UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y SANITARIA EN LÍNEAS DE TRIGO CANADIENSE (*Triticum aestivum* L.) CON RESISTENCIA A ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis*) EN LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.

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:

Cristian David Maigua Lamingo

Tutor:

Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

Guaranda – Ecuador

2025

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y SANITARIA EN LÍNEAS DE TRIGO CANADIENSE (*Triticum aestivum L.*) CON RESISTENCIA A ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis)* EN LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.

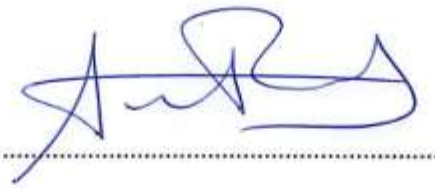
REVISADO Y APROBADO POR



.....

Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

TUTOR



.....

Dra. Andréa Román Ramos.

DOCENTE LECTOR



.....

Ing. Nelson Monar Gavilanez Mg.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cristian David Maigua Lamingo con cédula de ciudadanía 055011202-3, declaramos 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.

Cristian David Maigua Lamingo

Cl: 055011202-3

AUTOR

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

Cl: 0201600327

TUTOR

ESCRITURA Nº 20240201004P01338

DECLARACIÓN JURAMENTADA
OTORGAN:
CRISTIAN DAVID MAIGUA LAMINGO
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIAS

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy lunes a los nueve dias del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA,** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, el señor **CRISTIAN DAVID MAIGUA LAMINGO,** de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTE. El compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriano, mayor de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiante, domiciliado en la parroquia Chávez, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve siete cinco cuatro tres seis cuatro cero; y, con correo electrónico **cristianmaigua99@gmail.com,** hábil en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quien de conocerle doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertido el compareciente por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinado que fue en forma aislada y separada de que comparece al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruido por mí de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertido sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicita que recepte su declaración juramentada: Yo, **CRISTIAN DAVID MAIGUA LAMINGO,** de estado civil soltero, declaro que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de mi absoluta autoría, titulado **CARACTERIZACIÓN MORFOGRONÓMICA Y SANITARIA EN LÍNEAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) con resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*) EN LAGUACOTO III, CANTON GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR,** 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 Medio Ambiente, carrera de Agronomía.- Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que le fue al compareciente íntegramente por mí la Notaria, aquel se ratifica en todas sus partes y firma junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.----------

SR. CRISTIAN DAVID MAIGUA LAMINGO.
C.C. 0550112023

DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

tesis Crisis

TESIS_CRIS_24-final.docx

Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificación de la entrega

trn:oid:::3117:415011568

Fecha de entrega

11 dic 2024, 9:39 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 dic 2024, 2:05 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_CRIS_24-final.docx.

Tamaño de archivo

10.8 MB

89 Páginas

15,620 Palabras

86,143 Caracteres

5% 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
5%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

Ing. David Silva García Mg.
TUTOR

DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, quien ha guiado cada paso de mi vida y me ha dado la perseverancia para llegar hasta aquí. Gracias por iluminar mi camino y darme las fuerzas en los momentos más difíciles.

A mis padres, por su amor incondicional y sacrificio, quienes me han enseñado a soñar y a luchar por mis metas. Su apoyo y confianza han sido la base sobre la cual he construido este logro. Gracias por ser mi ejemplo y por brindarme cada día el mejor de los regalos: su presencia.

A mi hermano, compañero de vida y aventuras, por su apoyo, sus palabras de ánimo y su amistad incondicional. Gracias por estar siempre conmigo.

A mis abuelos, por sus enseñanzas, su amor y su sabiduría. Su ejemplo y su cariño son el legado más valioso que llevo en el corazón. A mis sobrinos, quienes con su alegría y energía me recuerdan cada día el valor de seguir adelante. Ustedes son mi inspiración para ser mejor y dejar un ejemplo que los motive a alcanzar sus sueños.

A mi novia, por ser mi compañera y por brindarme su amor y apoyo constante. Gracias por creer en mí, por entender cada sacrificio y por darme la inspiración para seguir adelante.

A mis amigos, quienes han sido mi refugio, mi escape y mi alegría en cada momento de esta etapa. Gracias por sus risas, sus consejos y su amistad. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en este camino que no hubiera sido igual sin su presencia y a Luna, mi fiel compañera de cuatro patas, por su lealtad y cariño incondicional, quien con su presencia llenó de alegría mis días más largos.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Deseo manifestar mi profunda gratitud a todos aquellos que hicieron posible la culminación exitosa de esta investigación. Este logro no habría sido posible sin el respaldo de numerosas personas e instituciones que me acompañaron durante todo el proceso.

Extiendo un especial reconocimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, en particular a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, institución que me proporcionó no solo formación académica sino también el entorno propicio para mi desarrollo profesional. La influencia positiva de docentes y compañeros de estudio enriqueció significativamente mi trayectoria universitaria.

Merece una mención especial el Ing. David Silva, quién en su rol de tutor, demostró una extraordinaria dedicación y compromiso. Sus valiosas orientaciones y experiencia fueron decisivas para llevar a buen término este proyecto, dejando una influencia duradera en mi formación profesional.

De igual manera, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Andrea Román y al Ing. Nelson Monar por su apoyo y asesoramiento en momentos clave de esta investigación. Sus conocimientos, experiencia y sugerencias fueron fundamentales para fortalecer y enriquecer el desarrollo del trabajo.

El pilar fundamental de este logro ha sido mi familia. A mis padres les debo mi perseverancia y determinación; su amor, sacrificio y apoyo inquebrantable han sido mi mayor motivación para superar cada obstáculo. Igualmente agradezco a mi hermano, cuya presencia constante y respaldo incondicional han sido fundamentales en cada etapa de este recorrido.

Cristian

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO **Pag.**

CAPÍTULO I 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 PROBLEMA 3
1.3 OBJETIVOS 4
1.3.1 Objetivo General 4
1.3.2 Objetivos Específicos 4
1.4 HIPÓTESIS 5
CAPÍTULO II 6
2 MARCO TEÓRICO 6
2.1 Origen 6
2.2 Desarrollo del trigo en Ecuador 6
2.3 Clasificación taxonómica 7
2.4 Descripción morfológica 7
2.4.1 Raíz 7
2.4.2 Tallo 7
2.4.3 Hojas 7
2.4.4 Inflorescencia 7
2.4.5 Espiga 8
2.4.6 Semillas 8
2.5 Ciclo vegetativo 8
2.5.1 Germinación 9
2.5.2 Ahijamiento 9
2.5.3 Encañado 9
2.5.4 Espigado 9
2.5.5 Maduración 10
2.6 Valor nutricional 10
2.7 Requerimientos edafoclimáticos 10
2.7.1 Temperatura 10

2.7.2 Heliofanía 11
2.7.3 Humedad 11
2.7.4 Suelo 11
2.8 Requerimientos nutricionales 11
2.9 Manejo del cultivo 12
2.9.1 Preparación de terreno 12
2.9.2 Siembra 12
2.9.3 Profundidad de la siembra 12
2.9.4 Fertilización 12
2.9.5 Control de malezas 13
2.9.6 Cosecha 13
2.9.7 Líneas promisorias 13
2.10 Plagas 14
2.10.1 Áfidos o pulgones (*Metopolophium dirhodum*) 14
- Daño 14
2.10.2 Gusano blanco (*Diloboderus abderus*) 15
2.11 Enfermedades 16
2.11.1 Roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici) 16
- Taxonomía 16
- Síntomas y signo de la enfermedad 16
- Condiciones predisponentes 16
- Daño 17
- Manejo de la enfermedad 17
2.11.2 Roya de la hoja (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm) 17
- Taxonomía 17
- Síntomas y signo de la enfermedad 17
- Condiciones predisponentes 18
- Manejo de la enfermedad 18
2.11.3 Septoriosis de la hoja o mancha foliar (*Zymoseptoria tritici*) 18
- Taxonomía 18

- Síntomas y signo de la enfermedad 18
- Condiciones predisponentes 19
- Manejo de la enfermedad..... 19

2.11.4 Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*)..... 19

- Taxonomía 19
- Síntomas y signo de la enfermedad 19
- Condiciones predisponentes 20
- Manejo de la enfermedad..... 20

2.11.5 Carbón volador (*Ustilago tritici*)..... 20

- Taxonomía 20
- Síntomas y signo de la enfermedad 20
- Condiciones predisponentes 21
- Manejo de la enfermedad..... 21

2.11.6 Virus del enanismo amarillo (*Barley Yellow Dwarf* Virus, BYDV).. 21

- Condiciones predisponentes 21
- Manejo de la enfermedad..... 22

CAPÍTULO III 23

3 MARCO METODOLÓGICO 23

3.1 Ubicación de la investigación.....23

- Localización de la investigación..... 23
- Situación geográfica y edafoclimática..... 23
- Zona de vida 23

3.2 Metodología 23

3.2.1 Material en estudio..... 23

3.2.2 Factores en estudio..... 24

3.2.3 Tratamientos 24

3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico. 24

3.2.5 Manejo de la investigación 24

- Análisis físico, químico del suelo..... 24
- Preparación del suelo..... 24

- Trazado de las unidades experimentales..... 25
- Selección de semillas..... 25
- Siembra..... 25
- Manejo de plagas..... 25
- Manejo de malezas..... 25
- Fertilización..... 26
- Control de enfermedades..... 26
- Desmezcla..... 26
- Cosecha..... 27
- Trilla..... 27
- Aventado..... 27
- Almacenado..... 27

3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuestas).....27

- Porcentaje de Emergencia (PE)..... 27
- Vigor de planta (VP)..... 28
- Hábito de crecimiento (HC)..... 28
- Días al espigamiento (DE)..... 28
- Altura de la planta (AP)..... 28
- Tipo de paja (TP)..... 29
- Rendimiento (R)..... 29
- Peso hectolítrico (PH)..... 29
- Peso de 1000 granos (PMG)..... 29
- Tipo de grano (TG)..... 30
- Severidad manchas foliares (SEVMa)..... 30
- Severidad de la roya amarilla (SEVRa)..... 30
- Severidad de roya de la hoja (SEVRh)..... 30
- Tipo de reacción en manchas foliares (TRMF)..... 31
- Tipo de reacción en roya amarilla (TRRA)..... 31
- Tipo de reacción de roya de la hoja (TRRH)..... 31

- Severidad en Fusarium (SEVFu) 32
- Severidad BYDV (SBYDV) 32

3.2.7 Análisis de datos 32

CAPÍTULO IV 33

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33

4.1.1 Variables agronómicas 33

4.1.2 Variables sanitarias 35

4.1.3 Variables de rendimiento 39

4.1.4 Variables morfológicas 43

4.1.5 Análisis de correlación y regresión lineal 46

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 48

CAPÍTULO V 49

5.1 CONCLUSIONES 49

5.2 RECOMENDACIONES 50

BIBLIOGRAFÍA 51

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag
1	Resultados del análisis de varianza en la altura de planta (AP), días a la cosecha (DC) y días al espigamiento (DE)	33
2	Resultados del análisis de varianza de la severidad de manchas foliares (SEVMFa) severidad de roya en la hoja (SEVRh), severidad del fusarium (SEVFu) y severidad de roya amarilla (SEVRa).	35
3	Resultados del análisis de varianza para el peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH),) y rendimiento (REN).	39
4	Resultados del análisis de friedman para vigor de planta (VP), habito de crecimiento (HC), tipo de paja (TP) y tipo de grano (TG).	43
5	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) para las líneas de trigo canadiense en el rendimiento que presentaron relación positiva, peso de mil granos (PMG) y altura de planta (AP) (variables dependientes Y).	46

ÍNDICE DE FIGURAS

N °	Detalle	Pag.
1	Respuesta estadística en la altura de la planta (AP) en líneas de trigo Canadiense (**).	33
2	Respuesta estadística para la severidad de manchas foliares (SEVMa) en líneas de trigo Canadiense (**).	36
3	Respuesta estadística para la severidad de roya en la hoja (SEVRh) en líneas de trigo Canadiense (**).	37
4	Respuesta estadística para la severidad de Fusarium (SEVFu) en líneas de trigo Canadiense (**).	38
5	Respuesta estadística para el peso de mil granos (PMG), en líneas de trigo Canadiense (**).	40
6	Respuesta estadística para el rendimiento (REN), en líneas de trigo Canadiense (**).	41
7	Respuesta estadística para el peso hectolítrico (PH), en líneas de trigo Canadiense (**).	42
8	Análisis de friedman para el vigor de planta (VP), en líneas de trigo Canadiense (**).	43
9	Análisis de friedman para él hábito de crecimiento (HC), en líneas de trigo Canadiense (**).	44
10	Análisis de friedman para el tipo de grano (TG), en líneas de trigo Canadiense (**).	45

