UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

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

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía

Autor:

Kevin Adrian Chimbo Shiguango

Tutora:

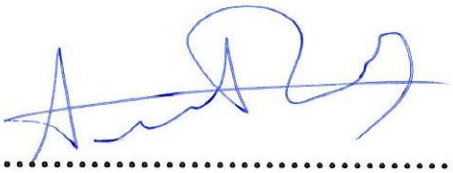
Dra. Andrea Elizabeth Román Ramos

Guaranda – Ecuador

2026

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

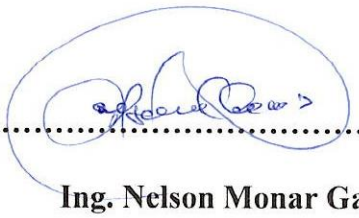
REVISADO Y APROBADO POR:



.....

Dra. Andrea Elizabeth Román Ramos

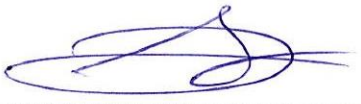
TUTORA



.....

Ing. Nelson Monar Gavilánez

DOCENTE LECTOR



.....

Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Kevin Adrian Chimbo Shiguango, con CI 150096594-0, 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.

NOTARIA TERCERA
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez
GUARANDA - ECUADOR

Kevin Adrian Chimbo Shiguango

AUTOR

150096594-0

Dra. Andrea Elizabeth Román Ramos

TUTORA

060408487-1

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

NOTARÍA TERCERA
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez
GUARANDA - ECUADOR

rio...

N° ESCRITURA 20250201003P03076

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: CHIMBO SHIGUANGO KEVIN ADRIAN

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS H.R. Factura: 001-006- 000008672

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veinte de Noviembre del dos mil veinticinco, **ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda**, comparece **CHIMBO SHIGUANGO KEVIN ADRIAN**, soltero de ocupación estudiante, domiciliado en el cantón Guaranda provincia Bolívar, con celular número (0968409929), su correo electrónico es adrianchimbo1999@gmail.com, por sus propios y personales derechos, obligarse a quien de conocer 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; y en cumplimiento de la Ley Notarial, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (**LOPDP**) y su Reglamento General (**RLOPDP**), los datos personales proporcionados en este documento son autorizados por el compareciente al Notario para su uso, verificación, tratamiento y archivo, los cuales reposaran además en los libros de la Notaria Tercera del cantón Guaranda conforme lo prevé la Ley Notarial, bien instruidas por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declara lo siguiente manifiesto que el criterio e ideas emitidas en el presente PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, con el tema: **RESTRICCIÓN EN LA FERTILIZACIÓN NÍTRICA Y AMONIACAL SOBRE LA SANIDAD Y RENDIMIENTO EN DOS LÍNEAS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.)** Es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autor, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. 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 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 les fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se ratifican y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

CHIMBO SHIGUANGO KEVIN ADRIAN

C.C.**15000965940**

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



EL NOTA....

Kevin Adrian Chimbo Shiguango

Chimbo_Kevin_proyecto_trigo_2025.pdf

David Silva

David Silva

Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:530649105

Fecha de entrega
20 nov 2025, 11:03 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
20 nov 2025, 11:36 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Chimbo_Kevin_proyecto_trigo_2025.pdf

Tamaño del archivo
4.3 MB

75 páginas

13.346 palabras

77.006 caracteres

Firma:

Revisado por Dr. Andrea Elizabeth Román Ramos

Fecha: 20/11/25

turnitin Página 1 de 81 - Portada Identificador de la entrega trn:oid:::3117:530649105

6% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

0% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
32 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

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 Dr. Andrea Elizabeth Román Ramos

Fecha: 20/11/25

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a Dios, quien me ha otorgado energía, fuerza y sabiduría durante cada etapa de mi trayectoria universitaria y en el transcurso de mi existencia cotidiana. Me dedico esta tesis a mí mismo por haber persistido en mis aspiraciones, por este triunfo que no surge del azar, sino del resultado de mi constancia y compromiso, tras enfrentar innumerables desafíos que guardé en silencio, ya que, indudablemente, he invertido un esfuerzo adicional para armonizar mis responsabilidades en el estudio y el trabajo.

A mis padres, Cesar Chimbo y Martha Shiguango, les rindo homenaje por su modelo de perseverancia y los múltiples sacrificios que asumieron para impulsarme hacia mis objetivos; su creencia en mis aptitudes me ha infundido la seguridad necesaria para vencer toda adversidad y concretar esta meta significativa, que también les pertenece. A mi hermana Thalía, Cinthya, Tatiana y a mi hermano Willian, les agradezco por haber sido mi pilar y el impulso constante a lo largo de este proceso.

En recuerdo de mis abuelos, particularmente de Clementina Yumbo y Matías Shiguango, quienes siempre me animaban a continuar con mi camino formativo, les juré que lo haría y hoy lo cumplo, les entrego esta obra con profundo cariño, desde la tierra hasta el cielo.

Kevin Adrian Chimbo Shiguango.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios por la existencia de mis padres, quienes han sido el mayor motor de mis aspiraciones; agradezco por su constante deseo de brindarme y proveerme lo mejor en mi vida, ya que sin ellos esto no habría sido posible.

Agradezco a mis amigos que hice a lo largo de toda mi carrera, con quien tuve la fortuna de compartir no solo las clases, sino también experiencias que se convirtieron esta fase de mi vida en algo inolvidable.

A mi tutora, la Dra. Andrea Román, por su compromiso y disponibilidad para aclarar mis inquietudes; y por supuesto, a los Ing. Eduardo Rodríguez, Ing. Katy, Ing. Junior e Ing. David Silva por su apoyo y asistencia en este proyecto, así como por compartir sus saberes, que estoy seguro me serán útiles a lo largo de mi trayectoria profesional.

Un reconocimiento al proyecto UEB-FIASA por el apoyo técnico, financiero y científico en cada etapa de esta investigación.

Agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar por esos excelentes profesionales que tuve el privilegio de tener como docentes; gracias por obsequiarme amistades que guardaré eternamente en mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

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
2.4 Ciclo del cultivo 7
2.4.1 Germinación 7
2.4.2 Ahijamiento 8
2.4.3 Encañado 8
2.4.4 Maduración 8
2.5 Requerimientos edafoclimáticos 9
2.6 Manejo del cultivo 9
2.6.1 Preparación de terreno 9

2.6.2 Siembra 9
2.6.3 Nutrición y Fertilización 10
2.6.4 Control de malezas 11
2.6.5 Cosecha 12
2.6.6 Trilla 12
2.7 Plagas 12
2.7.1 Gusano blanco o bicho torito (*Diloboderus abderus*) 12
2.7.2 Áfidos (*Schyaphis graminum, Metopolophium dirhodum y Sipha maydis*). 13
2.7.3 Oruga militar verdadera (*Pseudaletia adultera*) 13
2.8 Enfermedades 13
2.8.1 Roya lineal o amarilla (*Puccinia striiformis*) 13
2.8.2 Roya de la hoja (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm) 15
2.8.3 Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*) 16
2.9 Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades 17
CAPÍTULO III 18
3. MARCO METODOLÓGICO 18
3.1 Ubicación de la investigación 18
3.2 Metodología 18
3.2.1 Material experimental 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
3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta) 23
3.2.7 Análisis de datos 26
CAPÍTULO IV 27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 27
4.1 Análisis de variables agronómicas 27
4.2 Análisis de variables sanitarias 32
4.3 Análisis de variables de rendimiento 35
4.4 Análisis económico 41
4.5 Comprobación de hipótesis 43
CAPÍTULO V 44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
5.1 CONCLUSIONES 44
5.2 RECOMENDACIONES 45
BIBLIOGRAFÍA 46
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 m² (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).	35
4	Análisis de la relación Beneficio/costo para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenados y dosis de fertilización.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pag
1	Medias para el porcentaje de emergencia (PE) 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.	30
4	Medias para la severidad de manchas foliares (SEVMF) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.	32
5	Medias para la severidad de fusarium (SEVF) 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.	37
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.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle
1	Mapa de ubicación de la investigación
2	Croquis del ensayo
3	Análisis de suelo
4	Base de datos
5	Fotografías
6	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es fundamental para la industria y la alimentación mundial. Sin embargo, se ve afectado por enfermedades como la roya, manchas foliares y fusariosis, cuya frecuencia puede incrementarse con la aplicación de fertilizantes nitrogenados. No obstante, aunque la fertilización eleva el rendimiento, genera retos para la salud del cultivo, lo que resalta la relevancia de un manejo agronómico sostenible. En consecuencia, los objetivos de este estudio fueron: 1) Analizar el impacto de la fertilización nitrogenada mediante fuentes nítricas y amoniacales en la intensidad de enfermedades fúngicas frente a infecciones naturales de manchas foliares, roya y fusarium. 2) Evaluar el uso eficiente del nitrógeno según la fuente empleada, y 3) Calcular la relación beneficio costo de la fertilización nitrogenada para cada uno de los tratamientos. Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza complementado con la prueba de Tukey al 5%. Los hallazgos revelaron que las variables severidad de manchas foliares (SEVMF), severidad de roya (SEVR), número de macollos (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEPMC), altura de la planta (AP), número de granos por espiga (NGPE), peso de granos por espiga (PGPE), peso de mil granos (PM), peso hectolítrico (PH) y rendimiento (REN), resultaron significativos con $p<0.05$ y altamente significativos con $p<0.01$. Se notó que en los tratamientos T7 y T10, aplicaciones con fertilización amoniacal (nitrato de amonio) al 100% del requerimiento, mostraron menor severidad de manchas foliares, y además alcanzaron un rendimiento de 3494.94 kg ha^{-1}. Además, el análisis de beneficio/costo mostró que la utilización de una línea de trigo tolerante a enfermedades fúngicas, combinada con la aplicación de nitrato (Urea) que cubre el 100% del requerimiento de fertilización (Tratamiento 4), genera el mayor beneficio neto de ($110.64), destacándose como la opción más rentable comparado con los tratamientos sin fertilización de nítrica y amoniacal, ya que maximiza la rentabilidad del cultivo. En consecuencia, la fertilización con fuentes nítrica y amoniacal ejerce una influencia significativa sobre la severidad de las enfermedades fúngicas en el trigo harinero.

Palabras clave: fertilización nitrogenada, restricción, manchas foliares, fusariosis

SUMMARY

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is essential for both global industry and food security. However, it is affected by diseases such as rust, leaf spots, and Fusarium head blight, whose incidence may increase with the application of nitrogen fertilizers. Although fertilization enhances yield, it also poses challenges to crop health, emphasizing the importance of sustainable agronomic management. Consequently, the objectives of this study were: 1) Analyze the impact of nitrogen fertilization using nitric and ammoniacal sources on the intensity of fungal diseases under natural infections of leaf spots, rust, and *Fusarium*; 2) Evaluate nitrogen use efficiency according to the fertilizer source employed; and 3) Calculate the benefit–cost ratio of nitrogen fertilization for each of the treatments. Data were processed using an analysis of variance complemented by Tukey's test at 5%. The findings revealed that the variables leaf spot severity (SEVMF), rust severity (SEVR), number of tillers (NM), number of spikes per square meter (NEPMC), plant height (AP), number of grains per spike (NGPE), grain weight per spike (PGPE), thousand-grain weight (PM), test weight (PH), and yield (REN) were significant at $p < 0.05$ and highly significant at $p < 0.01$. Treatments T7 and T10, corresponding to ammoniacal fertilization (ammonium nitrate) covering 100% of the nitrogen requirement, showed lower leaf spot severity and achieved a yield of 3494.94 kg ha^{-1}. Moreover, the benefit-cost analysis indicated that the use of a wheat line tolerant to fungal diseases, combined with nitrate (urea) fertilization covering 100% of the nitrogen requirement (Treatment 4), generated the highest net benefit ($110.64), standing out as the most profitable option compared with treatments lacking nitric and ammoniacal fertilization, as it maximizes crop profitability. In conclusion, fertilization with nitric and ammoniacal sources exerts a significant influence on the severity of fungal diseases in bread wheat.

