64	3407.08	\$658.02	\$1.832.43	\$1.174.41
12	3704.65	3334.19	\$658.02	\$1.793.23	\$1.135.21
2	4749.81	4274.83	\$730.73	\$2.299.14	\$1.568.41
5	4389.50	3950.55	\$730.73	\$2.124.73	\$1.394.00
8	4235.84	3812.26	\$760.67	\$2.050.35	\$1.289.68
11	5077.83	4570.05	\$760.67	\$2.457.92	\$1.697.24
1	4725.76	4253.18	\$803.44	\$2.287.50	\$1.484.05
4	5273.51	4746.16	\$803.44	\$2.552.63	\$1.749.19

7	4403.07	3962.76	\$863.32	\$2.131.30	\$1.267.98
10	5635.45	5088.11	\$863.32	\$2.736.54	\$1.873.22

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 4, se observa que el tratamiento con el menor costo variable correspondió al T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada.), con un costo de \$1.139.64 USD. En contraste, el tratamiento que alcanzó el costo variable más elevado fue el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada), con un costo de \$1.873.22 USD.

Tabla 5

Análisis de dominancia para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenadas y dosis de fertilización.

Trat.	Total de costos variables (USD)	Beneficios netos (USD)	Análisis de dominancia
3	\$658.02	\$1.139.64	ND
6	\$658.02	\$1.401.11	ND
9	\$658.02	\$1.174.41	D
12	\$658.02	\$1.135.21	D
2	\$730.73	\$1.568.41	ND
5	\$730.73	\$1.394.00	D
8	\$760.67	\$1.289.68	D
11	\$760.67	\$1.697.24	ND
1	\$803.44	\$1.484.05	D
4	\$803.44	\$1.749.19	ND
7	\$863.32	\$1.267.98	D
10	\$863.32	\$1.873.22	ND

Según la Tabla 5, se identifica que el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y T6(Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) resultaron ser no dominantes (ND) ofreciéndonos un beneficio neto de \$1.139.64 USD y \$1.401.11 USD respectivamente. Por otro lado, el T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y T11 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) fueron no dominantes con un beneficio neto de \$1.568.41 USD y \$1.697.24 USD respectivamente. Por último, los tratamientos T4 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) Y T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cobre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron un beneficio costo de \$1.749.19 USD y \$1.873.22 USD.

Tabla 6

Análisis de la tasa de retorno marginal

Trat.	Total de costos variables (USD)	Costo de variables marginales (USD)	Beneficios netos (USD)	Beneficios netos marginales (USD)	Tasa de retorno marginal (%)
3	\$658.02		\$1.139.64		
6	\$658.02	\$0.00	\$1.401.10	\$261.46	-----
2	\$730.73	\$72.71	\$1.568.40	\$167.30	230%
11	\$760.67	\$29.94	\$1.697.24	\$128.84	430%
4	\$803.44	\$42.77	\$1.749.19	\$51.95	121%
10	\$863.32	\$59.88	\$1.873.22	\$124.03	207%

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 7, el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cobre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) es el más rentable dentro de los parámetros evaluados,

ya que presenta beneficios netos marginales significativamente mayores con un valor promedio de \$261.46 USD en comparación con el T10 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) que presenta un beneficio neto marginal de \$124.03USD. Esto justifica la inversión adicional en costos variables marginales. Sin embargo, es importante considerar otros factores, como riesgos y sostenibilidad, antes de implementar cambios.

4.2. Comprobación de hipótesis

De acuerdo al análisis estadístico, se observaron diferencias significativas a nivel de los tratamientos en estudio por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), con evidencia estadística de que las variables estudiadas tienen una diferencia significativa.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1. CONCLUSIONES