ÍNDICE DE ANEXOS

N °	Detalle
1	Mapa de ubicación de la investigación
2	Croquis del ensayo
3	Base de datos de las variables evaluadas
4	Diagrama ombrotérmico
5	Análisis de suelo
6	Imágenes de manejo de la investigación
7	Escala de severidad a manchas foliares y enfermedades
8	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El trigo, es de los cereales más importantes en el mundo. La productividad de trigo en la provincia de Bolívar, presenta dificultades por problemas fitosanitarios afectando a pequeños y medianos agricultores es por esta razón, necesaria la búsqueda de nuevas variedades que sean tolerantes a los efectos del cambio climático en el agroecosistema por este motivo el presente trabajo de investigación se estableció para caracterizar morfoagronómica y sanitariamente líneas de trigo canadiense con resistencia a roya amarilla. Los objetivos de este estudio fueron: i) Determinar el efecto de los factores bióticos sobre el estado sanitario y el rendimiento de los materiales promisorios de trigo de origen canadiense. ii) Contrastar el efecto de los factores abióticos sobre el estado sanitario y el rendimiento de los materiales promisorios de trigo de origen canadiense. Los tratamientos en estudio fueron 15 líneas de trigo de origen canadiense. El diseño del experimento fue de bloques completo al azar (DBCA) con tres repeticiones. Los análisis realizados fueron varianza seguido de una prueba de Tukey al 5%, además, un análisis de correlación y regresión lineal simple. Las variables agronómicas evaluadas fueron; altura de planta (AP), días a la cosecha (DC) y días al espigamiento (DE), severidad de manchas foliares (SEVMa) severidad de roya en la hoja (SEVRh), severidad del fusarium (SEVFu) y severidad de roya amarilla (SEVRa), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH),) y rendimiento (REN), vigor de planta (VP), tipo de grano (TG), tipo de paja (TP) y hábito de crecimiento (HC). Los resultados demostraron que las líneas 34, 36, 38 y 39 mostraron baja severidad de Mancha foliar, Fusariosis, Roya de la hoja y Roya estriada lo que sugiere una posible tolerancia a estas enfermedades en comparación con las demás líneas. Las líneas 39 con 10941.93 kg ha^{-1} y línea 38 con 7630.36 kg ha^{-1}. respectivamente, fueron las de mayor eficiencia productiva en la zona agroecológica en estudio, las mismas que presentaron grano grande bien formado y limpio con un tipo de tallo fuerte robustos que soportan el viento, indicando que tienen mejor adaptación a la zona de cultivo.

Palabras claves: líneas, rendimiento, severidad, roya amarilla

SUMMARY

Wheat is one of the most important cereals in the world. Wheat productivity in the province of Bolivar presents difficulties due to phytosanitary problems affecting small and medium-sized farmers. For this reason, it is necessary found new tolerant varieties to climate change effect on the agro-ecosystem. For this reason, this research work was established to characterize morpho-agronomically and sanitarily lines of Canadian wheat with resistance to yellow rust. The objectives of this study were: i) To determine the effect of biotic factors on the health status and yield of promising wheat materials of Canadian origin. ii) To contrast the effect of abiotic factors on the health status and yield of promising wheat materials of Canadian origin. The treatments under study were 15 lines of Canadian wheat. The design of the experiment was a complete randomized block design (DBCA) with three repetitions. Data analyses were performed by variance analyses followed by Tukey test at 5%, in addition, a correlation analysis and simple linear regression. The agronomic variables evaluated were: plant height (AP), days to harvest (DC) and days to heading (DE), leaf spot severity (SEVMa) leaf rust severity (SEVRh), fusarium severity (SEVFu) and yellow rust severity (SEVRa), thousand grain weight (PMG), test weight (PH),) and yield (REN), plant vigor (VP), grain type (TG), straw type (TP) and growth habit (HC). The results showed that lines 34, 36, 38 and 39 showed low severity of Leaf spot, Fusariosis, Leaf rust and Stripe rust which suggests a possible tolerance to these diseases compared to the other lines. Lines 39 with 10941.93 kg ha^{-1} and line 38 with 7630.36 kg ha^{-1}. respectively, were those with the highest productive efficiency in the agroecological area under study, the same ones that presented large, well-formed and clean grain with a strong, robust stem type that withstands the wind, indicating that they have better adaptation to the cultivation area.

Key words: Lines, yield, severity, yellow rust

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es un cereal originario del oeste de Asia que se cultiva desde hace más de 6000 años. Actualmente constituye el cultivo más difundido en el mundo abarcando una superficie cosechada de 219 millones de ha por año. Desde el punto de vista productivo, el trigo ocupa el cuarto lugar a nivel mundial luego de la caña de azúcar, el maíz y el arroz con cáscara y el segundo luego del maíz. Actualmente el trigo constituye el principal alimento humano seguido por el arroz, la papa, la soya y el maíz (Divito & García, 2017).

A nivel mundial, el trigo tiene gran relevancia económica, superando en comercialización a otros cereales. Este cereal se cultiva entre los 2200 y 2950 msnm, y se estiman unas 4500 ha trigueras con rendimientos promedios anuales de 1000 kg ha^{-1} (Salazar, 2017).

La producción mundial de cereales fue de 2799 millones de toneladas en 2021, lo que supone un aumento del 0.8 % respecto de la producción en 2022. Además, la producción mundial de cereales secundarios, incluidos la cebada, avena, centeno y otros cereales de menor importancia fue de 1502 millones de toneladas en 2021, registrando un aumento anual de 18.9 millones de toneladas, debido a una mayor producción de maíz (Borja, et al., 2023).

El trigo es un cultivo fundamental en la región montañosa de Ecuador, especialmente en el callejón interandino, donde se extiende su cultivo. Las provincias de Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha son las que poseen la mayor área de siembra de trigo en el país (AgroEcuador, 2022).

En la provincia de Bolívar, el trigo es una parte de los sistemas de producción de los pequeños y medianos agricultores, cultivándose en 1.164 hectáreas. Generalmente, se siembra en rotación tras el maíz, solo o asociado con fréjol. En el cantón Guaranda, desde 2008, se han implementado programas para revitalizar la producción de trigo. Sin embargo, la falta de acceso a créditos y los bajos precios han provocado una disminución en su cultivo (SIPA, 2022).

A pesar de los esfuerzos del gobierno ecuatoriano para promover el cultivo de trigo, la producción sigue siendo escasa. Por lo tanto, es crucial desarrollar una guía técnica accesible para los agricultores, que aborde aspectos como el manejo integral del cultivo, la mitigación de plagas y enfermedades, la optimización de la fertilización, así como técnicas para mejorar la cosecha y el almacenamiento del grano (AgroEcuador, 2022).

Las royas se encuentran entre los tres hongos más dañinos económicamente a nivel mundial. La roya amarilla, en particular, ha llevado a la eliminación de variedades élite debido a su nivel de daño. Estas royas son parásitos biotrófos obligados con micelio intercelular. Aunque pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta, su importancia radica en el daño que causan al cultivo y las pérdidas que generan para el productor, las cuales en casos extremos pueden alcanzar hasta el 100% del rendimiento del cultivo el hongo puede evolucionar y vencer la resistencia de las nuevas variedades (Riofrio, 2022).

Esta enfermedad se presenta como devastadora especialmente en climas frio-húmedos, como la Zona Andina del Ecuador. La forma más económica y ambientalmente sostenible de combatir las enfermedades es mediante el uso de germoplasma resistente a estas enfermedades, trabajo que debe ser realizado por los entes de investigación nacional como el INIAP en Ecuador (Ponce et al., 2020).

Las royas son las enfermedades más importantes que atacan al cultivo de trigo a nivel mundial ya que provoca grandes pérdidas económicas a los agricultores la roya se en encuentra en casi todas las regiones donde se cultiva trigo. Para proteger el cultivo de trigo de esta enfermedad el método más eficaz desde el punto económico y ambiental es el uso de variedades con resistencia (Yánez & Racines, 2019).

1.2 PROBLEMA

El incremento de la prevalencia de la roya amarilla del trigo, ocasionada por el patógeno *Puccinia striiformis*, ha consolidado su estatus como una enfermedad de relevancia a escala global en los últimos años.

Los problemas fitosanitarios en el cultivo de trigo en Ecuador, entre los cuales destaca la roya amarilla, representan una de las mayores dificultades para este cultivo. Es por esta razón, es necesario la búsqueda de nuevas variedades que sean tolerantes a esta enfermedad.

La caracterización morfoagronómica de líneas de trigo canadiense con resistencia a la roya amarilla se presenta como un desafío crucial para comprender en profundidad los rasgos agronómicos asociados con la resistencia a esta enfermedad. Aunque aún no se ha observado resistencia en estas líneas, la falta de una caracterización exhaustiva limita la identificación de marcadores morfológicos y agronómicos específicos que podrían ser clave en el desarrollo de nuevas variedades de trigo más resistentes y tolerantes a la roya amarilla.

En este contexto, la necesidad de realizar esta investigación es que aborde de manera detallada la caracterización morfoagronómica de estas líneas, para mejorar la comprensión de los mecanismos de resistencia y avanzar en el desarrollo de estrategias efectivas de mejoramiento genético.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Caracterizar morfoagronómica y sanitariamente líneas de trigo canadiense con resistencia a roya amarilla.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los factores bióticos sobre el estado sanitario y el rendimiento de los materiales promisorios de trigo de origen canadiense.
- Contrastar el efecto de los factores abióticos sobre el estado sanitario y el rendimiento de los materiales promisorios de trigo de origen canadiense.

1.4 HIPÓTESIS

H_0: Las características agronómicas, morfológicas y sanitarias del trigo canadiense no dependen de la línea evaluada.

H_A: Las características agronómicas, morfológicas y sanitarias del trigo canadiense dependen de la línea evaluada.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Origen

El origen del trigo se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates, en la zona de Mesopotamia. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones. Los historiadores y arqueólogos cuentan que las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre datan desde hace más de doce mil años. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Irak de donde el trigo es originario. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles (Agronomía, 2021).

2.2 Desarrollo del trigo en Ecuador

El cultivo del trigo fue introducido a nuestro país en la época de la colonia, y desde entonces se constituyó en uno de los más importantes y difundidos en la agricultura de la región Interandina. La investigación en trigo se inició en 1956, por parte de la Comisión Nacional del Trigo produciendo las primeras variedades mejoradas. En 1962 se crea el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, en donde a través del programa de cereales de la estación experimental Santa Catalina es la institución encargada de generar y desarrollar nuevas variedades de trigo, mejoradas en rendimiento, adaptación y resistencia a enfermedades que afectan al cultivo (Chuquitarco, 2017).

En Ecuador, el trigo es cultivado principalmente en la Sierra ecuatoriana entre los 2000 y 3200 metros de altitud, las principales provincias productoras de este cereal son: Carchi, Chimborazo, Bolívar Imbabura y Pichincha (INIAP, 2021).

2.3 Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	*Triticum*
Especie	*aestivum*
Nombre científico:	*Triticum aestivum* L.
Nombre común:	Trigo

Fuente: (Agronomía, 2021)

2.4 Descripción morfológica

2.4.1 Raíz

Se forman a partir de los primeros nudos de la base del tallo, estas tienden a desarrollan en función de muchas variables como: textura del terreno, época de siembra, variedad, cantidad de lluvia, etc (Galarza, 2023).

2.4.2 Tallo

Son rectos de caña hueca de color verde, pueden alcanzar una altura comprendida entre 60 y 120 cm, dependiendo de la variedad, suelo, clima y nutrición. En el último nudo, surge la espiga y en cada nudo, emerge una hoja (Galarza, 2023).

2.4.3 Hojas

Nacen en los nudos, poseen una forma lanceolada (alargada, recta y terminada en punta), con una longitud que va desde los 15 a 25 cm y de ancho con 0,5 a 1 cm, dependiendo la variedad de trigo (Pogo, 2022).

2.4.4 Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga floral dispuesta alternativamente de derecha a izquierda que contienen plaquetas se unen directamente a la espiguilla, por lo cual el número de espiguillas puede ser hasta de 25 y se cubren entre sí (Pichucho, 2022).

Cada espiga consta de un eje principal o raquis, sobre las que se distribuyen lateralmente las espiguillas. Éstas constan de un eje principal, del que nacen unos filamentos terminados por las glumas que encierran las flores, hasta que estas empiezan a madurar. Las flores son muy poco vistosas. No presentan pétalos ni sépalos, cada flor femenina consta de un ovario del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos y pegajosos (Vallejos, 2019).