Keywords: nitrogen fertilization, restriction, leaf spots, fusariosis.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum*) es uno de los cereales más utilizados del mundo, tanto para fines industriales como alimenticios. En 2023/2024, China fue el mayor productor de trigo del mundo, con una producción de aproximadamente 136.6 millones de toneladas. La Unión Europea e India ocuparon la segunda y tercera posición. Francia y Alemania son el principal productor de trigo en la Unión Europea, con una producción 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 2976 ha, liderando así la producción de este cereal en Ecuador (Ponce et al., 2022). En la provincia de Bolívar en 2023, se plantaron alrededor de 372 hectáreas de trigo, principalmente en los cantones de Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes, con una producción total de 337 toneladas (ESPAC, 2023).

Se reconoce ampliamente que la aplicación de fertilizantes nitrogenados suele resultar en un aumento del contenido total de proteínas, así como gliadina y glutenina en el trigo. Sin embargo, a pesar de los considerables esfuerzos de investigación dedicados a comprender el 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 general sobre el impacto de las enfermedades foliares y su interacción con los fungicidas y la fertilización nitrogenada (Fleitas et al., 2022).

Una fertilización excesiva con nitrógeno puede debilitar las defensas naturales de las plantas, haciéndolas más susceptibles a enfermedades. Estudios científicos han demostrado que altas concentraciones de nitrógeno reducen la resistencia bacteriana mediada por hormonas peptídicas, aumentando la vulnerabilidad de las plantas a infecciones. Además, el exceso de nitrógeno puede favorecer el crecimiento de

tejidos vegetales más blandos y jugosos, lo que facilita la invasión de patógenos (Bonilla, 2020).

Las plantas bajo una condición de estrés nutricional son más susceptibles a enfermedades. Varios reportes agronómicos indican que una alta disponibilidad de nitrógeno no necesariamente potencia la defensa de las plantas, sino que, por el contrario, aumenta la incidencia de enfermedades en diversos cultivos. Sin embargo, otros estudios agronómicos muestran que una reducción en la fertilización nitrogenada agrava ciertas enfermedades causadas por hongos en el cultivo de trigo (Vega, 2022).

El trigo es un cultivo que es afectado por diversos factores tanto de origen biótico y abiótico, entre estos, se destaca el del manejo de la fertilización nitrogenada; se debe considerar que el nitrógeno es el elemento más importante para determinar el rendimiento y la calidad del trigo, por lo que esta práctica es considerada un factor muy importante (González et al., 2022).

El nitrógeno (N) constituye el principal factor limitante de la productividad del trigo. Visando la necesidad de N por parte del cultivo, el uso de la urea como fuente de nitrógeno en trigo es fundamental para sostener e incrementar la productividad de los sistemas de producción, debido a que el agregado de N fomenta la expansión foliar y el macollaje del cultivo, que en general determinan el rendimiento y la calidad del producto (Araujo et al., 2020).

Considerando que los productores de trigo conocen sobre la importancia del abonado nitrogenado para la obtención de altos rendimientos, surge la incógnita relacionada con la cantidad adecuada a ser aplicado y el momento exacto de aplicación en el cultivo. Dosis inferiores al exigido por el cultivo, reducirá el potencial de rendimiento y en dosis superiores ocurrirá una reducción de las ganancias por el gasto innecesario en abonado, perjuicios al ambiente, contaminación del agua superficial y subterráneas ocasionados por lixiviación del nitrato.

1.2 PROBLEMA

El cultivo de trigo 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 machas foliares y la fusariosis, las cuales pueden ser intensificadas por la fertilización nitrogenada.

Aunque la fertilización resulta importante para maximizar el rendimiento del trigo, existe una preocupación cada vez mayor respecto a su posible impacto en la incidencia y severidad de las enfermedades que afectan al 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.

A pesar de la relevancia de esta problemática, aún existen vacíos 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 el estado de enfermedades y el rendimiento del trigo, con el fin de desarrollar recomendaciones de manejo más eficientes y sostenibles dirigidas a los productores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la restricción en la fertilización nítrica y amoniacal sobre la sanidad y el 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 fusariosis.
- Determinar el efecto del uso eficiente del nitrógeno dependiendo de la fuente aplicada.
- Calcular la relación beneficio costo de la fertilización nitrogenada para cada uno de los tratamientos.

1.4 HIPÓTESIS

H0: La restricción de la fertilización nítrica y amoniacal no influye sobre el estado sanitario y el rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero.

H1: La restricción de la fertilización nítrica y amoniacal influye sobre el estado sanitario y el rendimiento en el cultivo de dos líneas de trigo harinero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen

El origen del trigo se dio en la antigua Mesopotamia, comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates, en la región asiática. A partir del Medio Oriente el cultivo se extendió a otras partes del mundo. La palabra trigo significa "triturado", "quebrado" o "trillado", indicando que se debe separar la cascarilla que lo recubre al grano de trigo para obtener la semilla (Sotaminga, 2023).

2.2 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Tribu: Triticeae
Género: *Triticum*
Especie: *aestivum*
Nombre científico: *Triticum aestivum*
Fuente: (Rea, 2024)

2.3 Características botánicas

2.3.1 Raíz

El trigo tiene raíces fasciculadas, el 50% de la raíz está comprendido entre 0 y 25 cm de profundidad y el resto puede llegar hasta un metro, y en suelos sueltos hasta 1.50 cm (Cruz, 2020).

2.3.2 Tallo

La planta de trigo posee un tallo principal, el cual se desarrolla a partir del crecimiento de la plúmula en la germinación, es un tallo erecto, cilíndrico, liso, con nudos sólidos, que puede alcanzar una altura de 60 a 120 cm (Ávila et al., 2019).

2.3.3 Hojas

Las hojas son alargadas rectas, paralelinervias y terminadas en punta, con una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de 4 a 6 hojas. En cada nudo nace una hoja, esta se compone de vaina y limbo, entre estas dos partes existe una que recibe el nombre de cuelío de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones llamadas aurículas (Galarza, 2023).

2.3.4 Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glúmelas, lodículos o glomélulas (Nauler, 2022).

2.4 Ciclo del cultivo

2.4.1 Germinación

El desarrollo de la planta de trigo se inicia con la germinación del grano de trigo y emergencia de la plántula, lo cual ocurre dependiendo de la temperatura del suelo entre 12 a 15 días. En este proceso la primera estructura que emerge del grano es la coleórriza, iniciando así el desarrollo de la raíz, posteriormente el coleóptilo emerge a la superficie del suelo dejando salir a la primera hoja, a esta etapa se le conoce como etapa de aguja (Ávila et al., 2019).

2.4.2 Ahijamiento

Esto ocurre cuando va a aparecer la cuarta hoja de la planta y el nudo de ahijamiento se engruesa. Esto se puede considerar como si estuvieran 4 o 5 nudos juntos, a cada uno de los cuales corresponde una hoja. En la axila de cada una de esas hojas surge una yema axilar que da nacimiento a un tallo secundario. Posteriormente, las raíces secundarias rompen la base del nudo de ahijamiento y éste se alarga. A medida que las raíces secundarias se desarrollan, dejan de crecer las primarias y toman una coloración parda. El poder de ahijamiento es un carácter varietal, pero, a parte de la variedad, depende de la importancia del abonado nitrogenado, fecha de siembra y temperatura, que condiciona la duración del período de ahijamiento (Cruz, 2020).

2.4.3 Encañado

Durante el encañado el tallo principal de la planta de trigo crece rápidamente en altura y se desarrollan nuevas hojas. Esta etapa es esencial para el establecimiento de una estructura de planta fuerte y saludable. El encañado requiere un suministro adecuado de nutrientes, especialmente nitrógeno, ya que es un período de alta demanda metabólica. La aplicación de fertilizantes y el control de plagas y enfermedades son cruciales en esta fase para asegurar un crecimiento vigoroso y uniforme. Cualquier estrés durante el encañado puede afectar negativamente el rendimiento y la calidad de la espiga (Bastida, 2024).

2.4.4 Maduración

La maduración del trigo se divide en varias sub-fases: lechosa, pastosa y madura. En la fase lechosa los granos comienzan a llenarse de líquidos ricos en azúcares y almidón. Durante la fase pastosa los granos se solidifican y acumulan almidón y proteínas, alcanzando su tamaño final. Finalmente, en la fase madura los granos pierden humedad y alcanzan su peso seco óptimo para la cosecha (Bastida, 2024).

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
Fuente: (Iniap, 2019)

2.6 Manejo del cultivo

2.6.1 Preparación de terreno

Debe realizarse con la debida anticipación en un período no menor de a dos meses antes de la siembra, solo así se puede garantizar que exista una adecuada descomposición de las malezas como residuos y/o abonos orgánicos (estiércoles), a incorporarse al lote. Una buena remoción del suelo durante la preparación ayuda a controlar las plagas que pueden existir en el terreno. La preparación del suelo debe consistir, por lo menos, en un pase de arado y dos pases de rastra, es necesario dos cruzas. Un terreno bien preparado favorece la germinación y facilita el establecimiento del cultivo (Garófalo et al., 2019).

2.6.2 Siembra

La siembra se la realiza a inicios de la época lluviosa en la zona, planificando que la cosecha coincida con la época seca. Generalmente las siembras al norte y sur del Ecuador son entre febrero y marzo, mientras que en el centro del país es de noviembre a enero. Los métodos de siembra más empleados son: manual o al voleo y mecanizada (sembradora o voleadora). El suelo debe estar húmedo y que la semilla no quede muy profunda o muy superficial para tener una buena germinación, la profundidad de siembra no debe ser superior a 5 cm (Ponce et al., 2022).

2.6.3 Nutrición y Fertilización

El manejo adecuado de nutrientes como urea, nitrato (NO_3^-), nitrato de amonio (NH_4^+), nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$, fosfato monopotásico KH_2PO_4, nitrato de potasio KNO_3, nitrato de magnesio $Mg(NO_3)_2$, muriato de potasio KCl y oxido de calcio CaO, es fundamental para optimizar el rendimiento y la calidad del trigo. La fertilización equilibrada puede aumentar el contenido de proteína en el grano y mejorar el peso hectolítrico, un indicador clave en la clasificación comercial del trigo (García & Calvo, 2020).

- **Nitrato**

El nitrato (NO_3^-), es la forma química natural que debe tener el nitrógeno para ser asimilado por la planta, no se fija al suelo y es fuertemente lavable (Hernand, 2021).

- **Nitrato de amonio**

El amonio (NH_4^+), para ser asimilado por la planta durante la fotosíntesis, debe transformarse antes a nitrato (NO_3^-), pero la planta puede absorberlo directamente por la raíz y realizar la transformación allí. En el suelo puede fijarse levemente durante un corto periodo de tiempo antes de que cambie de forma (Hernand, 2021).

- **Nitrato de calcio**

Ofrece una doble función al aportar tanto nitrógeno (15.5%) como calcio (19%). Su aplicación, ya sea en fertirriego o directamente al suelo, ayuda a fortalecer las paredes celulares de las plantas, mejorando su resistencia a enfermedades y su calidad productiva (Castillo, 2024).

- **Fosfato monopotásico**

El fosfato monopotásico KH_2PO_4, con 52% de fósforo y 34% de potasio, es una fuente altamente soluble de ambos nutrientes, recomendada para etapas críticas del desarrollo como la floración y el llenado de grano. Favorece la energía metabólica y la formación de estructuras reproductivas (Mula, 2020).

- **Nitrato de potasio**

El nitrato de potasio KNO_3 combina 13% de nitrógeno con 46% de potasio, favoreciendo el crecimiento vigoroso de las plantas y contribuyendo a la calidad de frutos y granos. Es ampliamente usado en cultivos exigentes en potasio (Gonzalez, 2024).