- El tratamiento (T10) tratado con fertilización amoniacal (nitrato de amonio) al 100% del requerimiento presentó menor severidad de manchas foliares en comparación con el tratamiento (T1) con fertilización nítrica (urea) al 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada, por lo que la fertilización con fuentes nítrica y amoniacal influye significativamente en la severidad de las enfermedades fúngicas en trigo harinero.
- Con respecto a la incidencia de la roya la fertilización nitrogenada con nitrato de amonio influyó significativamente en los tratamientos con la línea de trigo harinero susceptible al 100% del requerimiento (T7) ya que presentó mayor severidad de roya en comparación con los T12, T6 y T3 sin fertilización con nitrógeno lo que sugiere que la fuente de nitrógeno puede influenciar la tolerancia del cultivo a estas enfermedades.
- En esta investigación se observó que el T10 obtuvo un rendimiento de 5635.45kg ha^{-1} siendo más eficiente para esta variable. Por lo que, la fertilización nítrica (nitrato de amonio) presentó una mayor eficiencia en términos de absorción por la planta y conversión de biomasa, especialmente en condiciones de estrés hídrico moderado.
- El análisis de dominancia reveló que el tratamiento al utilizar un trigo tolerante a enfermedades fúngicas con nitrato de amonio cubriendo el 100% del requerimiento de fertilización como el tratamiento (T10) obtiene mayor beneficio neto (\$1873.22 USD), destacándose como la opción más rentable comparado con los tratamientos sin fertilización de nitrógeno, ya que maximiza la rentabilidad del cultivo. Aunque los tratamientos con 50% de fertilización (T2 y T11) lograron beneficios intermedios, siendo una alternativa viable bajo restricciones económicas.

5.1.2. RECOMENDACIONES

- Implementar la utilización de nitrato de amonio como fuente nitrogenada, cubriendo el 100% del requerimiento del cultivo, especialmente en líneas de trigo con tolerancia a enfermedades fúngicas, para maximizar el rendimiento y la rentabilidad.
- En caso de limitaciones económicas, considerar el uso del 50% del requerimiento de la fertilización nitrogenada, priorizando fuentes y prácticas que aseguren eficiencia en el uso del nitrógeno.
- Adaptar prácticas de fertilización a las condiciones ambientales y del suelo de cada región, incluyendo el manejo del agua, para optimizar la absorción y el impacto del nitrógeno en el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, N., & Akmal, M. (2022). Wheat Growth, Yield, and Quality Under Water Deficit and Reduced Nitrogen Supply. A Review. *Gesunde Pflanzen* 74(2), 371–383.
- Almada, M., Vitti, D., & Szwarc, D. (2019). Insectos en el cultivo de trigo. EEA - INTA Reconquista, Santa Fe, 6–8. Recuperado de: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/16928/INTA_CRSantaFe_EEARconquista_Vitti_D_Insectos_en_el_cultivo_de_trigo_guia_ilustrada_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- André Barbieri, P., Sainz Rozas, H., & Eduardo Echeverría, H. (2008). Time of nitrogen application affects nitrogen use efficiency of wheat in the humid pampas of Argentina. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(5), 849 – 857.
- Ávila M., Ávila S., Rivas S & Martínez H., D. (2014). Cultivos extensivos; cultivo de trigo. Recuperado de: <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20TRIGO.pdf>
- Cherlinka, V. (2023). Cultivo de trigo: siembra, manejo y cosecha. Blog- EOS Data Analytics. Recuperado de: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-trigo/#:~:text=El%20cultivo%20del%20trigo%20de%20primavera%20necesita%20entre%20100%20y,quando%20entra%20en%20reposo%20vegetativo.>
- CIMMYT. (2022). Cosechando a tiempo. Recuperado de: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/cosechando-a-tiempo/>
- EPPO. (2020). Ficha técnica de *Fusarium* spp. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_m_a_z_2020.pdf
- ESPAC. (2023). Estadísticas agropecuarias. INEC. Recuperado de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