El trigo es una planta auto fértil, es decir, la fecundación de la flor se produce antes de que se abra la flor. Cuando aparecen las anteras, las flores ya han sido fertilizadas, por lo que cada variedad de trigo conserva características agronómicas y genéticas (Pichucho, 2022).

2.4.5 Espiga

Se forma en el brote terminal del tallo y está formada por un raquis, que lleva insertado alternativamente a la derecha e izquierda, las espiguillas. Cada espiguilla posee varias flores, rodeadas por dos brácteas o glumas (palea). Cada espiguilla contiene varias flores (2-5). La flor da lugar a un fruto único, denominado grano, que lleva un embrión o germen junto a la sustancia de reserva (Basantes, 2017).

2.4.6 Semillas

El fruto del trigo, denominado cariópside, es un fruto monospermo, seco e indehiscente, donde los tegumentos del ovario están estrechamente soldados al endospermo. En el caso del trigo, el grano maduro aparece desnudo, al desprenderse de las glumillas que lo envuelven (Herrera, 2017).

2.5 Ciclo vegetativo

- Período vegetativo que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
- Período de reproducción desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Periodo de maduración que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección (Allende, 2018).

2.5.1 Germinación

El poder germinativo del trigo se mantiene durante un periodo de 4 a 10 años, aunque para su utilización no debe pasar los 2 años, debido a que mientras más tiempo pasa, disminuye su poder germinativo. La humedad hace difícil su conservación por lo que no debe sobrepasar el 11%. El grano de trigo debe absorber agua para pasar del estado de vida latente al de vida activa, puede absorber de un 40% a un 65% de su peso en agua. La temperatura óptima de germinación del trigo está entre los 20 a 25 grados centígrados, pero puede germinar desde los 3-4ºC hasta los 30-32ºC (Pogo, 2022).

2.5.2 Ahijamiento

El ahijamiento tiene diversas propiedades, en la propia zona expuesta las raíces inciertas crecen hacia abajo desde el suelo, mientras que los nuevos brotes crecen hacia arriba los hijos antes mencionados, entonces para compensar la falta de ahijamiento se debe sembrar una gran cantidad de semillas (Pichucho, 2022).

2.5.3 Encañado

En esta etapa, el tallo y las vainas foliares se alargan rápidamente, con los entrenudos extendiéndose para formar el verdadero tallo de la planta. El encañado, que implica el alargamiento de los entrenudos y continúa hasta la madurez, resulta en longitudes variables según la variedad. Durante esta fase, la caña permanece envuelta por las hojas hasta el espigado. El grosor de la caña varía con la variedad, siendo más común en variedades de menor capacidad de ahijamiento. Durante este período, los requerimientos de agua y nutrientes aumentan significativamente, siendo las temperaturas óptimas entre 16 y 18°C. Hacia el final de esta fase, los daños por heladas se vuelven una preocupación importante (Pistoni, 2021).

2.5.4 Espigado

Durante el periodo de espigado, el trigo experimenta su máxima actividad fisiológica, con niveles máximos de transpiración y absorción de humedad y nutrientes del suelo. Los azúcares se trasladan desde las hojas inferiores hacia los

granos de trigo, formándose estos últimos a medida que las hojas se secan. La cantidad de agua necesaria para trasladar estas reservas hacia los granos provoca que las raíces sequen el suelo al absorber agua, volviéndose así más susceptibles a la desecación. Por tanto, el riego o la lluvia en esta fase es crucial. Además, las heladas representan un peligro significativo en este período (Allende, 2018).

2.5.5 Maduración

Es la última etapa del ciclo y corresponde a la acumulación de almidón en el grano, a partir de la cual el almidón producido por la fotosíntesis persiste en las últimas hojas y la espiga. El periodo de maduración inicia en la "madurez láctea" cuando las hojas inferiores están secas, pero las superiores y el resto de la planta sigue verde, posteriormente comienza la "maduración pastosa", en la que sólo se mantiene verdes los nudos y el resto de la planta toma su color típico de trigo seco, tomando el grano su color definitivo (Pogo, 2022).

2.6 Valor nutricional

Se ha mencionado anteriormente que el trigo es apetecido por los componentes nutritivos que tiene, siendo de importancia para el cuerpo humano, los cuales se detalla:

Componentes	**Porcentaje en 100 g**
Agua	13.50 %
Proteínas	11.7 %
Grasa	2 %
Carbohidratos	61 %
Cenizas	1.50 %

Fuente: (Hermida, 2019)

2.7 Requerimientos edafoclimáticos

2.7.1 Temperatura

El trigo germina a 0°C en algunos lugares, pero no puede definir esto como la temperatura recomendada de 40 °C, es decir, temperaturas extremas la temperatura más adecuada para el cultivo del trigo es entre 10 a 20 °C (Pichucho, 2022).

2.7.2 Heliofanía

Con mayor precipitación, hay menos horas de luz disponibles para el trigo. Por lo tanto, es importante considerar que el cultivo de trigo necesita 1000 horas de luz solar a lo largo de todo su ciclo de crecimiento (Pichucho, 2022).

2.7.3 Humedad

Su ciclo de producción requiere una cantidad de precipitaciones comprendidas entre 600 mm a 700 mm, sin embargo, en proyectos realizados en años anteriores se ha podido conocer que el trigo en tiempos secos se puede desarrollar sin ninguna dificultad con precipitaciones de 300 a 400 mm de lluvia (Galarza, 2023).

2.7.4 Suelo

Los suelos más adecuados para el trigo son los francos, francos limosos y francos arcillosos donde deben ser sueltos, profundos y fértiles, que puedan retener adecuadamente el agua y también ofrecer un buen drenaje, permitiendo así un crecimiento sin impedimentos de sus raíces. Los suelos arcillosos son excelentes para retener humedad durante las lluvias, mientras que los arenosos requieren mucha agua en épocas secas. Siendo el pH ideal de 6 a 7.5, donde deben estar libres de inundaciones y encharcamientos (Galarza, 2023).

2.8 Requerimientos nutricionales

Para un crecimiento y rendimiento óptimos, el trigo necesita: Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Azufre (S), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), Calcio (Ca) (Wikifarmer, 2022).

Requerimientos de nutrientes en diferentes etapas de crecimiento del trigo

Etapa de crecimiento	Nutriente
Brote-Establecimiento	N – PO_4^{3-}
Macollamiento	N – Mg
Desarrollo de tallos	N – PO_4^{3-} – K – S – Mg – Zn
Hoja bandera – Antesis – Granado	N – PO_4^{3-} – Mg – B

Fuente: (Wikifarmer, 2022).

2.9 Manejo del cultivo

2.9.1 Preparación de terreno

Debe realizarse con la debida anticipación (en un período no menor a dos meses antes de la siembra), solo así podremos garantizar que exista una adecuada descomposición de las malezas, residuos y/o abono orgánico (estiércoles), a incorporarse al lote. Por otra parte, una buena remoción del suelo durante la preparación, ayudará a controlar las plagas que pueden existir en el terreno (Garófalo et al., 2022).

2.9.2 Siembra

Debe realizarse al inicio de la época lluviosa en la zona, planificando que la cosecha coincida con la época seca, para lo no tener perdidas en la calidad del grano, en forma general, los meses de siembra en el norte y sur del país son entre febrero y marzo mientras que en el centro del país entre los meses de noviembre y enero (Garófalo et al., 2022).

Al momento de realizar la siembra, es indispensable que el suelo tenga una adecuada humedad (capacidad de campo), de esta forma garantizamos una buena germinación de la semilla, los métodos utilizados para la siembra son, manual o "al voleo" y mecanizada (sembradora y boleadora) (Chuquitarco, 2017).

2.9.3 Profundidad de la siembra

La semilla debe ser sembrada a una profundidad máxima de 5 cm para asegurar que emerja rápidamente del suelo y evitar que se ahogue y se pierda. Por esta razón, es crucial que el suelo esté bien preparado, con una cama de siembra uniforme, para prevenir que la semilla se plante demasiado profunda (Ponce et al., 2023).

2.9.4 Fertilización

La fertilización que se va a utilizar debe basarse en un análisis químico-físico de suelo; sin embargo, si no se dispone de este, el agricultor puede basarse en la recomendación básica de nutrientes que demanda el cultivo de trigo. El cultivo de

trigo requiere 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo (P_2O_3), 40 kg de Potasio (K_2O) y 20 kg de Azufre; lo cual significa que se debe aplicar dos sacos (100 kg) de fertilizante compuesto 11-52-00, 3 sacos (150kg) de Sulpomag; o cuatro sacos (200 kg) de 10-30-10 más dos sacos (100 kg) de Sulpomag al momento de la siembra. Luego, al macollamiento (30-45 días después de la siembra), incorporar tres sacos de urea por hectárea (Garófalo et al., 2022).

2.9.5 Control de malezas

Las malezas son todas aquellas plantas que no hemos sembrado y que compiten por nutrientes con nuestro cultivo. La mejor manera de controlar las malezas es una preparación oportuna y adecuada del suelo antes de la siembra. Si existe gran cantidad de gramíneas (kikuyo y grama) se recomienda aplicar glifosato en dosis de 2 L ha, antes de la preparación del terreno. Una vez establecido el cultivo, el control de malezas de hoja ancha se puede realizar de dos maneras:

- **Control manual,** cuando no son muchas las malezas presentes en el lote y se dispone de mano de obra.

- **Control químico**, para ello se recomienda emplear un herbicida específico para hoja ancha como el metsulfuron-metil, en una dosis de 30 g ha en 400 litros de agua (Ponce et al, 2023).

2.9.6 Cosecha

La cosecha se realiza cuando el cultivo ha alcanzado la madurez de campo (grano cristalino). En pequeñas superficies la cosecha se realiza manualmente usando una hoz para cortar las espigas y formar gavillas, las cuales se agrupan para la formar de parvas (Garófalo et al., 2022).

2.9.7 Líneas promisorias

El término promisorio ha sido derivado del conocimiento empírico procedente de comunidades indígenas, comunidades tradicionales campesinas, o de investigaciones realizadas, promisorio se refiere especialmente a algo prometedor o que es potencial para algún fin, el cual ha sido derivado del conocimiento. Estas

líneas se seleccionan y se mejoran sus características agronómicas, como la resistencia a enfermedades, la calidad del grano y la productividad (Bautista, 2022).

2.10 Plagas

2.10.1 Áfidos o pulgones (*Metopolophium dirhodum*)

- **Ciclo de vida**

El pulgón verde se reproduce por partenogénesis en climas cálidos o templados, mientras que, en climas fríos, las hembras se aparean con machos alados para producir huevos que hibernan. Las ninfas se generan directamente de las hembras. Pasan por tres estadios antes de alcanzar la etapa adulta en siete a nueve días a temperaturas de 15 a 26 °C. Las hembras adultas producen de una a cinco ninfas diarias (Trujillo & Ramírez, 2020).

- **Daños**

Los pulgones ocasionan daños a las plantas debido a su modo de alimentación, provocando marchitamiento y otros efectos fitotóxicos. Estos insectos causan daños directos al extraer savia de las hojas, lo que reduce la capacidad de fotosíntesis de la planta. Además, generan daños indirectos al inocular toxinas y virus. El mayor perjuicio proviene de su saliva toxico génica. Los pulgones forman pequeñas colonias en el envés de las hojas. Su alimentación inicial causa manchas amarillas o rojas en las hojas, que eventualmente se tornan de color café, llevando a la muerte de las hojas y las raíces, y pudiendo llegar a matar la planta entera. El tamaño, rendimiento y supervivencia de la planta se ven seriamente afectados por la presencia de pulgones, los cuales prosperan en temperaturas entre 10 y 28°C (Trujillo & Ramírez, 2020).

- **Manejo**

Existen pulgones de follaje, cogollo y espiga. Se muestran dos tipos los alados y sin alas. Los pulgones deforman las plantas, Estos insectos son transmisoras de virus, su control químico se hace mediante el uso de insecticidas organofosforados y carbonatos. Es conveniente alternar su uso para evita resistencia de los pulgones al

mismo producto. También se puede eliminar los pulgones a base de sus enemigos naturales (Chuquitarco, 2017).