- **Nitrato de magnesio**

El nitrato de magnesio $Mg(NO_3)_2$, proporciona 11% de nitrógeno y 16% de magnesio, siendo especialmente útil para mejorar la actividad fotosintética y corregir deficiencias de magnesio en cultivos sensibles. Su formulación soluble, libre de cloro y sodio, lo hace ideal para aplicaciones foliares (Mula, 2020).

- **Muriato de potasio**

Conocido también como cloruro de potasio, contiene aproximadamente 60% de K_2O y es utilizado para corregir deficiencias de potasio en el suelo. Su aplicación mejora la eficiencia del uso del nitrógeno, la fotosíntesis y la calidad del producto cosechado (Sergieieva, 2024).

- **Oxido de calcio**

Se utiliza como corrector de acidez en suelos, aportando calcio de forma eficiente. Este fertilizante no solo mejora la estructura del suelo, sino que también aumenta la disponibilidad de otros nutrientes esenciales, favoreciendo un ambiente radicular más saludable (Pérez, 2021).

2.6.4 Control de malezas

El control de malezas en el cultivo de trigo es esencial para aumentar la productividad. Los herbicidas son seleccionados previos a un adecuado análisis técnico que considere factores como las especies de malezas, biotipos resistentes, tipo de suelo, clima y la rotación de cultivos. También es crucial entender características de los herbicidas, como su eficacia, espectro de control, dosis y época de aplicación, así como su modo de acción (Espinoza, 2022).

2.6.5 Cosecha

La cosecha del trigo comienza alrededor de los 5 a 6 meses después de la siembra. El momento adecuado es cuando las hojas están secas (han perdido el color verde) y el grano tiene la consistencia adecuada. Las espigas de trigo pueden recolectarse usando una hoz, si la finca es pequeña. Cuando se trata de áreas extensas, se emplea la espigadora (máquina especial para cortar horizontalmente). El corte se hace a 30 cm de altura a partir del suelo. Después, se colocan las plantas de trigo en un espacio seco y ventilado (Ponce et al., 2022).

2.6.6 Trilla

La trilla generalmente se realiza con una trilladora estacionaria. 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, limpiar y clasificar para recolectarlo en sacos para su almacenamiento y comercialización (Ponce et al., 2022).

2.7 Plagas

2.7.1 Gusano blanco o bicho torito (*Diloboderus abderus*)

El bicho torito es una especie de gusano blanco que se encuentra en el terreno, tiene una coloración blanca o blanca-amarillenta, con una cabeza marrón rojiza. Su forma es típica de una "C" que tiene alto impacto sobre la producción del cultivo. Los gusanos blancos corresponden a un grupo de coleópteros de la familia Scarabaeidae, los cuales habitan en la tierra al estado larval produciendo daños durante este período, y toman la forma de escarabajos al estado adulto. Causa perjuicio en estado larvario porque consume las semillas y raíces del trigo. En la tercera etapa aumenta considerablemente su voracidad. Entre mayo y octubre alcanza 5 cm de longitud. Por falta de labranza, se incrementa su presencia (Uranga & Voisin, 2022).

2.7.2 Áfidos (*Schyaphis graminum, Metopolophium dirhodum y Sipha maydis*)

varias especies de este fitófago de un tamaño comprendido entre 1 y 4 mm atacan en diferentes etapas fenológicas: El pulgón verde cuyo agente causal es *Schizaphis graminum*, en etapa de emergencia y macollaje. Causa daño severo en las hojas, provocando incluso la muerte total o parcial de estas. El pulgón amarillo y de la espiga (*Metopolophium dirhodum*) en etapas desde encañazón hasta espigazón. Causa amarillamiento de las hojas y disminución de la altura de las plantas. Afecta el rendimiento del número de granos por espiga. El pulgón negro de las gramíneas denominado (*Sipha maydis*) en etapas desde macollaje hasta el estado de grano lechoso transmiten el virus del mosaico rayado del trigo (Uranga & Voisin, 2022).

2.7.3 Oruga militar verdadera (*Pseudaletia adultera*)

Es una plaga defoliadora pero también puede alimentarse de tallos, brotes y espigas tiernas. Puede cortar plantas pequeñas a nivel del suelo y alimentarse de tallos y hojas. Causan daños desde la emergencia afectando hojas y tallos jóvenes, y puede estar en las espigas, aunque su impacto en el rendimiento es casi nulo una vez que el grano alcanza el estado pastoso avanzado (Garófalo, 2024).

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*
Fuente: (Montes, 2023)

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Se caracteriza por la presencia de pústulas de color amarillo de 0.5 a 1 mm de longitud (uredosoros), que se disponen de forma lineal entre los nervios del limbo de la hoja. En éstas se producen las urediosporas, responsables de la dispersión y el progreso de la infección. También puede afectar las vainas de las hojas, las espigas y, en el caso de infecciones muy severas, al grano. Cuando las condiciones dejan de ser favorables para el hongo aparecen pústulas de color negro (teliosoros), donde se producen las teliosporas, que permiten la supervivencia del hongo hasta futuras epidemias (Zúñiga et al, 2021).

- **Condiciones predisponentes**

La roya amarilla, precisa para su óptimo desarrollo una temperatura de 10-15 ºC y la presencia de agua sobre las hojas. Detiene su desarrollo por debajo de 2º C y tiene en 22º C su limitante de temperatura superior. Es por tanto un patógeno asociado a bajas temperaturas. La enfermedad se presenta en principio formando rodales de escasa superficie, en los cuales las plantas están fuertemente afectadas de la enfermedad (Lavilla, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

Como control cultural se usan variedades de trigo con resistencia a la roya amarilla, destrucción de las plantas anteriores de trigo y el trigo voluntario, mediante labranza o uso de herbicidas. Rotación de cultivos no hospedantes de la enfermedad y desinfección de herramientas de trabajo. El manejo químico se lo realiza aplicando fungicidas foliares de manera preventiva con triazoles y estrobilurinas, aplicados durante la etapa de crecimiento. El momento más efectivo para aplicar fungicidas es entre la emergencia de la última hoja y la emergencia completa de la espiga (Quezada, 2023).

2.8.2 Roya de la hoja (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm)

- **Taxonomía**

Phylum: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Género: *Puccinia*
Especie: *recondita*
Nombre científico: *Puccinia recondita* Roberge ex Desm
Fuente: (Quintero, 2020)

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Se identifica por la presencia de pústulas aisladas con esporas de color anaranjado, ubicadas sobre las láminas foliares. En infecciones fuertes se observan también sobre las vainas de las hojas. El desarrollo y diseminación de la roya de la hoja es favorecida por ambientes húmedos y temperados (INIAP, 2023).

- **Condiciones predisponentes**

La temperatura óptima para el desarrollo de la roya (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm) es 20 °C. Este patógeno requiere de agua libre sobre la superficie del follaje (rocío o lluvias leves) durante unas 6 o más horas para que ocurra infección. Las precipitaciones fuertes retardan el desarrollo de la enfermedad por lavar las esporas que al mojarse germinan y mueren sobre el suelo. Por el contrario, las esporas sobreviven durante semanas si permanecen secas. El periodo de latencia (desde que se produce la infección hasta el inicio de la producción de esporas) es de 7 a 10 días en condiciones favorables (Germán et al., 2019).

- **Manejo de la enfermedad**

Para controlar la roya del trigo de manera eficaz, es crucial implementar estrategias de prevención desde el inicio del cultivo. Algunas de las mejores prácticas incluyen: Uso de semillas libres de enfermedades: semillas certificadas y de alta calidad

reducen el riesgo de introducción de la roya al cultivo. Aplicación de fungicidas como: tebuconazol, azoxistrobina, y fluxapiroxad (Zúñiga et al, 2021).

2.8.3 Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*)

- **Taxonomía**

Phylum: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Género: *Fusarium*
Especie: *graminearum*
Nombre científico: *Fusarium graminearum*
Fuente: (Varsani & Krupovic, 2021)

- **Síntomas y signos de la enfermedad**

Las espigas se tornan de color amarillo (como si hubieran madurado), posteriormente se observa masas de conidias de color amarillo, rosado o violeta oscuro a lo largo de las glumas. Las mismas son transportadas a otras plantas mediante salpicadura (Nieto et al., 2021).

- **Condiciones predisponentes**

Esta enfermedad se desarrolla en temperaturas que va desde los 20 a 30 °C, lluvias, alta humedad relativa y períodos de mojado de 48 a 60 horas (Gonzalez & Pioli, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

Para controlar el hongo es necesario utilizar productos fitosanitarios, especialmente fungicidas protectores que eviten la entrada del patógeno a la espiga. De esta forma, se puede reducir considerablemente la presencia del hongo desde comienzos de floración, de manera de cuidar las anteras, puertas de entrada del hongo a la planta (Prioletta, 2020).

2.9 Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades

La respuesta de N en las enfermedades es difícil de generalizar ya que algunos patógenos prosperan más cuando la planta tiene un adecuado nivel nutricional como las royas mientras que otros como bacteriosis y fusariosis lo hacen en cultivos con carencias nutricionales. El ataque de roya de la hoja (*Puccinia recondita*) aumenta en severidad cuando incrementa la disponibilidad de N. Las manchas foliares (*Septoria tritici + Drechslera tritici-repentis*) aunque son más independientes del nivel de N afectan la capacidad del cultivo de responder al nutriente y reducen la eficiencia de la fertilización con N (García, 2019).

Altos contenidos de nitrógeno generan mayor resistencia a patógenos facultativos o necrotróficos en tejidos vegetales, pero provocan más susceptibilidad a patógenos obligados o biotróficos. Esta diferencia en la respuesta se podría explicar por especificidades en requerimientos nutricionales de ambos tipos. Los patógenos biotróficos se nutren de asimilados suministrados por las células vivas mientras que los necrotróficos prefieren los tejidos senescentes o producen toxinas que dañan y matan las células vivas (Vega, 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

Esta investigación se llevó a cabo en la granja experimental Laguacoto III, en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Altitud	2640 msnm
Latitud	1°36'44"S
Longitud	78°59'35"W
Temperatura media anual	12°C
Temperatura máxima	18°C
Temperatura mínima	9°C
Precipitación mínima anual	980mm
Tipo de suelo	Franco- arcilloso
pH	6.0 – 6.5

Fuente: (Espinales, 2024)

- **Zona de vida**

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

3.2 Metodología

3.2.1 Material experimental

- Accesiones de trigo harinero
- 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

Tratamientos	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 utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial 2×2×3 con tres repeticiones.

Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Bloques (r-1)	2	f^2 e + 6 f^2 Bloques
FA (Fuentes nitrogenadas) (a-1)	1	f^2 e + 6 Θ^2 A
FB (variedades) (b-1)	1	f^2 e + 6 Θ^2 B
FC (Niveles de fertilización) (c-1)	2	f^2 e + 6 Θ^2 C
A × B × C (a -1) (b -1) (c-1)	2	f^2 e +3 Θ^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

- **Análisis de suelo**

Antes de proceder con la siembra, es altamente aconsejable y fundamental tomar muestras del suelo y realizar su análisis. Se empleó un perforador modelo Veihmeyer para obtener porciones de tierra siguiendo un patrón en zigzag. Dichas porciones se depositaron en un recipiente con el fin de mezclarlas uniformemente. Posteriormente, se midieron 500 gramos de esta composición y se enviaron al laboratorio del INIAP, para evaluar las condiciones del suelo y sus necesidades nutricionales específicas para el cultivo de trigo.

- **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. Seguidamente, se realizó una reducción total de los terrones sobrantes, dejando el terreno listo para la siembra.

- **Delimitación de ensayo**

Esta actividad se realizó 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 realizó manualmente y en surcos, utilizando la cantidad de semilla recomendada por el INIAP, con una densidad de 148 Kg ha^{-1}.

- **Control de insectos**

El control de insectos se efectuó en los días posteriores a la siembra. Para ello, se utilizó insecticidas como lhiametoxam y lambdacialotrina. La dosis recomendada fue de $1.25\ ml\ L^{-1}$.