- Espinoza, N. (2012). Control de malezas en trigo para el borde costero de la Araucanía. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7687/NR39303.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Estrada, D. (2014). Caracterización agronómica y económica del trigo (*Triticum aestivum*) variedad Jupateco, en la comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua
- Fleitas, M. C., Schierenbeck, M., Gerard, G. S., Dietz, J. I., Golik, S. I., Campos, P. E., & Simón, M. R. (2018). How leaf rust disease and its control with fungicides affect dough properties, gluten quality and loaf volume under different N rates in wheat. *Journal of Cereal Science*, 80, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.02.003>
- Fleitas, M., Schierenbeck, M., & Simon, M. (2014). Efecto de la roya de la hoja (*Puccinia tritici*) sobre el rendimiento y la calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.). Repositorio Institucional CONICET. Recuperado de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/33998/CONICET_Digital_Nro.0b525c6a-05f2-48a9-a7e2-c6eb929a627e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Flores, J. (2015). Accesiones de trigo duro (*Triticum aestivum* L.) en la localidad de Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia de Bolívar. [Tesis de grado, UEB] Recuperado de: <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c28118af-e911-4387-993b-6294c747764d/content>
- Flores, J. (2022). Identificación de los agentes causales de la secadera del trigo (*Triticum aestivum* L.) en la Región de Pénjamo, Guanajuato. Recuperado de: <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/48841>

- Grijalva, R., Robles, F., Macías, R., Santillano, J., & Núñez, F. (2016). Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo. *Agrociencia*, 26(5), 48–54.
- Guerrero, A. (2020). Enfermedades de trigo y su manejo. Recuperado de: <https://capeco.org.py/wp-content/uploads/2020/06/4-Gacetilla-04-2020-Trigo-Enfermedades-1.pdf>
- Herrera Galarza, T. F. (2016). Adaptación y rendimiento de cuatro variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con dos fertilizantes químico y orgánico en Latacunga [Tesis de pregrado Universidad Técnica de Cotopaxi]. Recuperado de: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4209/1/UTC-PC-000143.pdf>
- INIAP. (2023). Establecimiento del cultivo de trigo. Recuperado de: <https://tecnologia.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/4cultivo-4.pdf>
- Juárez, Z., Bárcenas, M., Pozos, L., & Hernández, R. (2017). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. Recuperado de: <https://tsia.udlap.mx/el-grano-de-trigo-caracteristicas-generales-y-algunas-problematicas-y-soluciones-a-su-almacenamiento/>
- Lerenius. (2019). Guía de síntomas y daños de la roya lineal amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). Recuperado de: [https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20\(Puccinia%20striiformis%20f.%20sp.%20tritici\).pdf](https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20(Puccinia%20striiformis%20f.%20sp.%20tritici).pdf)
- Manangón M., P. R. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6717/1/UPS-YT00040.pdf>

- Martínez, L. (2011). Rendimiento de seis variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Ayacucho. Recuperado de: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/56cbdaae-acb9-41a8-934f-59e0e2654eb2/content>
- Martínez, M. (2020). Interacción de fusarium en trigo y cebada bajo condiciones de temperatura actuales y proyectadas a futuro. Recuperado de: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/91246/Documento_completo.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Mendoza, G., Jaramillo, R., Autores, V., Ponce, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2023). Manual para la producción sostenible de trigo en la sierra ecuatoriana. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 22. Recuperado de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6016>
- Montes, J. (2023). Rendimiento y tolerancia a roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) en genotipos de trigo harinero y cristalino para El Bajío de México [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48998>
- Morales, E., Arriaga, M., López, J., & Martínez, Á. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875–1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>
- Mur, L. A. J., Simpson, C., Kumari, A., Gupta, A. K., & Gupta, K. J. (2017). Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. In *Annals of Botany* (Vol. 119, Issue 5, pp. 703–709). <https://doi.org/10.1093/aob/mcw179>
- Orús, A. (2024, 13 de marzo de 2024). Ranking de los principales productores de trigo en el mundo en 2023/2024. Statista. Recuperado de: <https://es.statista.com/estadisticas/634804/principales-paises-productores-de-trigo-en-el-mundo/>