2.10.2 Gusano blanco (*Diloboderus abderus*)

- **Ciclo de vida**

El ciclo de esta especie varía según la especie, pero el daño siempre ocurre durante el invierno, cuando las larvas están más activas en el suelo. Este insecto completa su ciclo biológico en un año. Los adultos, que son el único estado que se encuentra sobre la superficie del suelo, emergen en diciembre, y las oviposiciones tienen lugar entre enero y marzo. Después de unos 15 días, emergen las larvas, que son perjudiciales para los cultivos. Estas larvas se mueven verticalmente en el perfil del suelo, enterrándose y alimentándose de las raíces de las plantas, y pueden cortar las plantas de trigo durante su emergencia (Aapresid, 2019).

- **Daños**

Estas larvas se alimentan de las raíces y tallos del trigo, provocando la pérdida de plantas. Al cortar parcial o totalmente las raíces, causan la aparición de grupos de plantas marchitas o muertas, especialmente durante la etapa de desarrollo. Este síntoma puede confundirse con pudriciones de la raíz, por lo que es crucial examinar el suelo para detectar la presencia de estas larvas. En particular, las larvas devoran las semillas y plántulas en germinación, y en etapas más avanzadas del cultivo, atacan las raíces, lo que provoca el secado de las plantas (Piatti, 2024).

- **Manejo**

La estrategia con mayor eficiencia de control, alrededor de un 70%, es el uso de insecticidas en el tratamiento de semillas (productos tales como tiodicarb, tiametoxán, teflutrina e imidacloprid, demostraron ser eficientes para este tipo de aplicación (Aapresid, 2019).

2.11 Enfermedades

2.11.1 Roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici)

- **Taxonomía**

Phylum: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Género: *Puccinia*
Especie: *striiformis*
Nombre científico: *Puccinia striiformis* f. sp.tritici

- **Síntomas y signo de la enfermedad**

El ataque comienza a los 15 a 30 días de edad de la planta, a manera de pequeñas manchas cloróticas esta enfermedad se expresa como pústulas, de color amarillo brillante a naranja, que se desarrollan en hileras a lo largo de la hoja, las cuales contienen uredosporas donde se observan pústulas de color amarillo alineadas a las nervaduras de la hoja. También se pueden encontrar pústulas sobre las vainas, cuellos y glumas (SENASICA, 2019).

- **Condiciones predisponentes**

Este organismo prospera mejor en temperaturas bajas, aunque las nuevas variedades también se adaptan a climas cálidos. Requiere condiciones de humedad y lloviznas, con al menos 3 a 6 horas de hojas mojadas. Las temperaturas para la germinación de las urediniosporas varían entre 0 °C (mínima), 9-13 °C (óptima) y 23 °C (máxima), y para la infección, entre 7-15 °C. Con temperaturas superiores a 25 °C, la producción de uredosporas se interrumpe o reduce, y frecuentemente aparecen teliosporas negras. Además, un aumento en la intensidad de la luz disminuye el tipo de infección. Una alta disponibilidad de nitrógeno también incrementa la severidad de las royas en general, ya que estos patógenos biotróficos necesitan tejido vivo para sobrevivir. Donde las esporas pueden dispersarse por el viento o a través de ropa y otros. El patógeno tiene esporas livianas que pueden trasladarse miles de kilómetros (Simón & Fleitas, 2022).

- **Daño**

La roya amarilla disminuye el área fotosintética disponible y su tasa fotosintética, lo que aumenta la pérdida de agua y, como consecuencia, genera un incremento en la tasa de transpiración y evaporación, produciendo, en casos severos, una senescencia precoz de las plantas afectadas. Además, se produce un desvío de los compuestos orgánicos sintetizados para generar su ciclo de vida. Como consecuencia, los carbohidratos destinados al llenado de granos son afectados considerablemente (Riofrio, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

La forma más económica de control de esta enfermedad es el uso de variedades mejoradas resistentes. Caso contrario se puede realizar aplicaciones foliares con propiconazole (50 cc/20 L^{-1}) o tebuconazole (50 cc/20 L^{-1}) o azoxystrobin (6 g/20 L^{-1}) u oxicarboxín (75 g/20 L^{-1}) (Ponce et al., 2023).

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

- **Taxonomía**

Phylum: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Género: *Puccinia*
Especie: *recondita*
Nombre científico: *Puccinia recondita* f. sp. tritici

- **Síntomas y signo de la enfermedad**

En cualquier etapa del cultivo, presentándose con pequeñas pústulas ovaladas de un color rojo oscuro, principalmente en las hojas. Cuando las condiciones ambientales son extremadamente favorables, las uredosporas son de aproximadamente 2 mm, se distribuyen de manera irregular en el haz de la hoja y pueden extenderse a las vainas y espiguillas. Al final del ciclo del cultivo, se observan teliosoros de un tono castaño oscuro a negro, dispersos al azar en el envés de las hojas y en las vainas,

siendo más abundantes en la hoja bandera. Simultáneamente, las uredias son reemplazadas por las telios. En casos de infecciones graves, las hojas se vuelven amarillas y se secan. Si la infección es muy intensa durante el macollamiento, la planta puede morir sin llegar a producir espigas (Simón & Fleitas, 2022).

- **Condiciones predisponentes**

Las condiciones climáticas favorables para su desarrollo son la temperatura atmosférica entre15 º y 25ºC, y óptima de 20ºC. Además, la humedad es esencial por lo cual la infección ocurre durante el período lluvioso (Sela, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

El uso de variedades de trigo resistentes a la humedad relativa es la medida más efectiva y sostenible para reducir el impacto de esta enfermedad. Además, el control químico mediante la aplicación de fungicidas específicos, como una mezcla de triazoles y estrobilurinas. Sin embargo, es crucial evitar la sobre dosificación para prevenir la generación de resistencia del patógeno (Agro point, 2023).

2.11.3 Septoriosis de la hoja o mancha foliar (*Zymoseptoria tritici*)

- **Taxonomía**

Phylum: Ascomycota
Clase: Dothideomycetes
Género: *Zymoseptoria*
Especie: *tritici*
Nombre científico: *Zymoseptoria tritici*

- **Síntomas y signo de la enfermedad**

Las primeras lesiones aparecen en las hojas inferiores como manchas pequeñas de color amarillo verdoso, de tipo acuoso, luego se necrosan y sobre ellas se observan las fructificaciones (picnidios). Estos picnidios en condiciones de alta humedad liberan un cirro blanco con esporas. Puede afectar también vainas. Ataca a partir de macollaje (Simón & Fleitas, 2022).

- **Condiciones predisponentes**

Se presentan cuando el clima con temperaturas entere 10 y 15 y con alta humedad y nublado. Altas precipitaciones seguidos de días parcialmente nublados, favorecen el desarrollo de la enfermedad. Estas enfermedades se pueden transmitir por la semilla por lo que es necesario el uso de semilla de calidad (Ponce et al., 2023).

- **Manejo de la enfermedad**

Entre las estrategias de manejo de la mancha foliar en trigo se encuentran las prácticas culturales, la aplicación de aspersiones foliares de fungicidas, el control biológico con especies de *Trichoderma* y *Bacillus*, así como el uso de variedades resistentes. En condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, la rotación de cultivos. Además, el control químico se realiza con la aplicación foliar de fungicidas preventivos (mancozeb) y con modo de acción específicos (propiconazol, tebuconazol y triadimefon) han reducido la severidad de la mancha foliar y la producción de esporas en el tejido vegetal, así como el efecto negativo de la enfermedad en el rendimiento (Sánchez et al., 2020).

2.11.4 Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*)

- **Taxonomía**

Phylum: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Género: *Fusarium*
Especie: *graminearum*
Nombre científico: *Fusarium graminearum*

- **Síntomas y signo de la enfermedad**

La fusariosis puede ser causada por varias especies del hongo las cuales infectan a los principales componentes de las espigas: partes florales, glumas, granos y raquis del trigo, produciendo un blanqueamiento prematuro en las espiguillas o espigas infectadas, cuando los síntomas están más desarrollados se puede observar masas

de esporas y micelio rosado salmón que también se evidencian en los granos cosechados los cuales pierden su peso y forma (Ponce et al., 2023).

- **Condiciones predisponentes**

Tanto para la infección primaria como para la secundaria, las condiciones predisponentes son precipitaciones frecuentes, alta humedad relativa mayor al 80% y temperaturas de entre 22 y 30 °C durante la floración (Simón & Fleitas, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

Realizaron una revisión de las estrategias para manejar la enfermedad, indicando que ninguna de ellas es completamente efectiva y que se necesita un manejo integrado con varias medidas de control para reducir la enfermedad y la contaminación. La efectividad de los fungicidas depende de otras prácticas agronómicas como la rotación, labranza, fertilización nitrogenada, tratamientos de semilla y resistencia de los cultivares. La aplicación de algunos triazoles y la mezcla de triazoles y estrobilurinas para evitar resistencia han dado los mejores resultados (Simón & Fleitas, 2022).

2.11.5 Carbón volador (*Ustilago tritici*)

- **Taxonomía**

Phylum: Basidiomycota
Clase: Ustilaginomycetes
Género: *Ustilago*
Especie: *tritici*
Nombre científico: *Ustilago tritici*

- **Síntomas y signo de la enfermedad**

El hongo *Ustilago tritici*, causante del carbón volador en trigo, destruye completamente las espiguillas, dejando solo el raquis. La infección comienza en la época de floración y se manifiesta antes de que las espigas salgan de la vaina que las rodea. Cuando las espigas emergen, ya están completamente destruidas y

cubiertas por una abundante masa pulverulenta de esporas negras o castaño verdusco (teliosporas), que se desprende muy fácilmente. Este hongo se caracteriza por presentar masas de esporas negras que ocupan el espacio donde deberían formarse los granos en la espiga. La enfermedad se propaga a través de semillas contaminadas, perpetuándose de ciclo en ciclo (Ponce et al., 2023).

- **Condiciones predisponentes**

Se favorece con alta humedad relativa en floración y temperaturas de entre 16 y 22°C (Agrospray, 2020).

- **Manejo de la enfermedad**

Debe utilizarse semilla sana o curada y variedades con cierta resistencia, aunque las numerosas razas del patógeno hacen que sea más difícil la incorporación de resistencia y su mantenimiento. Los tratamientos preventivos de las semillas con fungicidas sistémicos son efectivos ya que el patógeno está en el interior de la semilla. Se utilizan principalmente productos formulados en base a triazoles, imidazoles, benzimidazoles y carbamatos. Se aconseja el monitoreo de lotes de multiplicación y si la semilla proviene de lotes con 0.5 a 2% de semillas infectadas realizar controles químicos (Simón & Fleitas, 2022).

2.11.6 Virus del enanismo amarillo (*Barley Yellow Dwarf* Virus, BYDV)

Es causada por virus que son diseminados mediante un vector, es este caso por pulgones de varias especies y puede producir enanismo por la falta de elongación de los entrenudos, pérdida de color de las hojas que se extiende desde el ápice y por los márgenes hacia la base. El amarillamiento es típico del trigo; aunque algunos cultivares, como avena, pueden manifestar una coloración roja o púrpura. Puede o no causar enanismo dependiendo de la raza del virus, la época de inoculación en relación al desarrollo de la planta y de la variedad (Ponce et al., 2023)

- **Condiciones predisponentes**

Lo predisponen las temperaturas frescas (15-18°C), con días largos y alta radiación (Simón & Fleitas, 2022).

- **Manejo de la enfermedad**

Si bien una de las prácticas aconsejada es el manejo de la época de siembra, ya que los picos poblacionales de los vectores se dan con temperaturas de 11 a 15°C y con alta humedad relativa, otros factores de mayor importancia condicionan la época de siembra en las distintas zonas trigueras, por lo que este manejo no se implementa. También mediante la eliminación de plantas voluntarias, donde pueden encontrarse los vectores y el virus y la utilización de cultivares resistentes que es una medida preferencial en el manejo de la enfermedad (Simón & Fleitas, 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 vía San Simón de la parroquia Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Altitud	2668 msnm
Latitud	01°36´51,63´´S
Longitud	78°59´54´´W
Temperatura Mínima	7 °C
Temperatura Máxima	21 °C
Temperatura Media	14°C
Precipitación Promedio Anual	900 mm
Heliofanía	900/horas/luz/año
Humedad Relativa	70%
Velocidad Del Viento	6 m/s
pH Suelo	6.83 a 7.37
Tipo de suelo	Franco - arcilloso

Fuente: Laguacoto- INAMHI (2022).

- **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, 1979)

3.2 Metodología

3.2.1 Material en estudio

Líneas de trigo canadiense: Procedentes del convenio INIAP-SASKATCHEWAN UNIVERSITY

3.2.2 Factores en estudio

15 líneas de trigo de origen canadiense

3.2.3 Tratamientos

Líneas de trigo canadiense

T1:28	T6:36	T11:19
T2:34	T7:35	T12:27
T3:37	T8:26	T13:40
T4:38	T9:17	T14:42
T5:39	T10:41	T15:24

3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico.