- **Fertilización**

En este estudio se realizó dos aplicaciones de fertilizante tanto nítrico como amoniacal, la primera fertilización se llevó a cabo en el período vegetativo del cultivo aproximadamente a los 21 días después de la siembra. Mientras que la segunda fertilización se realizó en el período reproductivo, es decir, a los 60 días después de la siembra. Las fuentes que se utilizaron fueron: urea o nitrato de amonio, nitrato de calcio, fosfato monopotásico, nitrato de potasio, nitrato de magnesio, muriato de potasio y óxido de calcio, según el detalle presentado en la matriz.

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**

El control de malezas se realizó manualmente con ayuda de un azadón en los caminos y en cada unidad experimetal se empleó un herbicida denominado metsulfurón metil en dosis de $1.25\ \mathrm{mL\ L^{-1}}$.

- **Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo una vez que las plantas alcanzaron su madurez fisiológica, utilizando herramientas manuales como la hoz y sacos marcados de cada tratamiento.

- **Trilla**

Se realizó utilizando la trilladora después de la cosecha de cada unidad experimental, se trilló cada tratamiento y los granos obtenidos se colocaron sacos marcados con su respectivo tratamiento.

- **Almacenado**

Una vez completados todos los procesos de obtención y limpieza del grano, este se almacenó en recipientes adecuados en la planta de semillas de la Universidad Estatal de Bolívar, cada uno debidamente etiquetado con su tratamiento y repetición.

3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta)

- **Porcentaje de emergencia (PE)**

Fue evaluada 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 determinó en cinco plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental, en la etapa de espigamiento según la escala de Zadoks (Z 6.5).

- **Días al espigamiento (DE)**

Se evaluó en cada unidad experimental una vez que más del 50% de las espigas brotaron.

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

Se midió cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica. Se seleccionó al azar 10 plantas en cada parcela experimental, y se utilizó un flexómetro para medir la distancia desde la base de la planta hasta la última arista de la espiga. Los datos obtenidos se expresaron en centímetros (cm).

- **Severidad de manchas foliares (SEV MF)**

Se realizó en tres etapas según el estado fisiológico de formación hoja bandera (Z 3.9), espigamiento (Z 6.5) y grano lechoso (Z 8.0) utilizando la escala Horsfall-Barratt en 10 plantas tomadas al azar, se evaluó la cuarta hoja y la hoja bandera. Este dato se expresó en porcentaje.

- **Severidad de roya amarilla (SEV RA) y roya de la hoja (SEV RH)**

Se utilizó la escala modificada de Cobb en tres etapas según el estado fisiológico hoja bandera (Z 3.9), espigamiento (Z 6.5) y grano lechoso pastoso (Z 8.0), para esto se tomaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental, se evaluó la cuarta hoja y la hoja bandera. Este dato se expresó en porcentaje.

- **Severidad de fusariosis (SEV F)**

Se utilizó la escala diagramática propuesta por Stack &McMullen (2021) en la etapa espigamiento (Z 6.5), grano lechoso (Z 8.0), y grano pastoso (Z 8.9). Para esto se

evaluó 20 espigas tomadas al azar de cada unidad experimental. Este dato se expresó en porcentaje.

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

Se llevó a cabo en la fase de madurez comercial del cultivo. Se seleccionó al azar 10 espigas y se contó manualmente el número de granos llenos que contenía cada una.

- **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 la parcela experimental de cada tratamiento. Este conteo se llevó a cabo con la asistencia de un cuadrante de 1m × 1m.

- **Peso hectolítrico (PH)**

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

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

Se evaluó después de la cosecha. 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**

Se calculó el rendimiento $\mathrm{kg\ ha^{-1}}$ tomando como referencia el rendimiento en gramos por parcela obtenido de cada unidad experimental, para esto se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$$Rc = PcP\frac{1000}{ANC} * \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Dónde:

Rc= Rendimiento en kg ha^{-1}

PcP= 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%)

3.2.7 Análisis de datos

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

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de variables agronómicas

Tabla 1

Resultados del análisis de varianza del Porcentaje de Emergencia (PE), Número de macollo (NM), Número de espigas por m^2 (NEPMC) y Altura de planta (AP).

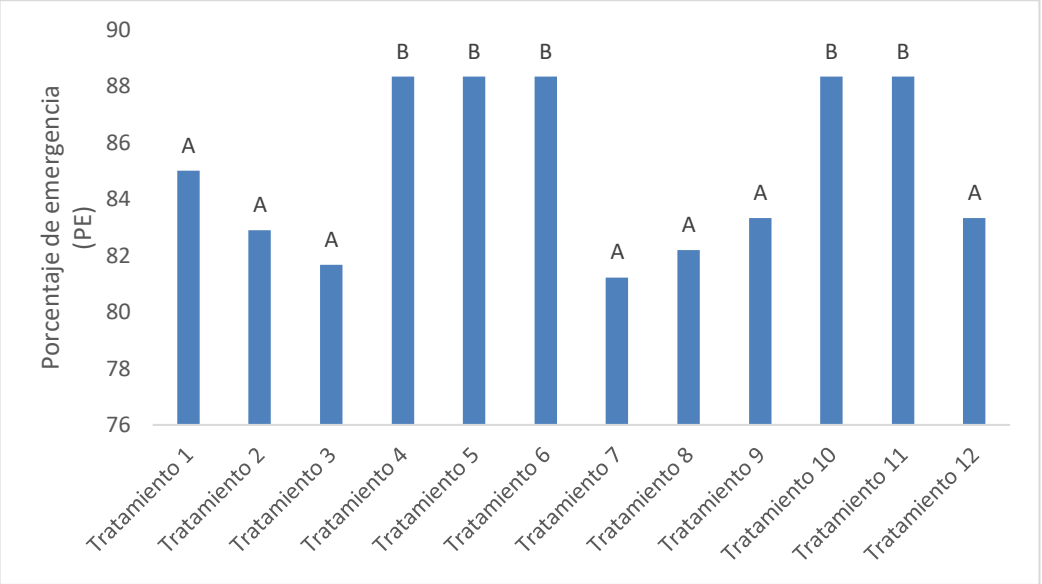
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV (%)
PE (*)	11	2.43	0.0364	4.07
NM (*)	11	3.9	0.0025	14.47
NEPMC (NS)	11	1.27	0.3014	25.84
AP (**)	11	14.19	<0.0001	7.21
Error	35			

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 Tabla 1, el análisis de varianza revela que las variables PE y NM, presenta diferencias estadísticas significativas $p<0.05$ y la variable AP presentan diferencias estadísticas altamente significativas $p< 0.01$, en contraste al NEPMC que no mostró diferencias significativas. Esto indica que la fertilización nitrogenada ejerce un impacto directo en el desarrollo del cultivo, fomentando una mayor emergencia, número de macollos y una mayor altura de planta bajo condiciones adecuadas de fertilización.

Figura 1

Medias para el porcentaje de emergencia (PE) de dos líneas de trigo harinero y la aplicación restrictiva de nitrógeno.



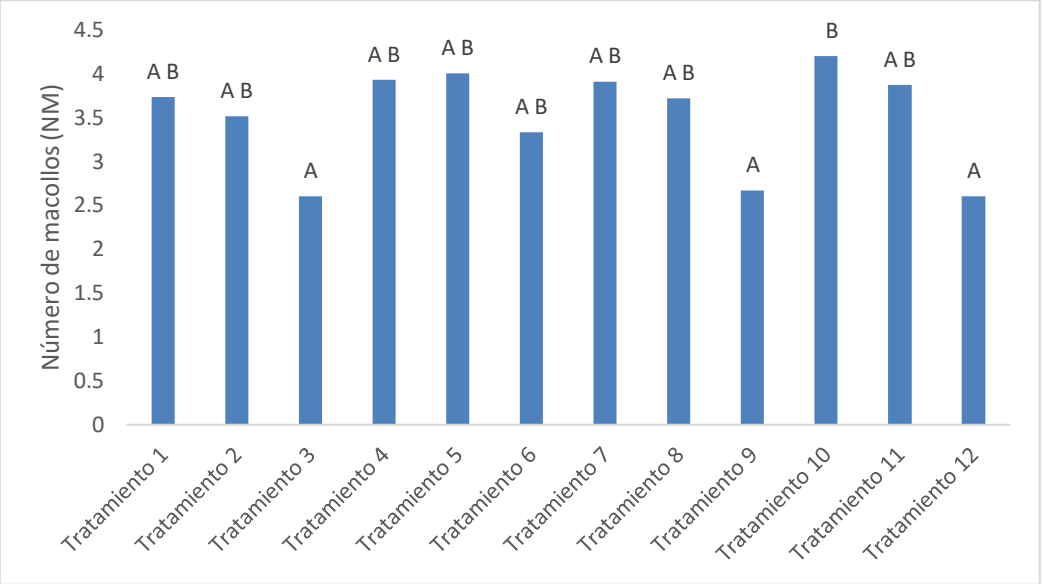
Nota: Medias con letras iguales no son significativas por la prueba de Tukey $p < 0.05$

De acuerdo con la Figura 1, en la variable PE se observaron diferencias significativas, mismas que no pueden ser atribuidas a la aplicación de los tratamientos, debido a que los mismos fueron aplicados posterior a los 21 días de la siembra, mientras que el registro de emergencia fue realizado a los 15 día después de la siembra. Las diferencias se pueden atribuir al manejo, en factores como la calidad de semilla y el tapado de las mismas.

Es importante destacar que el porcentaje de emergencia depende del manejo agronómico integral y de las condiciones climáticas, observándose un PE normal.

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 tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) el cual presentó una media superior a 4 macollos, en comparación con el T12 (Línea de trigo harinero tolerante 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 + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) son completamente similares obteniendo un menor número de macollos con medias inferiores a 2 macollos.

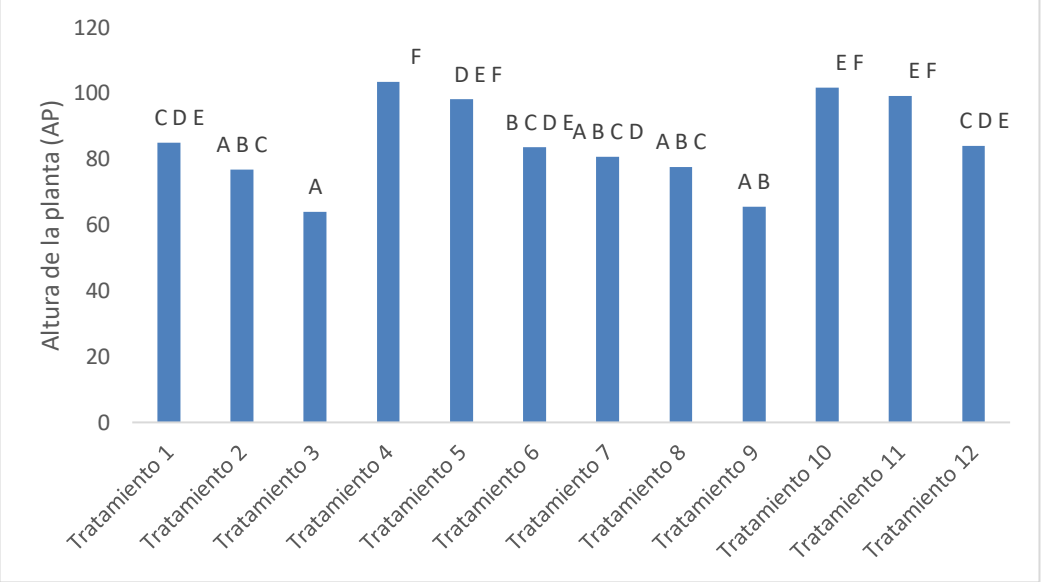
La falta de nitrógeno, ya sea en forma nítrica o amoniacal, como se evidencia en los tratamientos T3 y T12, provoca una reducción significativa en el número de macollos. En contraste, los tratamientos que incluyen fertilización nitrogenada, como el T10, mostraron un mayor número de macollos, destacando así la

importancia del nitrógeno para favorecer el desarrollo de macollos en el cultivo de trigo.