- Pistoni, L. (2020). Cultivo de trigo 2020. Escuela Agro técnica "Lib. Gral. San Martín". Recuperado de: <https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/03/Cultivo-de-Trigo-2020.pdf>
- Ponce, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). Manual de manejo del cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) y conservación de suelos (pp. 1–5). INIAP. Recuperado de: https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/5975/1/gu%C3%ADa%20trigo_compressed.pdf
- Ponce, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2022). Manual para la producción sostenible de cereales en la sierra ecuatoriana. Recuperado de: www.iniap.gob.ec
- Ponce Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2022). Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana. Recuperado de: www.iniap.gob.ec
- Ramos, S. (2022). Pulgones en el trigo, así se pueden controlar sin agroquímicos. CIMMYT. Recuperado de: <https://idp.cimmyt.org/pulgones-en-el-trigo-asi-se-pueden-controlar-sin-agroquimicos/>
- Reyes, C. (2015). Roya de la hoja (*Puccinia recondita*). Panorama-Agro.Com. Recuperado de: <https://panorama-agro.com/?p=1068>
- Rivera, E., Sandoval, M., Rodríguez, M., Trejo, C., & Gasga, R. (2014). Fertilización de tomate con nitrato y amonio en raíces separadas en hidroponía. Revista Chapingo, Serie Horticultura, 20(1), 57–70. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.12.069>
- SACSA. (2016). Crecimiento de las semillas de trigo. Recuperado de: <https://www.gruposacsa.com.mx/crecimiento-de-las-semillas-de-trigo/>
- Schierenbeck, M., Fleitas, M., Golik, S., Gerard, G., Cardelli, M., Dubor, T., Burs, G., Garbuglio, M., Pardi, M., & Simón, M. (2019). Interacción entre fertilización nitrogenada y moléculas fungicidas en trigo: ¿Cómo afectan la

severidad y rendimiento ante infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja?
Recuperado de:
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/79085/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sierra Nila. (2021). Descripción fenotípica de 100 líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y la respuesta a cuatro razas de roya amarilla (*Puccinia striiformis* West f.sp. *tritici*) en la estación experimental agraria Andenes-Cusco. Universidad Nacional de San Antonio ABAD Del Cusco, 17–21. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5915>

Socolsky, L. (2019). Alternativas de control químico de roya anaranjada (*Puccinia triticina*) del trigo en la región semiárida pampeana. Universidad Nacional de La Pampa. Recuperado de: <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/6417>

Solier, J. (2009). Efecto del abonamiento en la calidad harinera de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Canaan, Ayacucho. Recuperado de: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ce7b7bc9-52d4-4f30-bd6d-0bc891283912/content>

Suaste, M., Iturriaga, G., Solis, E., Raya, J., Ramírez, J., & Mariscal, L. (2020). Resistencia a *Fusarium* causante de pudriciones en trigo: actualidad y perspectivas para su uso en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n2/2007-0934-remexca-11-02-405.pdf>

Unda, J. (2022). Evaluación de líneas diferenciales para royas (*Puccinia graminis*) en avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP, bajo las condiciones ambientales en el campus Salache UTC 2021-2022. Recuperado de: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9620>

Uranga, J. P., & Voisin, A. I. (2022). Cereales de invierno: Capítulo 7: Manejo de plagas en Universidad Nacional de La Plata (EDULP) (pp. 186–198). Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156682>

Vaccaro, M., Valentinuz, E., & Formento, A. (2021). Roya estriada del trigo (*Puccinia striiformis*): Aspectos claves para su manejo. Serie Extensión INTA Paraná No87. Recuperado de: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9891>

Vera, C. (2020). Roya estriada, la principal patología foliar del trigo en Chile. 80. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67190/NR42384.pdf?sequence=31&isAllowed=y>

ANEXOS



Anexo 1: Mapa de ubicación de la investigación



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



INFORME DE ENSAYO No: 24-0054

NOMBRE DEL CLIENTE: Román Ramos Andrea Elizabeth
PETICIONARIO: Román Ramos Andrea Elizabeth
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Román Ramos Andrea Elizabeth
DIRECCIÓN: Guaranda

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 26/02/2024
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:14
FECHA DE ANÁLISIS: 26/02/2024
FECHA DE EMISIÓN: 15/05/2024
ANÁLISIS SOLICITADO: S4

Análisis	pH	N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN						
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural											
24-0189	7,11	P	N	43,38	M	13,01	M	14,19	M	0,85	B	0,58	A	15,87	A	3,20	A	1,5	B	15,3	A	128	A	12,8	M	4,95	5,56	33,09	19,65	2,48	A					32	39	29	FRANCO-ARENOSO	Muestra 1

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

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA		
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
SB =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
		B = Curcúmina

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

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

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH

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



Formado electrónicamente por
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

Este documento es válido por reproducción en todo el territorio con la reproducción exacta del laboratorio.