Se empleó un Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA).

3.2.5 Manejo de la investigación

- **Análisis físico, químico del suelo**

Previo a la siembra, se consideró altamente recomendable y necesario realizar la toma de muestras o análisis de suelo. Se procedió a la recolección de muestras de suelo mediante un método que implicaba extraer una muestra de cada unidad experimental. Estas muestras se tomaron de la parte central de cada parcela y se colocaron en una bolsa plástica para su posterior homogeneización. Se llevó a cabo el etiquetado correspondiente, incluyendo información como propietario, ubicación, fecha de muestreo, entre otros detalles relevantes, antes de enviarlas al laboratorio. Estos datos fueron enviados al laboratorio del INIAP para determinar las condiciones y necesidades nutricionales específicas para el cultivo de trigo.

- **Preparación del suelo**

Se realizó dos semanas antes del proceso de siembra, donde se comenzó la preparación del terreno con el propósito de permitir la incorporación y descomposición de malezas, residuos orgánicos y abono. Posteriormente, se empleó

una rastra para limpiar el suelo y eliminar terrones, evitando así posibles obstáculos durante la germinación. Esta fase inicial de preparación del suelo se llevó a cabo mediante el uso de un tractor agrícola para realizar el arado y el rastrado, con el fin de asegurar que el terreno quede en condiciones óptimas para la siembra.

- **Trazado de las unidades experimentales**

En el trazado de las unidades experimentales, se optó por la utilización de estacas y piolas en conformidad con el diseño experimental preestablecido. Cada unidad experimental demarcada con dimensiones de 1 metro por 1 metro, acompañadas de los senderos correspondientes para facilitar la accesibilidad y el manejo durante la ejecución del experimento.

- **Selección de semillas**

Se realizó un proceso de selección de semillas en trigo con el objetivo de obtener plantas de alta calidad tomando en cuenta su pureza física y aspectos sanitarios.

- **Siembra**

Fue efectuada de manera manual, empleando una dosis de semilla, de acuerdo con las recomendaciones, con una densidad de 148 kg ha^{-1} y con una cantidad de 14.8 g de semilla por cada unidad experimental.

- **Manejo de plagas**

Se llevó a cabo utilizando una combinación de thiamethoxam y lambdacihalotrina, con la utilización de una bomba de aspersión manual. Esta mezcla se ha demostrado altamente efectiva en el control de insectos plaga. Thiamethoxam, un insecticida de rápida absorción por la planta, se aplicó en dosis de 250 mL ha^{-1}. El control de pulgones se ejecutó cada vez que requería.

- **Manejo de malezas**

Se realizó a los 30 días después de la siembra dependiendo de la cantidad de malezas observadas por metro cuadrado. Se utilizó el herbicida selectivo metsulfurón metil a una dosis de 10 g ha^{-1}, con la utilización de una bomba de

aspersión manual y se realizaron controles de forma manual con la ayuda de un azadón en los caminos de cada unidad experimental.

- **Fertilización**

Se llevó a cabo en dos ocasiones durante el ciclo de cultivo: a los 22 días y a los 62 días después de la siembra. En ambas aplicaciones, se emplearon las cantidades especificadas de cada fertilizante según las dosis recomendadas. Esto garantiza un suministro adecuado de nutrientes al cultivo en diferentes etapas de su crecimiento Las fuentes que se utilizaron fueron nitrato de calcio, urea, fosfato mono potásico, nitrato de potasio y nitrato de magnesio. Para la fertilización se utilizará una dosificación de 100%, conforme al requerimiento de acuerdo al siguiente detalle:

Elementos	**Dosis 100% requerimiento (kg ha^{-1})**
Nitrógeno(N)	104
Fósforo(P)	16
Potasio(K)	64
Calcio (Ca)	13
Magnesio (Mg)	12

- **Control de enfermedades**

No se llevó a cabo ningún tipo de control de enfermedades.

- **Desmezcla**

Durante las etapas de espigamiento y madurez fisiológica antes de la cosecha, se llevó a cabo un procedimiento de desmezcla utilizando métodos de identificación selectiva y realización manual. Este proceso implica la implementación de un protocolo diseñado para la eliminación de especies no deseadas, como la avena, ray grass, así como otras plantas invasoras tales como la cebada y diversos cultivares de trigo que no tengan sus características similares con las líneas sembradas. El propósito fundamental de este protocolo es preservar la productividad y la calidad del grano, garantizando así una cosecha óptima y una mayor pureza de la semilla.

- **Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual empleando herramientas de corte, como una hoz, cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica. Esta etapa se determinó mediante la observación del color de la espiga, el tono café claro de los granos y un nivel de humedad aproximada del 13%.

- **Trilla**

El proceso se llevó a cabo manualmente, utilizando un costal y golpeando con un garrote, con el fin de evitar la mezcla de semillas entre los diferentes tratamientos.

- **Aventado**

En esta actividad se procedió a quitar los residuos del grano, se la realizó manualmente con la ayuda del viento

- **Almacenado**

Una vez finalizados todos los procesos de obtención y limpieza de grano, este fue almacenado en sacos de tamaño pequeño tipo arroba y de color blanco en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad Estatal de Bolívar. Estos sacos fueron etiquetados, previamente para evitar pérdidas durante el almacenamiento debido a la presencia de roedores.

3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuestas)

- **Porcentaje de Emergencia (PE)**

Se evaluó a los 15 días transcurridos posterior a la siembra, consistió en estimar el porcentaje (%) existente dentro de la unidad experimental, dato que fue tomado de acuerdo a la escala de evaluación propuesta por Ponce & Garófalo, (2019) para la emergencia en cereales: Buena: 81-100 % plantas germinadas, Regular: 60-80 % plantas germinadas y Malo: <60% plantas germinadas.

- **Vigor de planta (VP)**

Datos que fueron registrados y evaluados de forma visual durante el desarrollo del cultivo según la escala de Zadoks en la etapa Z1.4 o Z1.5; estos datos fueron tomados, cuando las plantas presentaron de cuatro a cinco hojas desarrolladas. Se tomo en cuenta aspectos cualitativos y se utilizó la siguiente escala de evaluación propuesta por Ponce & Garófalo, (2019) para el vigor de plantas de la siguiente forma: con una escala de 1 dando como resultado plantas y hojas grandes, bien desarrolladas y una nomenclatura de bueno, así mismo tenemos la una escala de 2 con una nomenclatura regular y dando como resultado plantas y hojas medianamente desarrolladas y al final una escala de 3 con una nomenclatura de malo y dando como resultado una descripción de plantas pequeñas y hojas delgadas.

- **Hábito de crecimiento (HC)**

Fue evaluado y registrado de manera visual la disposición de las hojas, tallos, durante todo el proceso del desarrollo de macollo y se utilizó tres descripciones, relacionadas a la disposición de las hojas. Donde se utilizó la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo, (2019) donde 1: "erecto"; se caracteriza por hojas que están dispuestas verticalmente hacia arriba, 2: "intermedio" (semirrecto o semipostrado); describe hojas que se disponen de forma diagonal, formando un ángulo de 45 grados y 3, "postrado”; hojas que se disponen horizontalmente, sobre la superficie del suelo.

- **Días al espigamiento (DE)**

Esta característica fue observada y evaluada de forma visual a lo largo de los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas en la parcela hayan desarrollado espigas completas.

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

Esta medida se llevó a cabo durante la fase de madurez fisiológica del cultivo. Se evaluó tomando aleatoriamente 10 plantas de cada tratamiento utilizando un

flexómetro, midiendo desde la corona de la raíz hasta el ápice de la espiga. Dato que fue expresado en cm.

- **Tipo de paja (TP)**

Una vez la planta de trigo alcanzo su madurez comercial, se procedió a tomar la variable mediante una observación directa y con la ayuda de la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo, (2019). Donde 1 tallo fuerte; tallos gruesos, erectos y flexibles, que soportan el viento y el acame; en la 2 tallo intermedio; tallos no muy gruesos, erectos y medianamente flexible, que soportan parcialmente el viento y el acame, y 3: tallo débil; tallos delgados y flexibles que no soportan el viento y el acame.

- **Rendimiento (R)**

El rendimiento en kg ha^{-1} se obtuvo mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = PCP \times \frac{10000\ m^2}{ANC\ m^2} \times \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Dónde:
R= Rendimiento en kg ha^{-1} al 13% de humedad
ANC= Área neta cosechada en m^2
HE= Humedad Estándar (13%)
PCP= Peso de Campo por Parcela en kg
HC= Humedad de cosecha en porcentaje

- **Peso hectolítrico (PH)**

Se evaluó este componente agronómico con el uso de una balanza para peso hectolítrico en una muestra de cada parcela experimental y se expresó en kg hL^{-1}.

- **Peso de 1000 granos (PMG)**

Luego de la cosecha se seleccionó aleatoriamente una muestra de 1000 granos por cada tratamiento. Estos granos se pesaron con una balanza de precisión, una vez que su humedad aproxime a un 13%. Los resultados se registraron en gramos.

- **Tipo de grano (TG)**

Esta característica fue evaluada cuando el grano estuvo totalmente seco, dato que fue registrado con la ayuda de la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo (2019). 1: grano grueso, grande, bien formado, limpio. 2: grano mediano, bien formado, limpio. Y 3: grano pequeño, delgado, manchado y chupado.

- **Severidad manchas foliares (SEVMa)**

Para la determinación de enfermedades foliares en trigo se realizó mediante una escala de severidad propuesta por Horsfall-Barrat (1945). Para esto se evaluó 10 plantas tomadas al azar de la parcela experimental en tres etapas según el estado fisiológico de formación hoja bandera (Z3.9), espigamiento (Z6.5) y grano lechoso (Z8) En estas se evaluó la cuarta hoja y la bandera dato que fue expresado en porcentaje véase Anexo 7 (Ponce et al., 2019)**.**

- **Severidad de la roya amarilla (SEVRa)**

Para la determinación de la severidad en roya se utilizó la escala propuesta por Cobb modificada la cual es adecuada para esta determinación. Para esto se evaluaron 10 plantas tomadas al azar de la parcela experimental en tres etapas según el estado fisiológico hoja bandera (Z3.9), espigamiento (Z6.5) y grano lechoso pastoso (Z7.7), En estas se evaluó la cuarta hoja y la bandera. Dato que fue expresado en porcentaje véase Anexo 7 (Ponce et al., 2019).

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

Se empleó la escala modificada propuesta por Cobb para determinar la severidad de la roya, la cual se considera adecuada para esta evaluación. Para esto se evaluaron 10 plantas tomadas al azar de la parcela experimental en tres etapas según el estado fisiológico hoja bandera (Z3.9), espigamiento (Z6.5) y grano lechoso pastoso (Z8), en estas se evaluó la cuarta hoja y la bandera. Dato que fue expresado en porcentaje véase Anexo 7 (Ponce et al., 2019)**.**

- **Tipo de reacción en manchas foliares (TRMF)**

Variable que fue evaluada mediante la observación directa para identificar el tipo de reacción a manchas foliares este dato fue registrado en porcentajes de severidad de acuerdo a la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo (2019). Donde 0 corresponde a una reacción de tipo O, que es inmune, con un porcentaje de severidad del 0%. El valor 1 representa una reacción de tipo R, que es resistente, con un porcentaje de severidad que va del 1% al 14%. La escala 2 indica una reacción de tipo MR, que es moderadamente resistente, con un porcentaje de severidad que oscila entre el 5% y el 29%. En la escala 3, la reacción es de tipo MS, moderadamente susceptible, con un porcentaje de severidad del 30% al 49%. Finalmente, el valor 4 corresponde a una reacción de tipo S, que es susceptible, con un porcentaje de severidad superior al 50%.