En el presente estudio, se observó que la aplicación de dosis elevadas de nitrógeno durante la fase de macollamiento incrementó significativamente el número de macollos (NM). Estos hallazgos coinciden con los reportados por Thomaso (2024), señaló que la fertilización nitrogenada en esta etapa no solo mejora la acumulación de nitrógeno en el grano, sino que también estimula el desarrollo de macollos. Asimismo, los datos obtenidos mostraron que el tratamiento T10 alcanzó un promedio de 4 macollos por planta, evidenciando la relación directa entre la cantidad de nitrógeno aplicada en el macollamiento y el aumento en el número de macollos. En conjunto, estos resultados destacan la relevancia de una fertilización estratégica en momentos críticos del cultivo para optimizar su estructura y potencial productivo.

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 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 tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron una mayor altura con una media que oscila entre 103.33 cm que el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) con una menor altura de 63.97 cm.

La ausencia de nitrógeno, tal como se observa en el tratamiento T3, provoca una disminución notable en la altura de las plantas en comparación con aquellos tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada. Por otro lado, los tratamientos con dosis elevadas de nitrógeno, como T4 y T10, producen plantas considerablemente más altas, alcanzando una altura promedio de 103.33 cm. Estos resultados resaltan el papel fundamental del nitrógeno en el desarrollo de la altura del cultivo de trigo.

Según Peer (2024), indicó que la deficiencia de nitrógeno tiene un efecto adverso sobre el crecimiento vegetativo del trigo, reflejándose en una reducción de la altura de las plantas. Estos hallazgos ponen de manifiesto la relevancia del nitrógeno no solo para la productividad, sino también para la estructura del cultivo. De manera consistente con esta evidencia, en el presente estudio, los tratamientos T4 y T10, que recibieron el 100% del nitrógeno requerido a través de urea y NH_4NO_3 respectivamente, mostraron los cultivares más altos, con una altura promedio de 104.06 cm. Esto confirma el papel crucial de una fertilización nitrogenada adecuada para favorecer el desarrollo óptimo del trigo.

4.2 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).

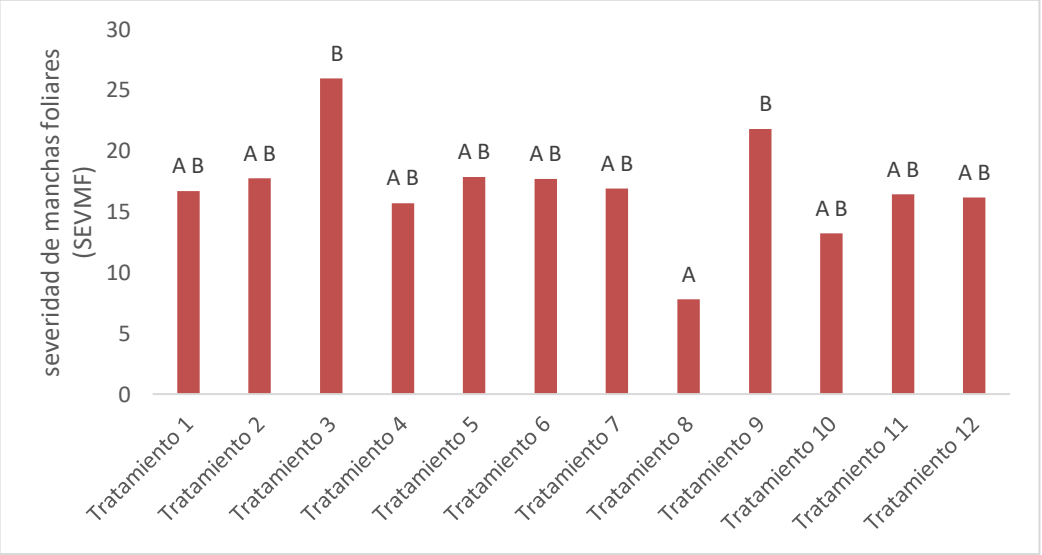
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV (%)
SEVMF (*)	11	2.51	0.0316	26.04
SEVF (**)	11	4.98	0.0007	74.12
Error	35			

***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 Tabla 2, los resultados indican que SEVMF fue estadísticamente significativo $p<0.05$, mientras que la SEVF fue altamente significativo $p<0.05$. Esto indica que la fertilización nitrogenada ejerce un impacto directo en la severidad de las enfermedades presentes en el cultivo.

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 en el caso de los tratamientos T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y T9 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), se presentó la mayor severidad de manchas foliares con medias de 25.94% y 21.8% respectivamente.

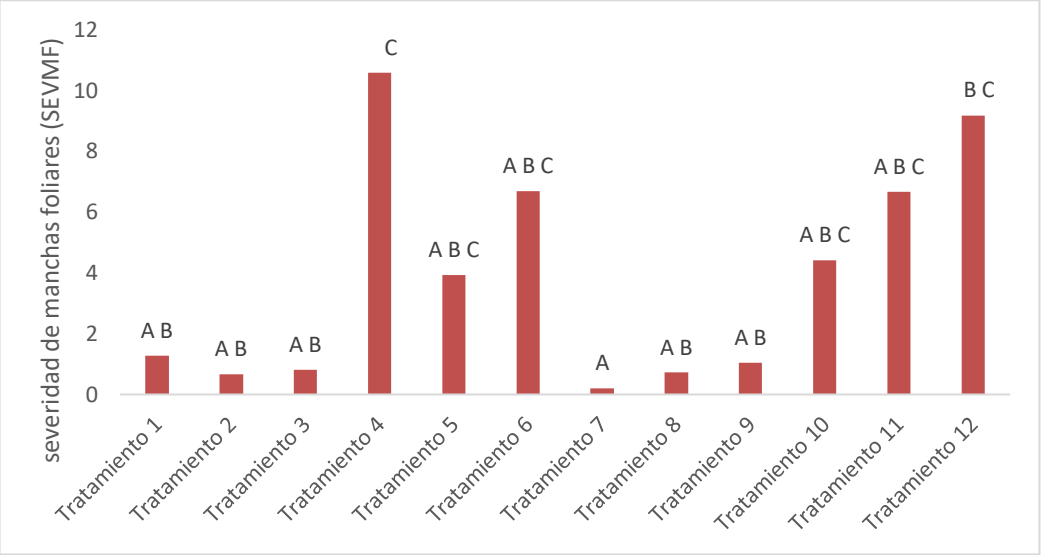
En contraposición el tratamiento T8 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento defertilización nitrogenada), evidención el menor porcentaje de severidad ubicándose en el 7.78%. Los demás tratamientos se ubicaron dentro de un mismo rango, por lo que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas.

Los datos obtenidos indican que el aumento en la aplicación de nitrógeno, tanto en su forma nítrica como amoniacal, está asociado con una diminución notable en la aparición de manchas foliares en el trigo. Estos hallazgos sugieren que un uso adecuado de fertilizantes nitrogenados puede dismuniur la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades foliares, es un factor que debe ser evaluado cuidadosamente al planificar programas de fertilización.

Según García (2019) las manchas foliares (*Septoria tritici* + *Drechslera tritici-repentis*) aunque son más independientes del nivel de N afectan la capacidad del cultivo de responder al nutriente y reducen la eficiencia de la fertilización con N. En cultivares susceptibles la respuesta a N difiere significativamente según el cultivo tolerante o susptible esté o no protegido con fungicidas, y la severidad del ataque. Se ha visto que infecciones muy severas pueden suprimirla totalmente.

Figura 5

Medias para la severidad de fusarium (SEVF) 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 SEVF se observó que el T4 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentó mayor severidad de fusarium en las espigas con una media de 10.58%, mientras que el T7 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentó un menor porcentaje de severidad con medias superiores a 0.2%.

Los resultados indican que a medida que aumenta la incorporación de nitrógeno, en su forma amoniacal, se reduce la severidad de fusarium en el cultivo de trigo. En particular, el T7 presentó la menor incidencia de la enfermedad, alcanzando un 0.2% de severidad en comparación con los demás tratamientos. Esto sugiere que el uso adecuado de fertilizantes nitrogenados, especialmente en forma de NH_4NO_3, podría favorecer disminuyendo el desarrollo de la fusarium en el trigo.

Según Elguezabal (2022) indica que la disponibilidad de nitrógeno influye en la patogenicidad de *Fusarium graminearum*. Un exceso de nitrógeno puede promover el crecimiento del hongo, mientras que una deficiencia puede suprimirlo. Sin embargo, los resultados varían según el tipo de suelo, el clima, fertilizaion y las variedades de trigo.

4.3 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).

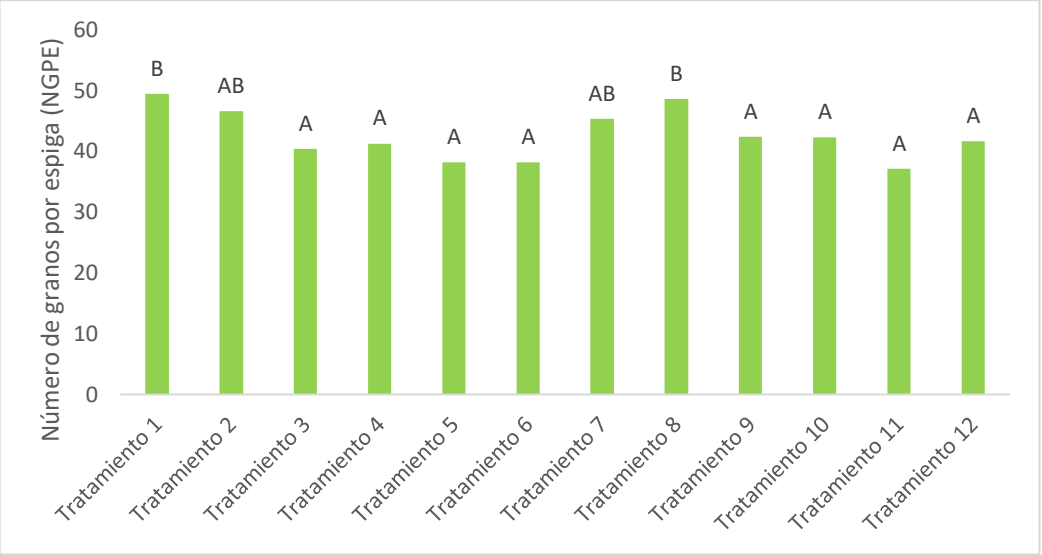
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV (%)
NGPE (*)	11	2.95	0.0123	9.77
PGPE (**)	11	6.75	0.0001	13.74
REN (**)	11	7.43	<0.0001	28.15
PM (**)	11	15.94	<0.0001	9.27
PH (NS)	11	0.7	0.7214	4.66
Error	35			

***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 PGPE, REN y PM fueron altamente significativas $p<0.01$, así como el NGPE fue estadísticamente significativo $p<0.05$, y el PH no presentó diferencias 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 $p < 0.05$

De acuerdo a la Figura 6, en la variable NGPE se observó que T1 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T8 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentaron medias mayores a 49 granos por espiga, mientras que el T11 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T5 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvieron un menor número de granos por espiga con medias inferiores a 37 granos.