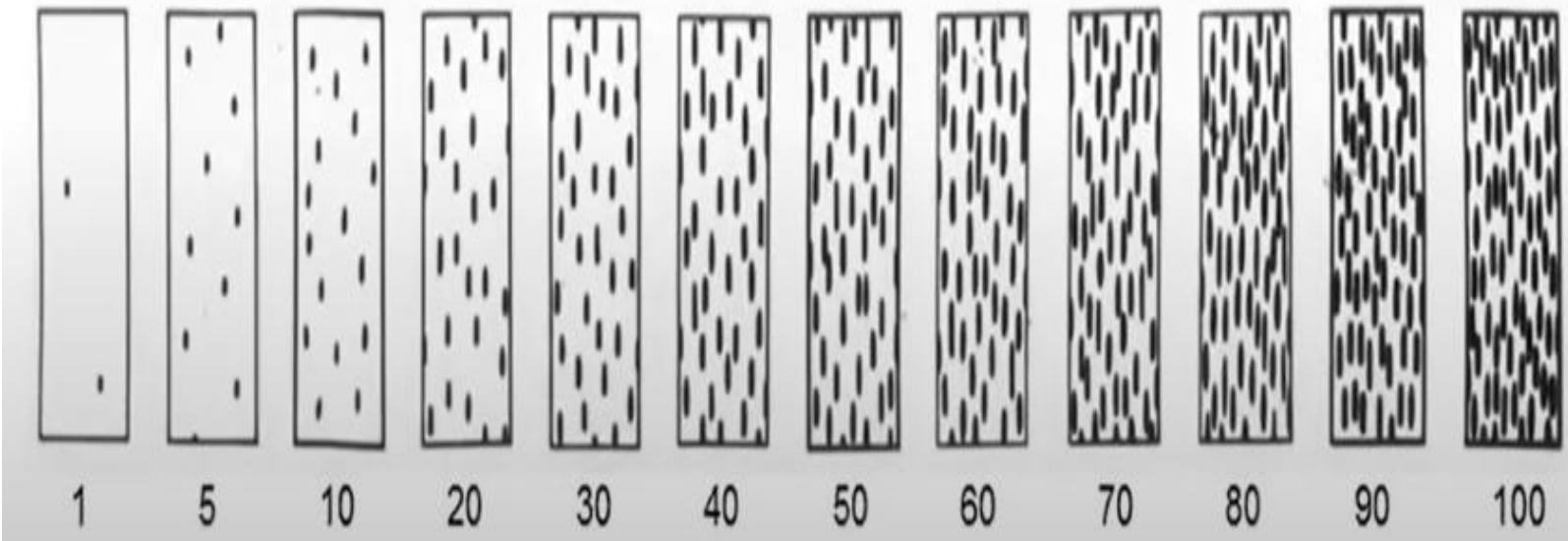
Formado electrónicamente por
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