- **Tipo de reacción en roya amarilla (TRRA)**

Se realizó una evaluación visual en cada una de las parcelas para determinar que enfermedad se presentó. Para determinar el tipo de reacción a royas se utilizó la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo, (2019). Para el tipo de reacción a la roya amarilla, la escala propuesta incluye la reacción O, que indica ausencia de síntomas visibles en la planta; la reacción R, caracterizada por clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias; la reacción MR, con pequeñas uredias rodeadas de áreas cloróticas o necróticas; la reacción M, que presenta uredias de tamaños variados, algunas con clorosis, necrosis o ambas; la reacción MS, que describe uredias de tamaño medio, posiblemente rodeadas de clorosis; y finalmente, la reacción S, que se caracteriza por grandes uredias, generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

- **Tipo de reacción de roya de la hoja (TRRH)**

Se llevó a cabo una inspección visual en cada parcela con el propósito de identificar la enfermedad presente. Para determinar la respuesta a la roya, se aplicó la siguiente escala propuesta por Ponce & Garófalo, (2019) para el tipo de reacción de roya de la hoja. Donde, la reacción O; indica que no hay síntomas visibles en la planta, la

reacción R; muestra clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias, la reacción MR; presenta pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas, la reacción M; se describe por uredias de tamaños variados, algunas con clorosis, necrosis o ambas, la reacción MS; incluye uredias de tamaño medio, posiblemente rodeadas de clorosis y finalmente, la reacción S; se caracteriza por grandes uredias, generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

- **Severidad en Fusarium (SEVFu)**

Para el proceso de evaluación de esta enfermedad se utilizó la escala diagramática propuesta por Stack & McMullen 2011. Para esto se evaluaron 20 espigas tomadas al azar de la parcela experimental en la etapa en la etapa espigamiento (Z6.5), grano lechoso (Z8), y grano pastoso (Z8.9). Dato que se expresó en porcentaje véase Anexo 7.

- **Severidad BYDV (SBYDV)**

La evaluación se realizó de forma visual, y se utilizó la escala descrita por Schaller & Qualset (1980), para determinar el grado de daño por virosis en el total de la unidad experimental Anexo 7.

3.2.7 Análisis de datos

- Análisis de varianza según el siguiente detalle:

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**C M E***
Bloques (r-1)	2	$f^2e + 5f^2$ bloques
Tratamientos(t-1)	14	$f^2e + 3\theta^2$ t
Error experimental (t-1) (r-1)	28	f^2e
Total (t x r)-1	44	

*Cuadrados medios esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador

- Prueba de Tukey al 5%,
- Análisis de correlación y regresión lineal simple.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 Variables agronómicas

Tabla 1

Resultados del análisis de varianza en la altura de planta (AP), días a la cosecha (DC) y días al espigamiento (DE)

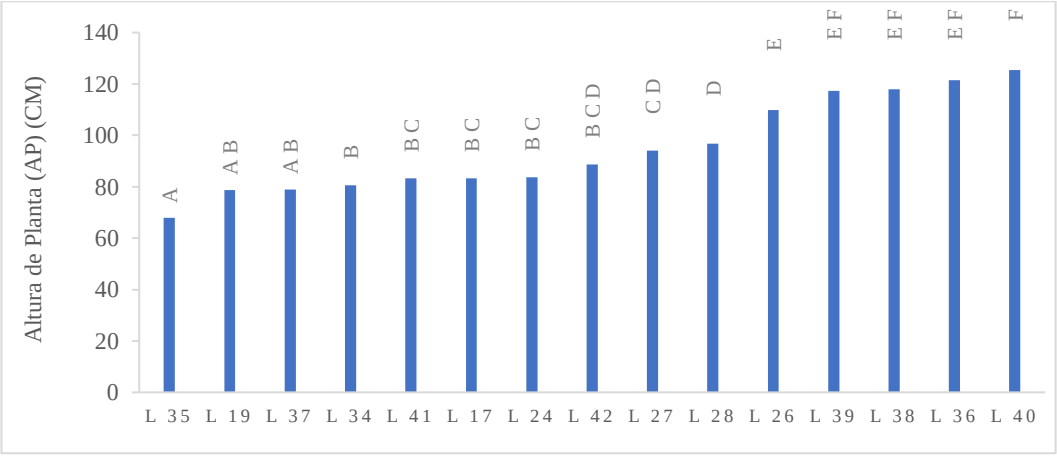
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV %
DE (ns)	14	0	0.058	0
DC (ns)	14	4.44	0.058	4
AP (**)	14	68.81	<0.0001	4.05
Error	28			

Nota: ** $p < 0.01$=Altamente significativo; * $p < 0.05$ = Significativo; $p>0.05$ Ns = no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad.

De acuerdo al análisis de varianza para días a la cosecha (DC) y días de espigamiento (DE) no fueron significativas $p > 0.05$, mientras que la variable altura de planta (AP), fue altamente significativa $p < 0.01$.

Figura 1

Respuesta estadística en la altura de la planta (AP) en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

De acuerdo con la Figura 1., al analizar la altura de planta AP para las líneas de trigo canadiense se observó que el tratamiento que presentó el mayor promedio de altura fue la línea 40 con 125.47 cm, seguido de las líneas 36 con 121.55 cm, 38 y 39 con 117.9 cm. En contraposición las líneas que obtuvieron el más bajo promedio de altura de planta fueron: línea 35, línea 19 y línea 37, con promedios inferiores a 78.98 cm. De su lado las demás líneas de trigo se ubicaron en un rango en el que comparten características respecto de la variable altura de planta.

Las líneas de trigo canadienses: 36, 38, 39 y 40 tienen mayor altura de planta, lo cual puede volverlas propensas a los factores abióticos y tener como consecuencia un acame en su tallo y complicar las labores culturales a los agricultores o inclusive en su cosecha; mientras que las líneas: 19 ,35 y 37 son de menor altura lo cual las tornaría menos susceptibles a las fuertes corrientes de viento estacionales, facilitando en alguna medida las labores de manejo del cultivo.

Es importante destacar que todas las líneas evaluadas están dentro del rango general establecido para el trigo, que va de 65 a 143cm, teniendo en cuenta que factores ambientales y prácticas de manejo agrícola pueden influir en estas medidas (CIMMYT, 2024).

4.1.2 Variables sanitarias

Tabla 2

Resultados del análisis de varianza de la severidad de manchas foliares (SEVMa) severidad de roya en la hoja (SEVRh), severidad del fusarium (SEVFu) y severidad de roya amarilla (SEVRa).

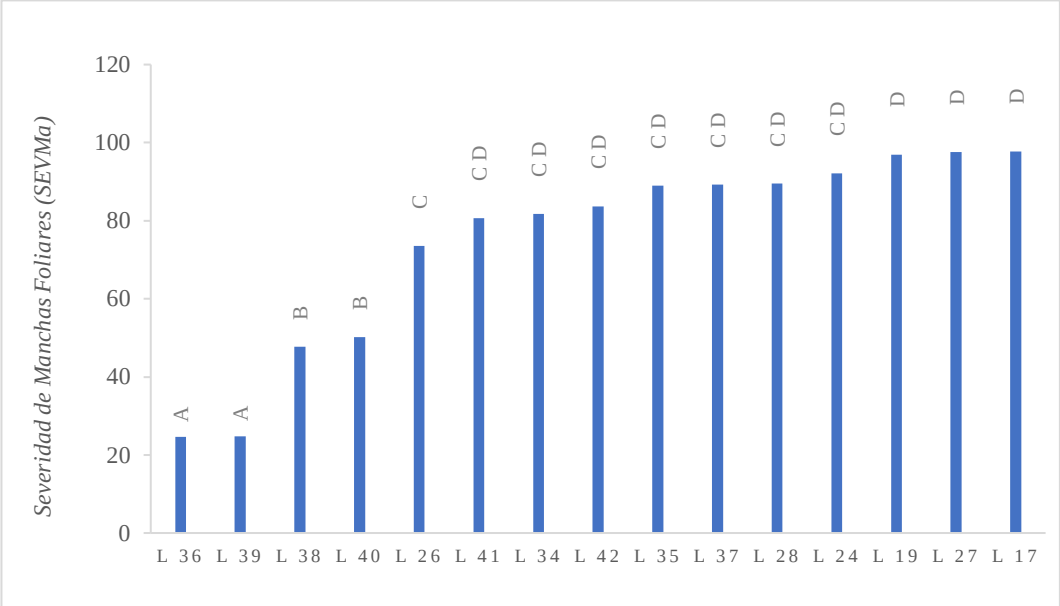
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV %
SEVMa (**)	14	45.41	<0.0001	8.73
SEVRa (ns)	14	1.9	0.0725	217.59
SEVRh (**)	14	16.09	<0.0001	39.81
SEVFu (**)	14	10.45	<0.0001	20
Error	28			

Nota: **$p < 0.01$=Altamente significativo; * $p < 0.05$ = Significativo; $p>0.05$ Ns = no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad.

De acuerdo al análisis de varianza al analizar los componentes sanitarios como; severidad de manchas foliares (SEVMa), severidad de roya en la hoja (SEVRh) y severidad del fusarium (SEVFu) la respuesta fue altamente significativas $p < 0.01$, mientras que la severidad de roya amarilla (SEVRa) no fue significativas $p > 0.05$.

Figura 2

Respuesta estadística para la severidad de manchas foliares (SEVMa) en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

Los resultados de la Figura 2., indican que la variable SEVMa. La menor severidad de enfermedad fue observada en la línea 36 con 24.57%, seguido de la 39 con 24.7%, lo cual podría traducirse en una mayor estabilidad de rendimiento

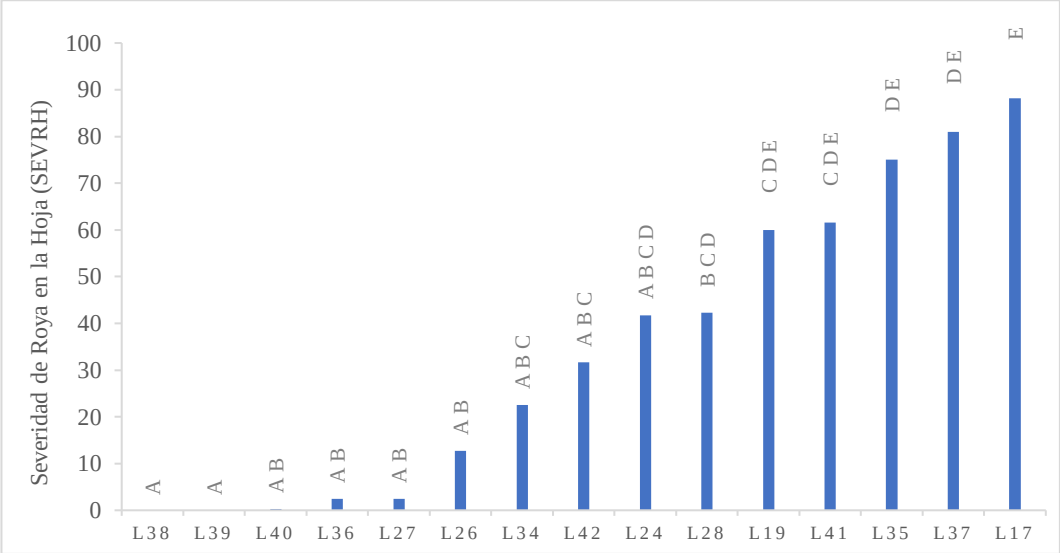
Por el contrario, las líneas 17, 27 y 19 mostraron una alta susceptibilidad, con promedios de severidad superiores al 96.9%, lo que representa una desventaja significativa. Esta susceptibilidad no solo aumenta el riesgo de pérdidas de rendimiento en condiciones favorables para la enfermedad, sino que también podría requerir un mayor uso de fungicidas y manejo especializado para minimizar los daños, que impacta en los costos de producción y sostenibilidad ambiental. Las demás líneas de trigo canadiense presentaron valores de severidad que oscilaron entre 47.76% y hasta más del 92.1%, destacando la variabilidad en la respuesta a la enfermedad y evidenciando la necesidad de seleccionar líneas con mayor resistencia en futuros programas de mejoramiento.

Al afectar el área foliar se, tiene un impacto significativo en los rendimientos del cultivo, ya que afecta la fotosíntesis reduciendo la traslocación de carbohidratos y el rendimiento. En otras investigaciones se ha observado que la resistencia genética o la tolerancia de las variedades de trigo son factores clave para el manejo de esta enfermedad (Almaraz, 2022).

Por lo tanto, conforme a los resultados obtenidos en esta investigación se observó que las líneas 36 y 39 presentaron menor severidad lo que indica que estas accesiones pueden estar asociados con algún grado de resistencia o tolerancia a dicha enfermedad.