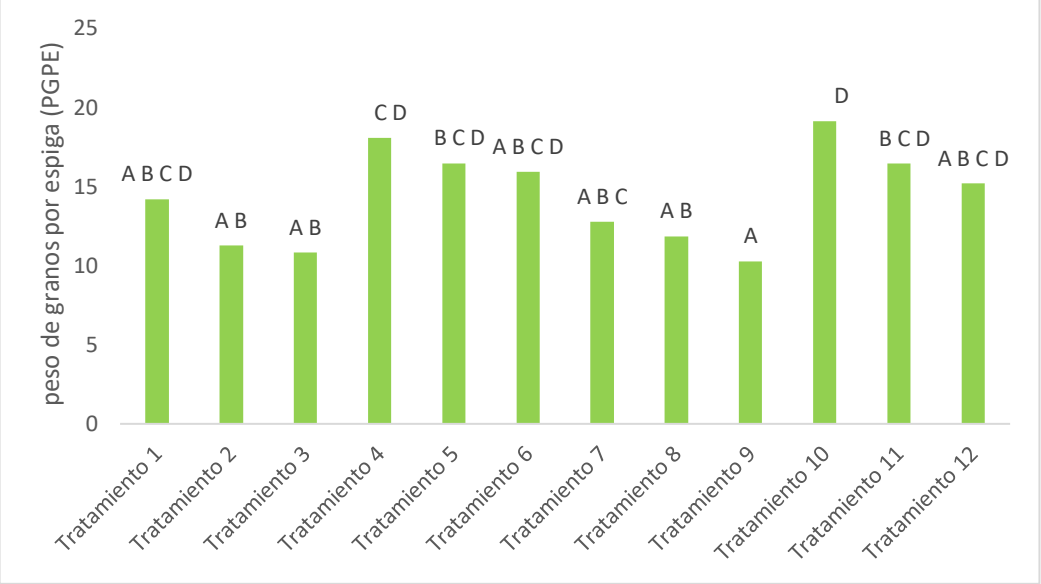
Los datos revelan que, al reducir la cantidad de nitrógeno aplicado, ya sea en forma nítrica o amoniacal, se observa una tendencia al aumento en el número de granos por espiga. En particular, los tratamientos T1 y T8 destacaron por presentar la mayor cantidad de granos por espiga en comparación con los demás tratamientos.

Esto sugiere que una fertilización nitrogenada excesiva, especialmente con NH_4NO_3, podría limitar el desarrollo de granos por espiga, posiblemente porque las plantas prolongan la actividad fotosintética de sus hojas y se extienden el período vegetativo, lo que disminuye la movilización de carbohidratos y, en consecuencia, puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo.

Langer (2010) reportó que el N afecta el número de granos cuajados en cada espiga, alcanzando aproximadamente 45-50 granos por espiga, pero si el suministro de nitrógeno se limita, este número se reducirá. El momento de aplicar el nitrógeno es importante, ya que el número de granos se determina muy temprano, en la fase macollamiento e iniciación floral. Estos resultados pueden compararse con los obtenidos en el presente estudio, donde se registró un promedio superior de 49 granos por espiga.

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 el T10 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Nitrato

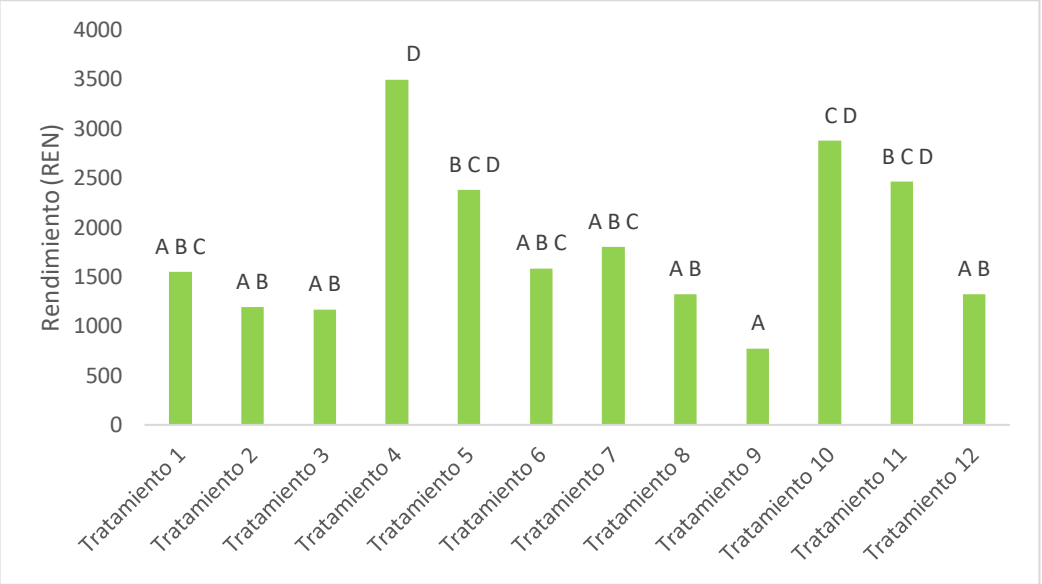
de amonio + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T4 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y T5 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) obtuvieron mayor peso con medias superiores a 19.12 gramos, mientras que el T9 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentan medias inferiores a 10.27 gramos. Esto sugiere que la fertilización con nitrógeno no es el único factor que influye en el rendimiento del cultivo de trigo, sino también la línea de trigo, el manejo y la aplicación de otros nutrientes.

Los datos indican que la fertilización nitrogenada, ya sea en forma nítrica o amoniacal, no es el único factor que determina el peso de los granos por espiga. Por ejemplo, en el tratamiento T10, que presentó uno de los mayores pesos, no se aplicó nitrógeno, sino otros nutrientes esenciales para el desarrollo, además de emplearse una variedad de trigo resistente a enfermedades. En contraste, los tratamientos T9, T2 y T3 recibieron fertilizantes nitrogenados, pero se utilizaron variedades susceptibles a enfermedades.

Langer (2010) reveló que el manejo de nitrógeno es lo que más afecta al peso y tamaño finales del grano de trigo. Donde aplicaciones tempranas asegurarán una biomasa foliar elevada con alto contenido de carbohidratos en el tallo que se irán translocando al grano en desarrollo durante la maduración. Cuanto más dure el período de llenado, más grandes serán los granos. Además, del suministro de nutrientes, el tamaño de granos puede ser influenciado por el manejo de agua (riego para evitar estrés).

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 T4 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presenta un rendimiento mayor con una media de 3494.94 kg ha^{-1} en comparación con el T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) y el T3 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada) que son similares entre sí y obtuvieron un menor rendimiento con medias inferiores a 1168.71 kg ha^{-1}.

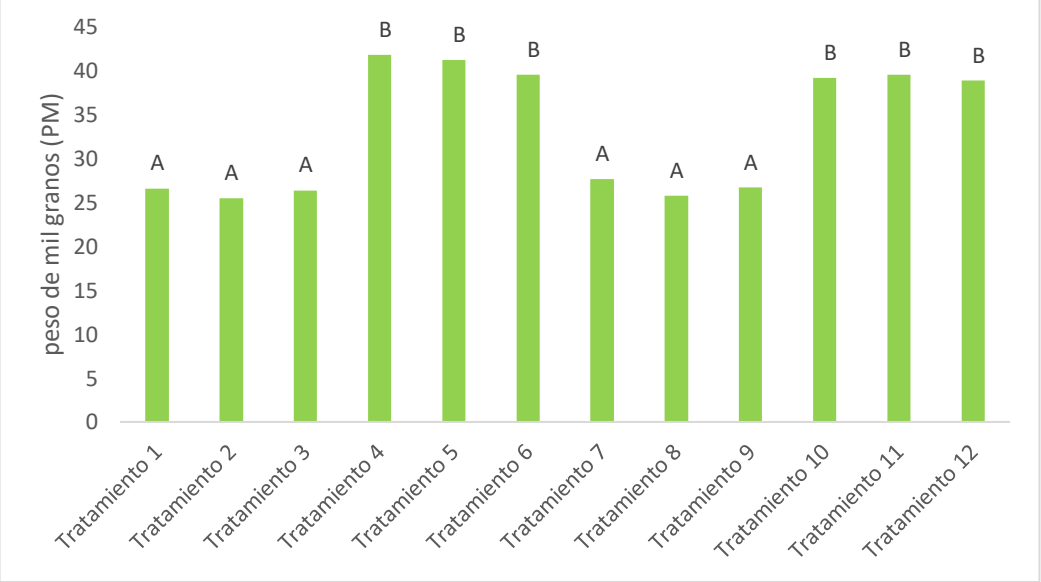
Los datos obtenidos en este estudio revelan que la reducción en la aplicación de nitrógeno, ya sea en forma nítrica o amoniacal, conlleva una disminución en el rendimiento del trigo. Destaca especialmente el tratamiento T4, que mostró el rendimiento más elevado en comparación con los otros tratamientos evaluados.

La limitación en la aplicación de fertilizantes nitrogenados tuvo un impacto adverso en la producción de trigo. Los tratamientos que recibieron el 100% de NH_4NO_3 alcanzaron rendimientos altos, llegando hasta 3494.94 kg ha^{-1}, en contraste con los tratamientos sin fertilización, que mostraron valores mucho más bajos. Estos resultados subrayan el papel fundamental del nitrógeno, no solo en el desarrollo vegetativo, sino también en la obtención de una mayor cosecha.

Araujo et al. (2020) reportaron que dosis inferiores de fertilización nitrogenada exigido por el cultivo de trigo, reducirá el potencial de rendimiento y en dosis superiores ocurrirá una reducción de las ganancias por el gasto innecesario en abonado, perjuicios al ambiente, contaminación del agua superficial y subterráneas ocasionados por lixiviación del nitrato.

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 T4 (Línea de trigo harinero tolerante a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada) presentan

medias superiores a 41.80 gramos, en comparación con T2 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada) que presentó medias inferiores a 25.48 gramos. Los datos obtenidos muestran que la línea TA18 alcanzó un peso de mil granos superior al de la línea H01, lo que registró un peso considerablemente más bajo.

Los resultados de este estudio están en línea con investigaciones recientes, como la de Ortiz et al., (2025) que registró que el (PM) fue altamente afectado por los efectos individuales de los tratamientos, mientras que la interacción resultó significativa. La mayor dosis de N aplicada en el macollaje del trigo permitió obtener el mayor (PM), con diferencias significativas respecto a las demás dosis. En contraste, el menor (PM) se registró en los tratamientos sin aplicación de N.

4.4 Análisis económico

A continuación, se observa análisis de la relación beneficio/costo, que muestra los costos y los beneficios netos de la aplicación de cada uno de los tratamientos (Tabla 4). De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 4, se observa que el tratamiento con la mayor relación de beneficio/costo fue de $1.06 USD y correspondió al T4 (Línea de trigo harinero con tolerancia a enfermedades fúngicas + Fertilización nitrogenada con Urea + Cubre el 100% del requerimiento de fertilización nitrogenada), con un costo de $1811.77 USD, es el más rentable dentro de los parámetros evaluados. En contraste, el tratamiento que alcanzó la menor relación de beneficio/costo fue de $0.30 USD y correspondió al T9 (Línea de trigo harinero susceptible + Fertilización nitrogenada con Nitrato de amonio + Cubre el 0% del requerimiento de fertilización nitrogenada), con un costo de $1429.39 USD. Este análisis demuestra que la fertilización nitrogenada al 100% es el más rentable ya que presenta beneficios mayores tanto en el rendimiento y relación beneficio/costo.

Tabla 4

Análisis de la relación Beneficio/costo para los tratamientos con líneas de diferente susceptibilidad, fuentes nitrogenados y dosis de fertilización.

Trat.	Rendimiento (kg ha^{-1})	(A) Total de costos variables (1)	(B) Ingresos totales (USD) (2)	(A - B) Ingresos netos (USD)	(B/A) Relación Beneficio/ Costo
1	1551.3	$1624.82	$853.30	-$771.52	$0.53
2	1189.17	$1515.62	$654.11	-$861.51	$0.43
3	1168.71	$1439.28	$642.85	-$796.42	$0.45
4	3494.94	$1811.77	$1922.41	$110.64	$1.06
5	2376.46	$1629.82	$1307.18	-$322.63	$0.80
6	1583.36	$1479.16	$870.94	-$608.23	$0.59
7	1803.42	$1727.94	$991.98	-$735.96	$0.57
8	1320.67	$1581.75	$726.44	-$855.30	$0.46
9	773.8	$1429.39	$425.63	-$1003.75	$0.30
10	2874.49	$1830.95	$1581.13	-$249.83	$0.86
11	2460.54	$1691.38	$1353.43	-$337.95	$0.80
12	1319.28	$1481.85	$725.68	-$756.18	$0.49

(1) Para estimar el valor de los ingresos totales se tomó como referencia un precio de mercado por quintal de 25 USD.