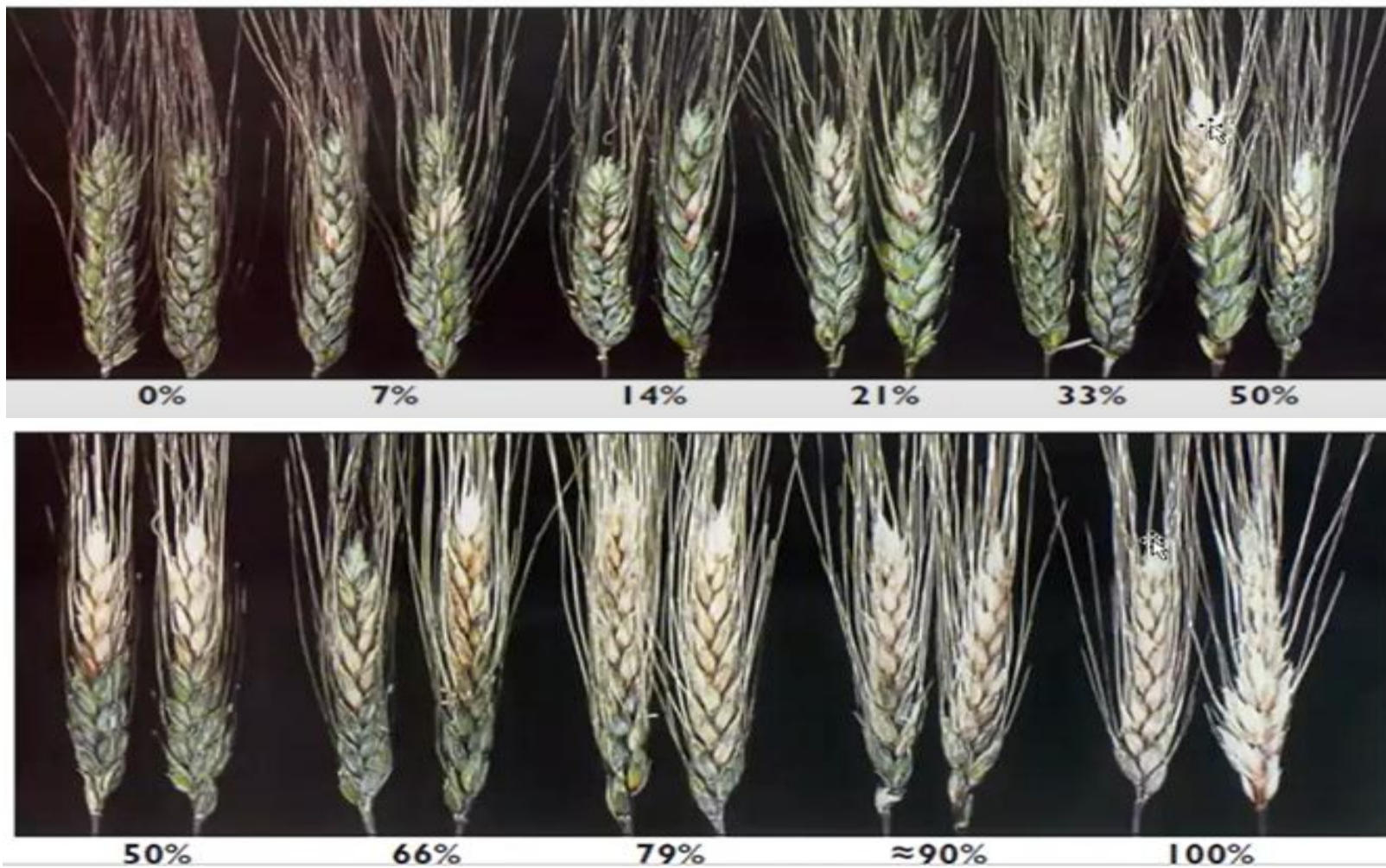
HORSFALL - BARRATT SCALE: Horsfall, J.G. and R.W. Barratt. 1945. An improved grading system for measuring plant diseases. *Phytopathology* 35:65 (abstract).

Grade	% Diseased	% Healthy	Grade Formula (%)
0	0	100	1.17
1	0-3	97-100	2.34
2	3-6	94-97	4.68
3	6-12	88-94	9.37
4	12-25	75-88	18.75
5	25-50	50-75	37.50
6	50-75	25-50	62.50
7	75-88	12-25	81.25
8	88-94	6-12	90.63
9	94-97	3-6	95.31
10	97-100	0-3	97.66
11	100	0	98.62

Anexo 4: Escala de Horsfall-



Anexo 5: Escala de Cobb



Anexo 6: Escala de Stack & Mullen

Anexo 7: Base de datos

Los datos de esta investigación se encuentran disponibles en el repositorio abierto del Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Estatal de Bolívar en la siguiente dirección web: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/JRGKX>.