Figura 3

Respuesta estadística para la severidad de roya en la hoja (SEVRh) en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

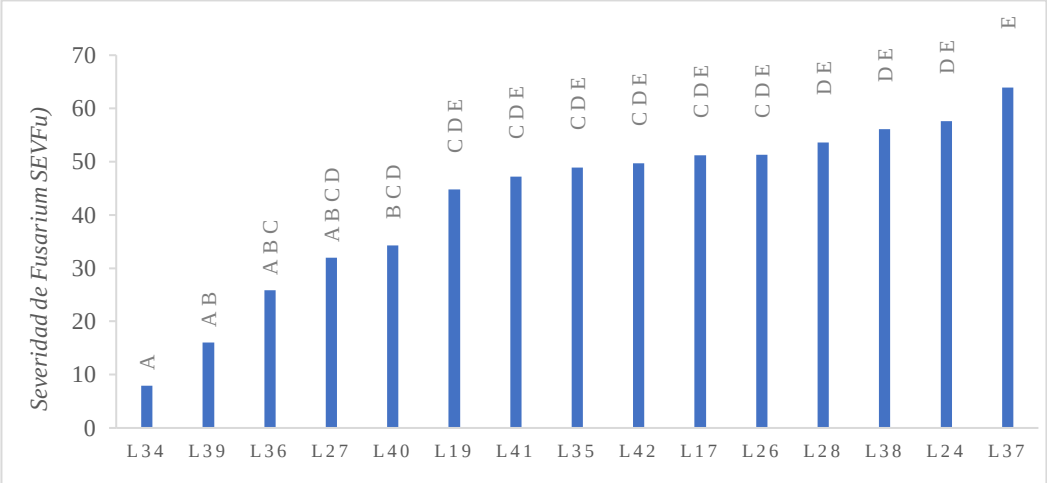
La Figura 3., muestra diferencias agronómicas en la (SEVRh) entre las líneas de trigo canadiense evaluadas. Las líneas 38 y 39 presentaron la menor severidad con un 0%, seguidas de la línea 40 con solo un 0.33%, mientras que la línea 17 exhibió la mayor severidad con un 88.17%, contrastando notablemente con las líneas 38 y 39, que no manifestaron signos de enfermedad Las líneas con menor severidad, tienen la ventaja de una mayor resistencia a la enfermedad, lo cual podría reducir los costos de manejo y potencialmente aumentar el rendimiento en campo. En

cambio, las líneas con alta severidad, enfrentan la desventaja de ser más susceptibles a la enfermedad, lo que implica mayores costos de manejo y riesgo de reducción en rendimiento.

Las enfermedades del trigo comprometen la productividad y la calidad del grano, especialmente cuando la infección ocurre antes de la etapa de floración, lo que reduce el número, peso y el llenado de granos. Infecciones más tardías afectan principalmente el peso hectolítrico, indicador de calidad harinera. La gravedad de las pérdidas depende de la resistencia del cultivar. El monitoreo constante es fundamental para identificar quiebres de resistencia, frente a royas (Aapresid, 2021).

Figura 4

Respuesta estadística para la severidad de Fusarium (SEVFu) en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

En la Figura 4., respecto a la SEVFu se observó que la línea 34 presentó la menor severidad, con un 7.98%, seguida por la línea 39 con un 16.03%. La línea 37 mostró una severidad elevada de 63.92%, similar a las líneas en estudio, lo que podría afectar considerablemente la productividad, calidad del grano su extracción de semilla y potencial agroindustrial.

Mientras que, las líneas 36, 27 y 40 mostraron valores intermedios, que varían entre el 25.88% y el 34.30 %, respectivamente. Estos valores intermedios indican que

estas líneas de trigo podrían adaptarse bien a diferentes condiciones, lo que les permitiría seguir produciendo una cantidad razonable de grano y mantener una buena calidad.

Es importante tener variedades resistentes a esta enfermedad porque el Fusarium puede reducir la capacidad de la planta para acumular nutrientes y pueden afectar negativamente la calidad del grano, incluido su peso y proteínas (Heredia, 2022).

Es interesante que las líneas 34 y 39 hayan mostrado los niveles más bajos de severidad a Fusarium, es clave en programas de mejoramiento, ya que la resistencia a enfermedades no solo reduce la pérdida de rendimientos, sino que también mejora la calidad del grano (Heredia, 2022).

4.1.3 Variables de rendimiento

Tabla 3

Resultados del análisis de varianza para el peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH),) y rendimiento (REN).

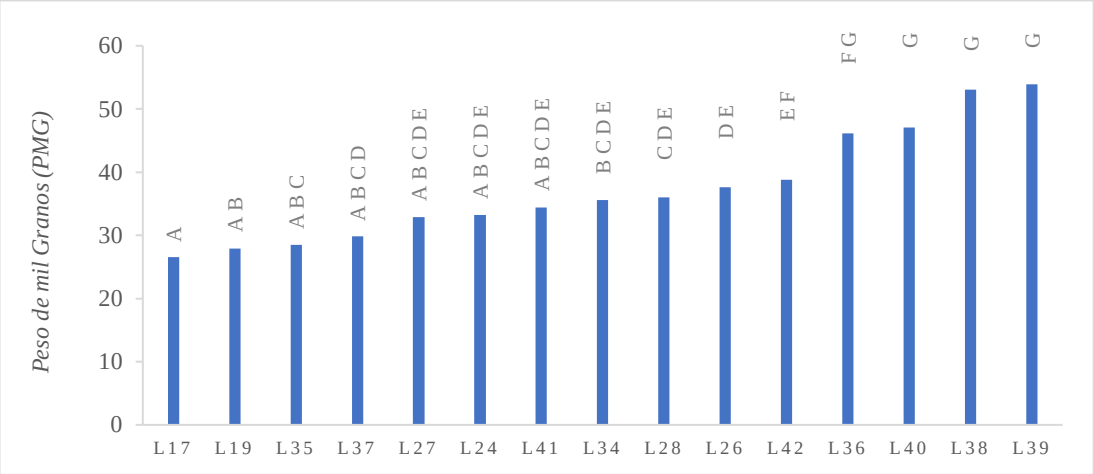
VARIABLES	GL	F	*p*-valor	CV%
PMG (**)	4	33.8	<0.0001	7.01
PH (**)	4	8.74	<0.0001	1.69
REN (**)	4	38.55	<0.0001	13.2
Error	14			

Nota: $^{**}p < 0.01$=Altamente significativo; $^{*}\ p < 0.05$ = Significativo; $p>0.05$ Ns = no significativo; CV= Coeficiente de variación; GL= Grados de libertad.

De acuerdo al análisis de varianza para el peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH), y rendimiento (REN) fueron altamente significativas $p < 0.01$.

Figura 5

Respuesta estadística para el peso de mil granos (PMG), en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

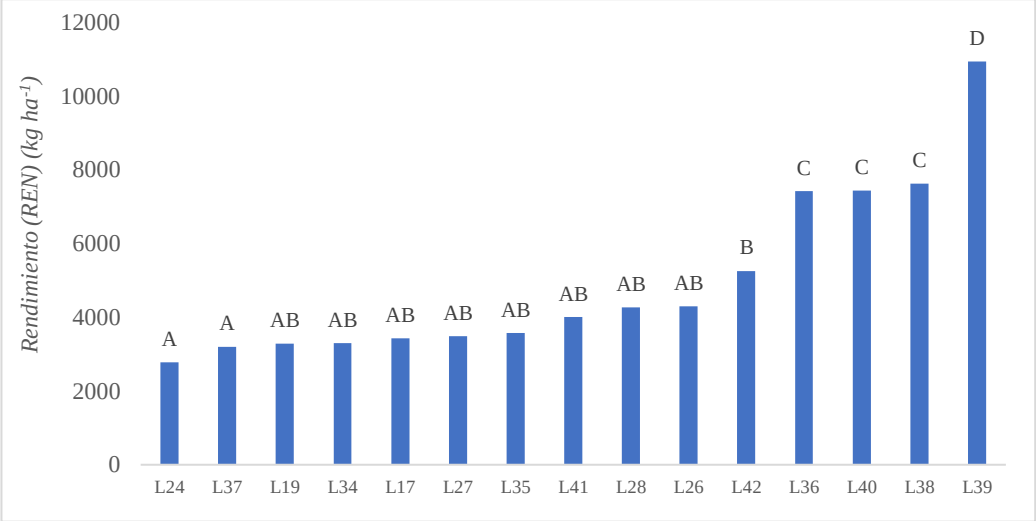
Para el PMG, el tratamiento que registró el mayor promedio fue la línea 39 con 53.92 g, seguido por la línea 38 y el tratamiento que menor promedio obtuvo es la línea 17 con 26.51 g.

La línea 39 presenta un PMG alto lo que puede asociarse a un buen nivel de rendimiento. Este parámetro está determinado por el tamaño del grano, su densidad y calidad física, atributos que están relacionados a las condiciones del suelo y clima durante el desarrollo del cultivo en su fase vegetativa y reproductiva.

Además, la temperatura, la humedad del suelo, la luz solar y el fotoperíodo son factores clave en el desarrollo del cultivo. Mantener temperaturas óptimas durante el llenado de granos favorece la acumulación de almidón, lo que incrementa el peso de mil granos. Una adecuada humedad del suelo mejora el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, lo que se traduce en mayores rendimientos. Asimismo, prácticas como el riego para prevenir el estrés hídrico y el manejo adecuado de nutrientes contribuyen a preservar la biomasa foliar, reducir enfermedades y mejorar el tamaño y la calidad de los granos, beneficiando tanto a la industria como a la agricultura (Yara, 2024).

Figura 6

Respuesta estadística para el rendimiento (REN), en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

En cuanto a los resultados de la Figura 6 en el rendimiento se observó que el tratamiento que registró el mayor promedio fue la línea 39 con 10941.93 kg ha^{-1}, seguido por la línea 38 con 7630.36 kg ha^{-1}. El tratamiento que menor promedio obtuvo es la línea 24 con 2775.47 kg ha^{-1}.

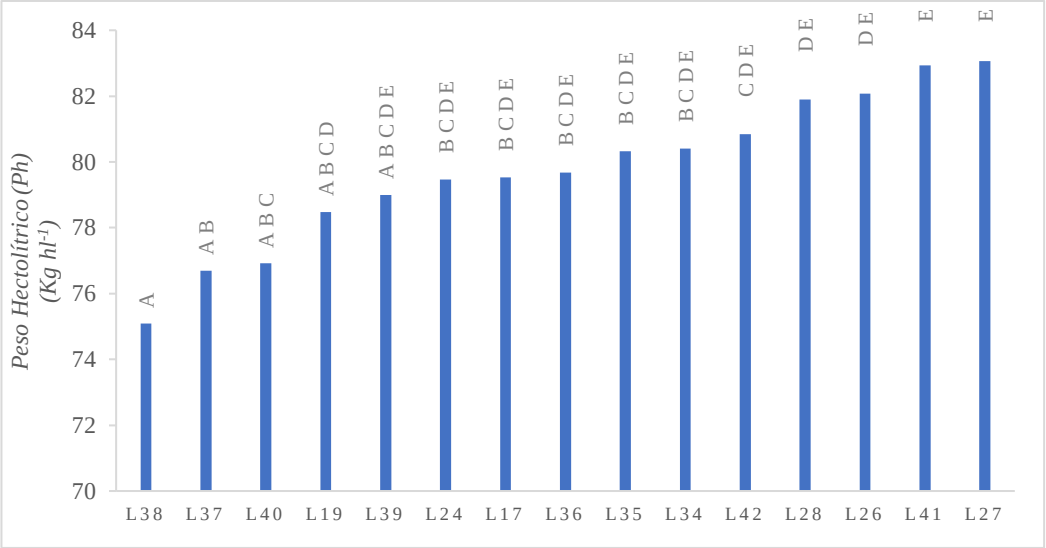
La línea 39 se clasifica como un material semitardío, lo que podría beneficiar su producción al adaptarse bien a ciertos ciclos de crecimiento. Estas características pueden favorecer su desempeño en ambientes con condiciones agroclimáticas similares a las de Laguacoto III, en la provincia de Bolívar. Sin embargo, para validar esta hipótesis y determinar con mayor precisión su potencial agronómico, es imprescindible llevar a cabo ensayos adicionales en parcelas experimentales. Estas evaluaciones permitirán corroborar su adaptabilidad y rendimiento en diferentes escenarios agroecológicos.

El rendimiento de esta línea está condicionado por múltiples factores, entre los que destacan: tamaño, calidad y sanidad del grano; temperatura; humedad del suelo; fotoperiodo; altitud; índice de área foliar; tasa de fotosíntesis; así como la sanidad y nutrición de las plantas. Estos elementos interactúan de manera compleja,

determinando no solo la productividad, sino también la estabilidad de la línea en diferentes entornos agroclimáticos (Nutricontrol, 2020)

Figura 7

Respuesta estadística para el peso hectolítrico (PH), en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Medias con letras diferentes refleja significancia según la prueba de Tukey $p < 0.05$.