4.5 Comprobación de hipótesis

De acuerdo al análisis estadístico, se observaron diferencias significativas en los tratamientos bajo estudio; por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), con evidencia estadística que confirma que las variables analizadas muestran una diferencia significativa.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El uso adecuado de fertilizantes nitrogenados, especialmente en forma de NH_4NO_3 disminuye el desarrollo de la fusarium en el trigo, lo mismo sucede en el caso de manchas foliares al incorporarse la cantidad adecuada de nitrógeno la severidad disminuye.

- En esta investigación se determinó que el T4 de una línea tolerante con el 100% de la fertilización con urea alcanzó un rendimiento de 3494.94 kg ha^{-1}, lo que mostró una mayor eficiencia en la absorción de nitrógeno y la conversión de biomasa, particularmente bajo condiciones de estrés hídrico moderado.

- El análisis de beneficio/costo reveló que el tratamiento al utilizar un trigo tolerante a enfermedades fúngicas fertilizado con 100% de urea como el tratamiento (T4), se obtiene mayor beneficio neto de ($110.64), destacándose como la opción más rentable comparado con los tratamientos sin fertilización de nítrica y amoniacal, ya que maximiza la rentabilidad del cultivo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar la aplicación de nitrato de amonio como fertilizante nitrogenado, suministrando el 100% del requerimiento nutricional del cultivo, particularmente en líneas de trigo con tolerancia a enfermedades fúngicas, con el objetivo de maximizar el rendimiento y la rentabilidad económica.

- En escenarios de restricciones presupuestarias, evaluar la dosificación al 50% del requerimiento de fertilización nitrogenada, priorizando fuentes y prácticas que maximicen la eficiencia de uso del nitrógeno.

- Tener un buen plan de fertilización según las condiciones edáficas y climáticas de cada región, integrando el manejo hídrico, para potenciar la absorción y el impacto del nitrógeno en la productividad del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Ávila M., J. A., Ávila S., J. M., Rivas S., F. J., & Martínez H., D. (2019). Cultivos extensivos universidad de sonora el cultivo del trigo. Obtenido de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20TRIGO.pdf

Araujo, V., Amarilla, D., Melgarejo, M., Maidana, E., Peralta, E., Bogado, M., Franco, R., Silvero, O., Colman, P., Arce, R., & Villalba, A. (2020). Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en las características agronómicas del trigo. Revista De La Sociedad Científica Del Paraguay, 25(1), 41-48. Obtenido de: https://doi.org/10.32480/rscp.2020-25-1.41-48

Bastida, O. (2024). Etapas fenológicas del cultivo del trigo. Obtenido de: https:// blogagricultura.com/etapas-fenologicas-trigo/

Bonilla, A. (2020). El rol de los nutrientes en la resistencia a enfermedades de las Plantas. Obtenido de: https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/rol-de-los-nutrientes-en-la-resistencia-a-enfermedades

Castillo, C. (2024). Nitrato de calcio en la agricultura. Obtenido de: https: // www .veryagro.com/blog/post/nitrato-de-calcio-en-la-agricultura-descubre-sus-usos-funciones-y-caracteristicas

Cruz, M. (2020). El trigo. Obtenido de: https://martindelacm.webnode.es/

ESPAC. (2023). Estadísticas Agropecuarias. INEC. Obtenido de: https://www. ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Espinoza, N. (2002). Avances en control de malezas en trigo. Obtenido de: https: //biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/024b613c-7fdf-4710-a546-f856841e5320/content

Espinales, F. (2024). Evaluación agronómica de cinco accesiones de cebada desnuda (*Hordeum vulgare* L.), en el tercer año de validación. [Tesis de

pregrado, Universidad estatal de Bolívar]. Obtenido de https://dspace.ueb.edu.ec/

Elguezabal, M. (2022). Impacto de *Fusarium graminearum* (Schw.) en trigo pan (*Triticum aestivum* L.) Sobre parámetros de patogenicidad, rendimiento y calidad de grano, bajo diferentes estrategias de manejo: fecha de siembra y fertilización nitrogenada. [tesis de pregrado, universidad nacional del centro de la provincia de buenos aires]. Obtenido de: https://ridaa. unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/1c210b73-ec95-4a01-ba42-eab88bbc0013/content

Fleitas, M., Schierenbeck, M., & Simon, M. (2022). Efecto de la roya de la hoja (*Puccinia tritici*) sobre el rendimiento y la calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.). Obtenido de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/33998/CONICET_Digital_Nro.0b525c6a-05f2-48a9-a7e2c6eb929ª627e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Galarza, E. (2023). Características botánicas del trigo (*Triticum aestivum* L.) liberadas por el INIAP en el Campus Querochaca, Cevallos. [Tesis de pregrado, UTA]. Obtenido de uta: https://repositorio.uta.edu.ec/items/90de6c40-bd68-4232-b1db-2267d79bfd1a

García, A. (2019). Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas. Obtenido de: https:// aws.agroconsultasonline.com/ticket.html/Manejo%20de%20N%20en%20trigo.pdf?op=d&ticket_id=21994&evento_id=49899

García, F. & Calvo, N. (2020). Manejo nutricional de trigo para rendimiento y calidad. Obtenido de: https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html/Manejo%20nutricional%20de%20trigo%20para%20rendimiento%20y%20calidad.pdf?documento_id=1095&op=d

Garófalo, A. (2024). Control de plagas invernales. Obtenido de: https://blog .sima.ag/2024/control-de-plagasinvernales/#:~:text=Oruga%20Militar% 20

Verdadera%20(Pseudaletia%20adultera),Act%C3%BAa%20como%20defoliadora&text=Puede%20cortar%20plantas%20peque%C3%B1as%20a,alcanza%20el%20estado%20pastoso%20avanzado.

Garófalo, J., Ponce, L., & Abad, S. (2019). Guía del cultivo de trigo. Obtenido de INIAP:.https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/381/4/iniapscbd411.pdf

Germán, S., Diaz, M., & Pereyra, S. (2019). Royas y oídio de trigo y cebada. Obtenido de: https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7583/1/UY.INIA.ST.189.p.159-189-GERMAN.pdf

Gonzalez, M., & Pioli, R. (2022). Enfermedades de la espiga de trigo fusariosis o golpe blanco. Obtenido de: https://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Informes%20tecnicos/fusariosistrigo.ht

Gonzalez, L. (2024). KNO3 Nitrato de potasio. Obtenido de : https:// quimicaly.com/kno3-nitrato-de-potasio/

González-Figueroa, S.S., Vera-Núñez, J.A., Peña-Cabriales, J.J., Báez-Pérez, A. & Grageda-Cabrera, O.A. (2022). Uso eficiente de nitrógeno en aplicaciones fraccionadas de fertilizante marcado con 15N en trigo. Revista fitotecnia mexicana, 45(4), 437-443. https ://doi.org/10.35 196/rfm.2022.4.437

Hernand, M. (2021). Fertilización nitrogenada guía de actualización. Recuperado de citarea: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/868/1/10532-105_11.pdf

Iniap. (2019). Trigo. Obtenido de Iniap: https://tecnologia.iniap.gob.ec/trigo/

INIAP. (2023). Roya. Obtenido de INIAP: https://tecnologia.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/7roya.pdf

Lavilla, M. (2022). Efecto sobre el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.) de la roya amarilla causada por *Puccinia striiformis f. sp. tritici*. Agron. Mesoam. 33(1): 2215-3608.

Langer, M. (2010). Trigo: Nutrición del cultivo y número de granos por espiga "Nitrógeno". Obtenido de: https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/trigo/aumentar-el-numero-de-granos-por-espiga-en-trigo/#:~:text=Nitr%C3%B3geno,doble%20lomo%20en%20iniciaci%C3%B3n%20floral

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] Obtenido de: http:// repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48998

Mula, J. (2020). El nitrato de magnesio en la agricultura. Obtenido de: https://www.antestodoestoeracampo.net/nitrato-de-magnesio-en-la-agricultura/

Mula, J. (2020). Usos y dosis del fosfato monopotásico en agricultura. Obtenido de: https://www.antestodoestoeracampo.net/fosfato-monopotasico

Nauler, D. (2022). La planta del trigo. Obtenido de: https://www.nauler.com/la-planta-del-trigo

Nieto, M., Garófalo, J. y Ponce-Molina, L. (2021) Guía para facilitar el aprendizaje sobre el manejo integrado del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). Guía de Aprendizaje No. 13. INIAP. Quito-Ecuador. 114 p.

Orús, A. (2024). Ranking de los principales productores de trigo en el mundo en 2023/2024. Statista. Obtenido de: https://es.statista.com/estadisticas/634804/principales-paises-productores-de-trigo-en-el-mundo/

Ortiz, A., Mayahara, R., Yurika, A., Armadans, A., Ferreira, N., & Quintana, Lidia. (2025). Dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en trigo (*Triticum aestivum* L.). Revista Científica de la UCSA, 12(1), 24-30. de 2025. Obtenido de: https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2025.012.01.024

Pérez, R. (2021). Manejo integral del calcio en agricultura. Obtenido de: https://www.metroflorcolombia.com/manejo-integral-del-calcio-en-agricultura/

Prioletta, S. (2020). Fusariosis en trigo. Obtenido de: https://www.casafe.org/fusariosis-en-trigo/

Ponce, L., Garófalo, J. y Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum* L.): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. Boletín Divulgativo No. 004. KOPIA, INIAP. Mejía-Ecuador. 22 p.

Peer J. (2024). Efectos de las dosis de nitrógeno en el trigo (*Triticum aestivum* L.) Obtenido de: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PM C11674246/.;12: e18792.doi:10.7717/peerj.18792.PMID:39735566;PMC :PMC11674246.

Quezada, A. (2023). Roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). Obtenido de gob: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment /file/978775/10. _Ficha_T_cnica_Productores_Puccinia_striiformis .pdf

Quintero, A. (2020). Ficha técnica roya amarilla del trigo-*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. 1–20. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachmen/file/600886/Roya_amarilla_del_trigo.pdf

Rea, R. (2024). Respuesta fisiológica de la producción de trigo harinero (*Triticum aestivum* L. *ssp. aestivum*) frente al déficit hídrico. Obtenido de: http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/6631/rea-zenozain-reyna-esther.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Sergieieva, K. (2024). Fertilizantes potásicos: cómo y cuándo aplicarlos. Obtenido de: https://eos.com/es/blog/fertilizantes-potasicos/

Sotaminga, J. (2023). Origen del trigo. Obtenido de: https://repositorio.uta.edu.ec/items/ea9475b5-771a-49eb-a0ed-74dea114a41b

Thomason, W. (2024). Manejo del nitrógeno para el trigo de invierno: principios y recomendaciones. Obtenido de: https://www.pubs.ext.vt.edu/424/424-026/424026.html#:~:text=Utilice%20el%20gr%C3%A1fico%20de%20la,mediciones%20de%20densidad%20de%20macollos.