Anexo 8: Manejo del cultivo y base de datos



Emergencia del cultivo (8 días después de la siembra)



Cultivo de trigo a los 21 días



Control de insectos



Pesado de fertilizantes



Primera fertilización



Riego



Conteo de número de macollos



Control de malezas



Segunda fertilización



Evaluación de incidencia de Manchas foliares



Evaluación de incidencia de Roya de la hoja



Evaluación de incidencia de fusarium



Identificación de las unidades experimentales



Visita de campo



Toma de la variable altura de la planta



Cosecha



Trilla



Limpieza del grano



Grano limpio



Peso de granos por unidad experimental



Toma de la variable peso de 1000 granos



Peso de granos por espiga

Anexo 9: Glosario de términos técnicos

Absorción. - es el proceso mediante el cual las plantas toman agua, nutrientes y otros compuestos del suelo a través de sus raíces.

Amonio. - una forma de nitrógeno NH^4 utilizada por las plantas como nutriente, a menudo presente en fertilizantes nitrogenados.

Aurícula. - es un lóbulo foliáceo normalmente de pequeño tamaño situado en la base del limbo, junto al peciolo que, por su forma, recuerda a una orejita.

Desnitrificación. - proceso mediante el cual los compuestos de nitrógeno, como los nitratos y nitritos, se convierten en nitrógeno gaseoso y se liberan a la atmósfera.

Espiga. - es un tipo de inflorescencia racimosa en la cual el eje o raquis es alargado y las flores son sésiles; ubicándose las flores más jóvenes en el ápice del mismo.

Esporas. - es una célula reproductiva producida principalmente por algunas plantas y hongos. Esta célula tiene la capacidad de dividirse sucesivamente para dar lugar a un nuevo individuo. Es importante destacar que estas células no requieren de la presencia de otro individuo para su división y el desarrollo de un nuevo organismo, lo que las sitúa en el contexto de la reproducción asexual.

Extracción. - es el proceso en el que las sustancias, como nutrientes, agua o contaminantes, son absorbidas del suelo o ambiente donde las plantas crecen. Esto puede suceder a través de las raíces o estructuras especializadas, como los pelos radiculares, que están diseñados para la absorción de estas sustancias.

Fascículo. - se refiere a un conjunto de tejidos vasculares que forman una especie de haz o grupo dentro del tallo. Estos fascículos son responsables del transporte de agua, nutrientes y otras sustancias a lo largo de la planta.

Lígula. - se refiere a una pequeña membrana o estructura ubicada en la base de la hoja, justo donde esta se une al tallo. Es una característica distintiva de las gramíneas, incluyendo el trigo, y se presenta como una prolongación membranosa o pelos diminutos en la parte superior de la vaina de la hoja.

Macollos. - es un modo de propagación vegetativa de muchas especies de poaceae (gramíneas) que les permite producir múltiples tallos secundarios adventicios (llamados macollos) desde el cuello de la plántula inicial.

Microtoxinas. - toxinas producidas por microorganismos como hongos y bacterias, que pueden ser dañinas para la salud humana o animal.

Nitrato. - se refiere a la forma química de nitrógeno (N) presente en muchos fertilizantes y compuestos utilizados para mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento saludable de las plantas.

Peso hectolítrico. - es una medida utilizada en agricultura para determinar la densidad de un volumen fijo de granos, típicamente cereales como trigo, cebada o maíz. Se expresa en kilogramos por hectolitro (kg/hl) y se obtiene pesando una cantidad específica de granos (generalmente un hectolitro, que equivale a 100 litros) y dividiendo el peso obtenido por el volumen medido.

Rendimiento. - el rendimiento se refiere a la cantidad de granos cosechados por unidad de superficie, generalmente expresada en términos de toneladas por hectárea. Este rendimiento se determina al finalizar el ciclo de cultivo, una vez que se ha cosechado y se han obtenido los granos de trigo.

Restricción. - se refiere a cualquier factor o condición que limita el crecimiento, desarrollo o rendimiento de un cultivo. Estas restricciones pueden ser de naturaleza física, química o biológica y pueden estar relacionadas con el suelo, el clima, los nutrientes, el agua, las enfermedades, las plagas, entre otros aspectos.

Susceptible. - se refiere a la capacidad de ser afectado o influenciado por algo, ya sea de manera física, emocional o ambiental.