Uranga, J., & Voisin, A. (2022). Trigo: manejo de plagas. Libros de Cátedra. Obtenido de: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/156682/ Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

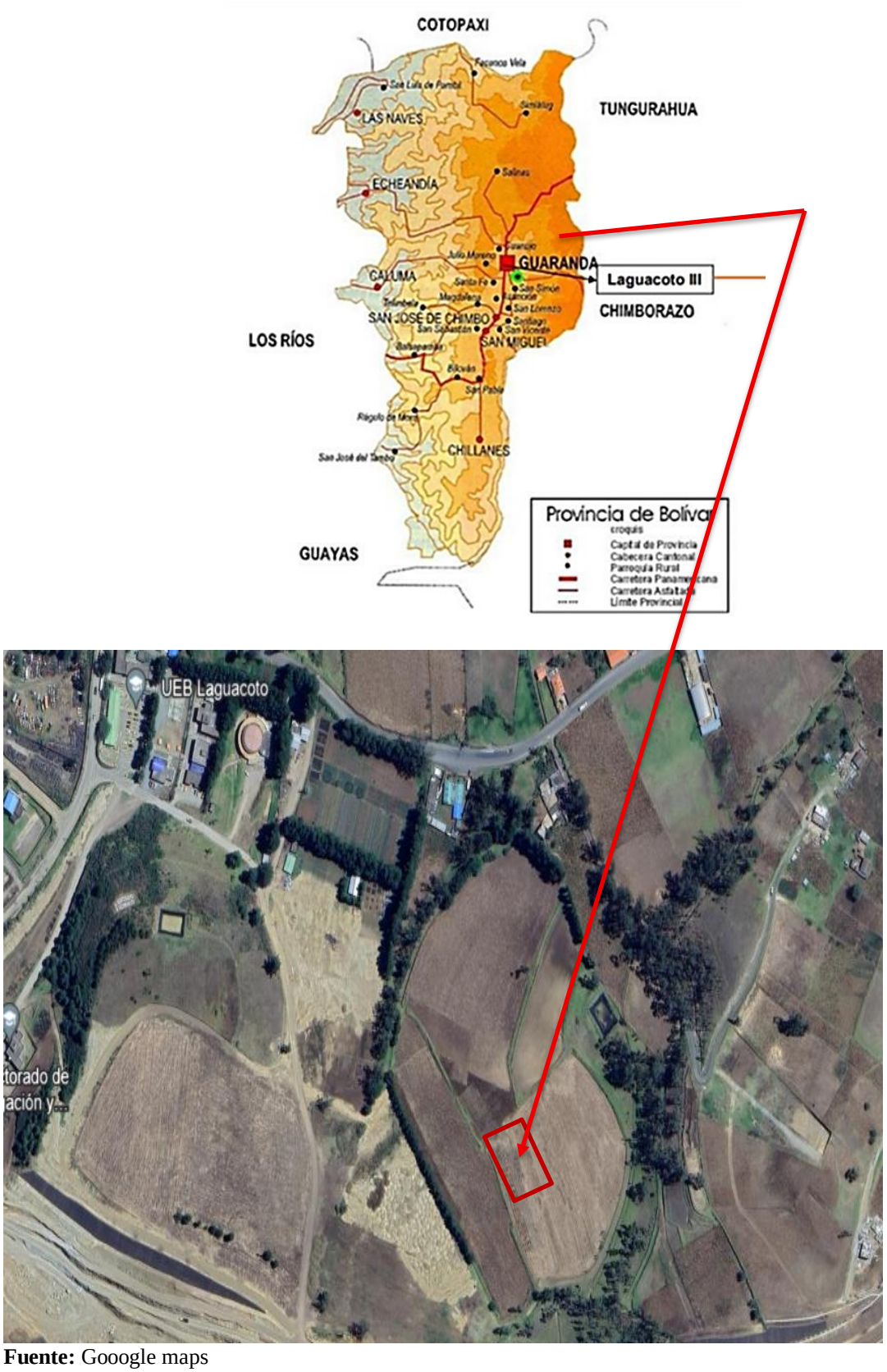
Varsani, A., & Krupovic, M. (2021). Familia Genomoviridae: Actualización taxonómica de 2021. Archivos de Virología, 166 , 2911-2926. Obtenido de: https://link.springer.com/article/10.1007/s00705-021-05183-y

Vega, A. (2022). El efecto del nitrógeno en las enfermedades de las plantas. Obtenido de: https://agronomia.uc.cl/extension/133-el-efecto-del-nitrogeno-en-las-enfermedades-de-las-plantas/file#:~:text=Nuestros%20resultados%20demuestran%20que%20la,condiciones%20de%20limitaci%C3%B3n%20de%20nitr%C3%B3geno

Zúñiga, J., Goñi, J., Caballero, A., Goñi, M., Lezaun, J., Goñi, C., Arias, N., & Apesteguía, M. (2021). Las royas del trigo y su control. Navarra Agraria, (247), 21–33. Obtenido de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8042650

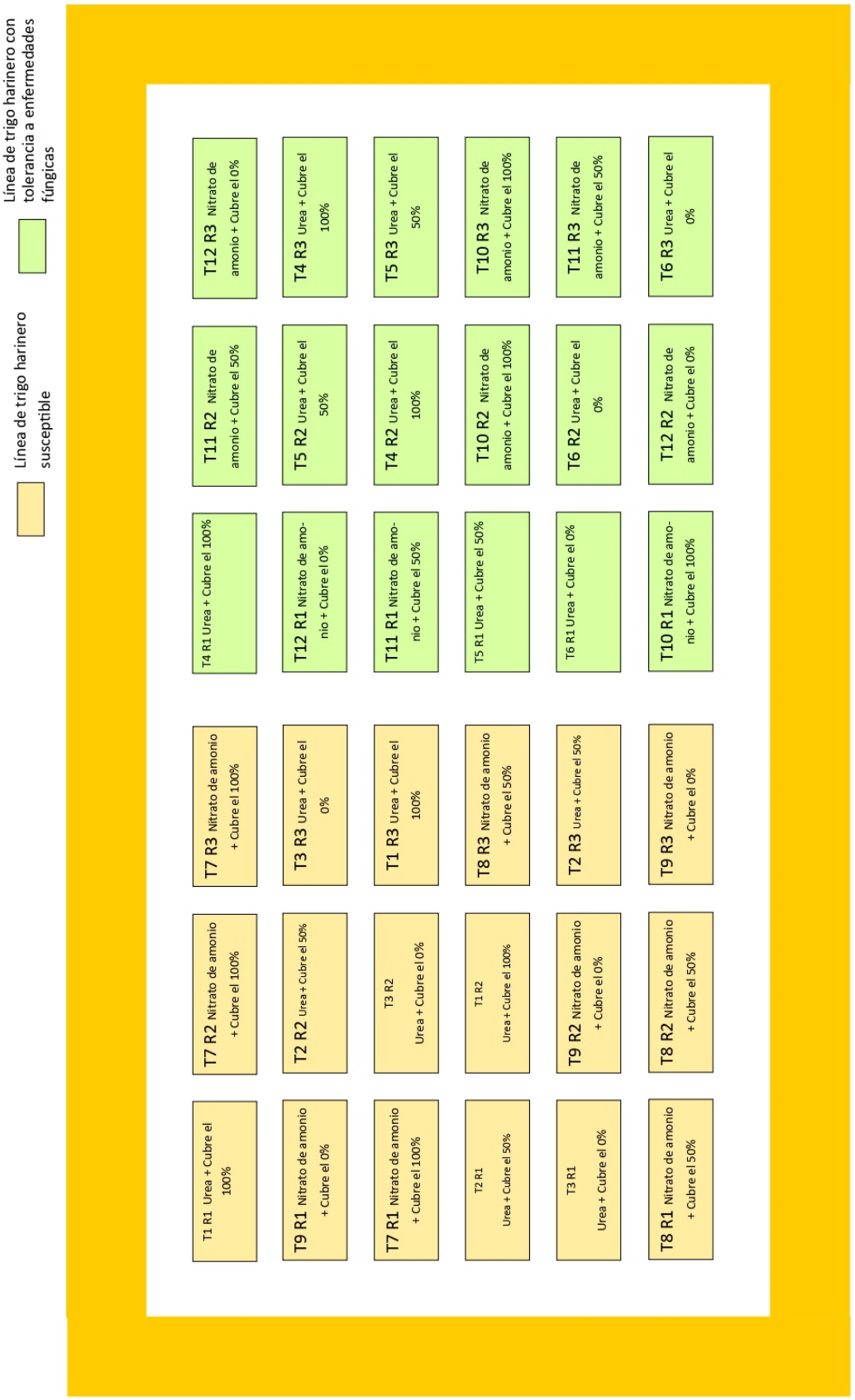
ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Fuente: Gooogle maps

Anexo 2. Croquis del ensayo



MC-LASPA-2201-01

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tlfs. (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: 20/02/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 10:30
FECHA DE ANÁLISIS: 27/02/2025
FECHA DE EMISIÓN: 12/03/2025
ANALISIS 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
Unidad			ppm		ppm		ppm		ppm		meq/ 100g		meq/ 100g		meq/ 100g		ppm		ppm		ppm		ppm					meq/ 100g	%		%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
24-0189	6,75	P N	9,29	B	28,81	A	14,19	M	0,85	B	0,86	A	21,63	A	3,51	A	3,3	M	17,4	A	134	A	26,2	A	6,16	4,11	29,41	26,00	2,64	A		42	29	29	FRANCO-ARCILLOSO	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				

OBSERVACIONES:

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

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

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

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

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasion
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

Firmado electrónicamente por: JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

Firmado electrónicamente por: IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electronico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la informacion.

* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Anexo 3. Análisis de suelo

Anexo 4. 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 5. Fotografías



Preparación del terreno



Distribución de la unidad experimental



Surcado



Siembra



Días a la emergencia



Control de plagas



Control de malezas



Fertilización



Evaluación de manchas foliares



Días al espigamiento



Evaluación de fusariosis



Evaluación de numero
de macollos por planta



Identificación de las unidades experimentales



Visita de campo



Toma de la variable altura de la planta



Toma de la variable número de espigas por m2



Toma de la variable número de granos por espiga



Cosecha



Trillado



Limpieza del grano



Toma de la variable peso
de granos por espiga



Porcentaje de humedad del grano



Toma de la variable peso
de mil granos



Peso de granos por unidad
experimental

Anexo 6. Glosario de términos técnicos

Ahijamiento (Macollaje): Es la formación de brotes laterales (hijos o macollos) desde la base de la planta, típico en cereales.

Amonio (NH_4^+): Es otra forma de nitrógeno que puede ser absorbida por las raíces; menos móvil que el nitrato.

Aurículas: Son pequeñas estructuras foliares en la base de las hojas de cereales, útiles para identificar variedades.

Carácter varietal: Es el rasgo distintivo de una variedad vegetal (forma de hoja, color, porte, etc.).

Coleóptilo: Es la vaina protectora que recubre la plúmula mientras emerge del suelo.

Coleórriza: Es la aina que recubre la radícula del embrión, protegiéndola al germinar.

Cuelío: Es el tallo que une la espiga con el resto de la planta en cereales.

Encañazón: Es la etapa en que el tallo del cereal comienza a alargarse.

Espigazón: Es la fase en la que emerge la espiga del tallo.

Estreses abióticos: Son los factores no vivos que afectan negativamente a las plantas, como sequía, salinidad, frío o calor.

Fertilizantes nitrogenados: Son los fertilizantes que aportan nitrógeno, esencial para el crecimiento vegetal.

Fitófago: Es el organismo que se alimenta de plantas como los insectos herbívoros.

Glúmelas: Son Brácteas (estructuras parecidas a hojas) que protegen la flor en gramíneas.

Incidencia: Es el porcentaje de plantas afectadas por una enfermedad.

Línea: Se denomina línea a un grupo natural o artificial de reproducción que se presenta uniforme respecto a algún carácter.

Lodículos: Son pequeñas estructuras en la flor de las gramíneas que se hinchan y ayudan a abrir la flor para la polinización.

Nitrato (NO_3^-): Es la forma de nitrógeno asimilable por las plantas, muy soluble y móvil en el suelo.

Periodo de latencia: Es el tiempo entre la infección y la aparición de síntomas visibles.

Peso hectolítrico: Es una medida que indica la densidad aparente del grano y se expresa en kg hL^{-1}.

Pústulas: Son lesiones visibles en las hojas o tallos causadas por hongos como la roya.

Raquis: Es el eje principal de la espiga (inflorescencia) en gramíneas como el trigo.

Restricción: Es la limitación o reducción intencional en la dosis de fertilizantes.

Severidad: Es el grado de daño causado por la enfermedad en una planta.

Susceptibilidad: Es el grado en que una planta es vulnerable a una enfermedad.

Urediosporas: Son esporas asexuales del hongo de la roya, responsables de su diseminación.

Variedad: Es el conjunto de plantas de una misma especie que comparten características genéticas similares.