En la Figura 8., en cuanto a PH, el mayor promedio registró en la línea 27 con 83.07kg hL^{-1}, seguido de la línea 41 con 82.94 kg hL^{-1}, línea 26 con 82.07kg hL^{-1} y 81.89kg hL^{-1} la línea 28. La línea que registró el promedio más bajo fue la 38 con 75.09 kg hL^{-1}.

Línea 27 registró el mejor PH, la misma puede ser de gran interés siempre y cuando cumplan las expectativas de productores y la agroindustria, sin descartar los buenos promedios de las líneas que desde este aspecto se presentan como candidatos positivos para formar parte de las nuevas variedades.

El PH, es el peso del grano en un volumen específico. Es decir que mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto. Este parámetro considera a los factores claves el llenado del grano (Escobar, 2018)

4.1.4 Variables morfológicas

En este estudio se observaron varias variables morfológicas asociadas a la calidad y las exigencias del mercado tanto de la producción, así como industrial. Luego de la prueba de Friedman se presentan los siguientes resultados.

Tabla 4

Resultados del análisis de Friedman para vigor de planta (VP), hábito de crecimiento (HC), tipo de paja (TP) y tipo de grano (TG).

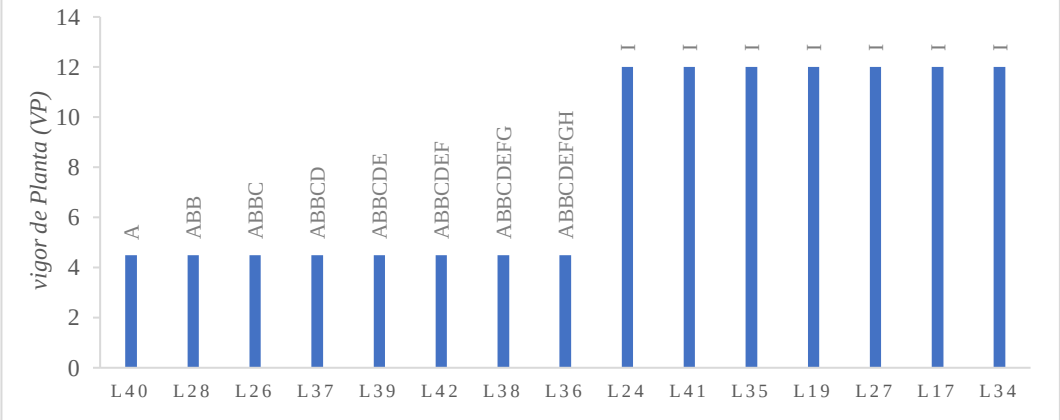
VARIABLES	*p*-valor
VP (**)	<0.0001
HC (**)	<0.0001
TP (NS)	0.05
TG (**)	<0.0001
Error	

Nota: **p < 0.01=Altamente significativo; * p < 0.05 = Significativo; p>0.05 Ns = no significativo;

De acuerdo al análisis de Friedman la variable, tipo de paja (TP) fue no significativo $p > 0.05$, mientras que para vigor de planta (VP), habito de crecimiento (HC), y tipo de grano (TG) fueron altamente significativas $p < 0.01$.

Figura 8

Análisis de Friedman para el vigor de planta (VP), en líneas de trigo Canadiense.



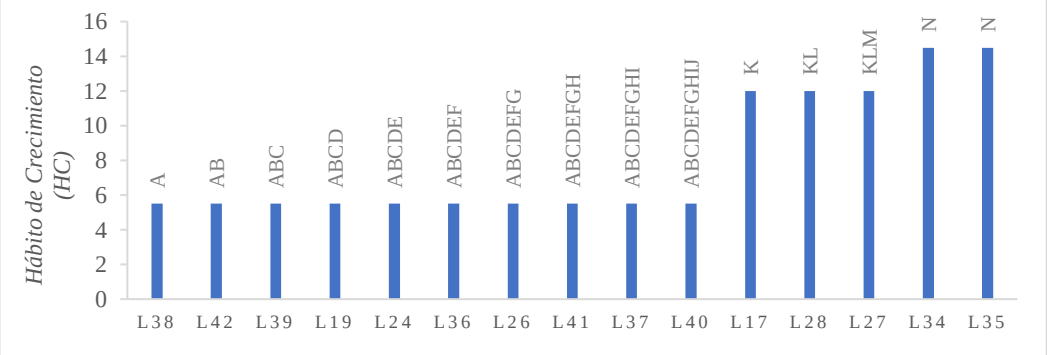
Nota: Escalas propuestas por Ponce & Garófalo (2019): 1Bueno (Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas) 2: Regular (Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas) 3: Malo (plantas pequeñas y hojas delgadas).

De acuerdo con la Figura 8, del VP de las líneas de trigo canadiense analizadas, las que se destacaron por su buen vigor fueron las líneas 40, 28, 26, 37, 39, 42, 38 y 36, presentando plantas y hojas grandes y bien desarrolladas. En contraste, las líneas 24, 41, 35, 19, 27 y 34 mostraron un VP regular, con plantas y hojas medianamente desarrolladas. Las diferencias en el vigor de las líneas de trigo afectan sus funciones fisiológicas. Las líneas con mayor vigor realizan mejor la fotosíntesis, absorben más nutrientes y son más resistentes a factores adversos. Esto optimiza la eficiencia en la recolección y manejo del cultivo, ya que las plantas más vigorosas son más fáciles de manejar tanto durante su crecimiento como en la cosecha.

El vigor es su capacidad para crecer de manera rápida y de manera uniforme, incluso en condiciones adversas. Este vigor es más alto cuando las semillas alcanzan su madurez, lo que mejora su capacidad de germinación. Además, las plantas más vigorosas son más eficientes en la producción de nutrientes y en su transferencia al desarrollo de la planta. Las diferencias genéticas juegan un papel importante en este proceso, ya que las semillas de alto vigor dan lugar a plantas más fuertes y con un mejor desarrollo (García & Ruiz, 2018).

Figura 9

Análisis de Friedman para el hábito de crecimiento (HC), en líneas de trigo Canadiense.



***Nota*:** Escalas propuestas por Ponce & Garófalo (2019): 1: Erecto, Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba; 2: Intermedio (semirrecto o semi postrado), Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45 grados; 3: Postrado, Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo

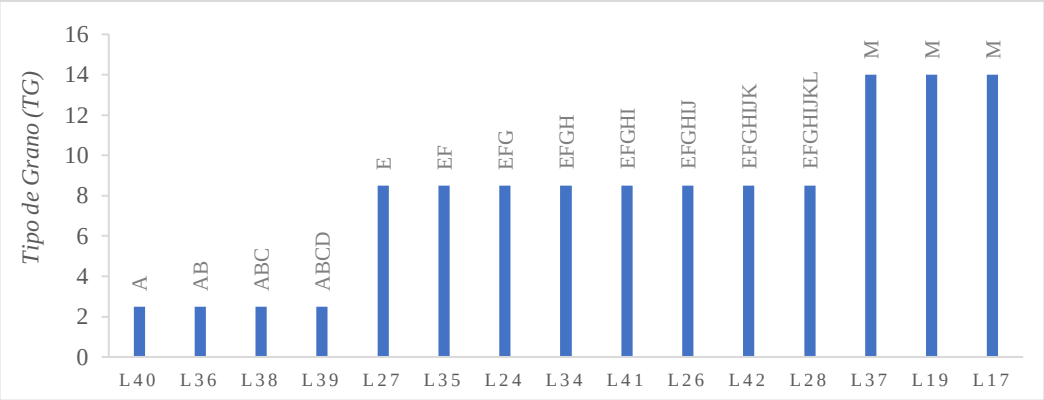
Según la Figura 9, para la variable HC**,** las líneas de trigo canadiense que más se destacaron fueron 38, 42, 39, 24, 36, 26, 41, 37 y 40**,** presentando una disposición

erecta de las hojas, es decir, hojas orientadas verticalmente hacia arriba lo cual favorece una mejor captación de energía. Por otro lado, las líneas 17, 28 y 27 mostraron una disposición intermedia**,** con hojas dispuestas de manera diagonal, formando un ángulo de aproximadamente 45 grados, lo que indica una postura semirrecta o semi postrada**.** Estas plantas también tenían hojas grandes y bien desarrolladas. Finalmente, las líneas 34 y 35 se caracterizaron por una disposición postrada**,** con hojas dispuestas horizontalmente sobre la superficie del suelo.

El hábito erecto y semierecto es una de las características genéticas que pueden interactuar positivamente con las prácticas agrícolas como el control de enfermedades y la cosecha (corte). Estos componentes han sido utilizados por el INIAP y agricultores, para liberación de las variedades de trigo (Farrez, 2019).

Figura 10

Análisis de Friedman para el tipo de grano (TG), en líneas de trigo Canadiense.



Nota: Escalas propuestas por Ponce & Garófalo (2019): 1: Grano grueso (grande bien formado y limpio) 2: Grano mediano (bien formado y limpio) 3: Grano pequeño (delgado, manchado, chupado).

Con referencia en la Figura 10, las líneas de trigo canadiense analizadas que más sobresalieron fueron las líneas 40, 36, 38 y 39, que se caracterizaron por producir granos grandes, bien formados y limpios. En cuanto a las líneas 27, 35, 24, 34, 41, 26, 42, 27 y 28, los granos presentaron un tamaño mediano, pero igualmente bien formados y limpios. Por otro lado, las líneas que obtuvieron los menores resultados en cuanto a la calidad del grano fueron las líneas 37, 19 y 17.

El grano grueso es un indicador de alta calidad en el trigo. Granos grandes y bien formados tienen un mayor contenido de almidón y proteínas, lo cual es esencial para la producción de productos derivados del trigo, como la harina, el pan, la pasta y otros productos horneados.

La calidad del grano influye directamente en las características del producto final, incluyendo su textura, sabor y valor nutricional. Generalmente tienen un mayor peso hectolítrico, lo que se traduce en un mayor rendimiento por unidad de área cultivada. Además, los granos bien formados son más valorados en el mercado, permitiendo a los agricultores obtener precios más altos (Almaraz, 2022).

4.1.5 Análisis de correlación y regresión lineal

Tabla 5

Resultados del análisis de correlación y regresión lineal para el rendimiento en líneas de trigo canadiense

Variables independientes componentes de rendimiento (x)	Coeficiente de correlación (r)	Coeficiente regresión (b)	Coeficiente de determinación (R^2 %)
(PMG)	0.90 **	0.80	81
(AP)	0.76 **	0.58	57.76

Nota: ** Altamente significativo

Coeficiente de correlación (r)

En esta investigación las variables que registraron una relación altamente significativa (**) y positiva con el rendimiento kg ha^{-1} fueron: peso de mil granos (PMG) y altura de planta (AP).

Coeficiente de regresión (b)

Las variables que contribuyeron a incrementar el rendimiento unitario por su valor de cambio independiente fueron: peso de mil granos (PMG) con 0.80 y altura de planta con 0.58.

Coeficiente de determinación (%)

El mayor incremento de rendimiento se produjo por la influencia del: PMG con un valor de coeficiente de determinación (R^2) de 81 %, esto quiere decir que un 81 % de incremento en el rendimiento se debe a esta característica.

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdos a los resultados de los análisis estadísticos, muestran diferencias significativas a nivel de los tratamientos en estudio por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), con evidencia estadística de que las variables estudiadas tienen un impacto significativo en la respuesta agronómica, morfológicas y sanitarias del trigo canadiense en la zona agroecológica de Laguacoto III, Provincia Bolívar, en dependencia de las líneas evaluadas.

CAPÍTULO V

5.1CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de las 15 líneas de trigo canadiense en la zona agroecológica de Laguacoto III, se obtienen las siguientes conclusiones

- La valoración agronómica y sanitaria proporciona una base sólida para la selección de líneas que sean altamente productivas y bien adaptadas a las condiciones específicas de Laguacoto III. Las líneas que destacan son 34, 36, 38 y 39, mismas que tuvieron la menor severidad de enfermedades foliares como Mancha foliar, y de la espiga como lo es Fusarium.

- Los mejores resultados de rendimiento en la zona agroecológica en estudio, fueron: las líneas 39 con 10941.93 kg ha^{-1} y 38 con 7630.36 kg ha^{-1}. Presentaron las mismas que presentaron grano grande y bien formado con un tipo de tallo fuerte robustos que soportan el viento, indicando que tienen mejor adaptación a la zona de cultivo.

- Se logró evidenciar que las líneas de trigo provenientes de Canadá presentaron un desempeño sobresaliente en términos de rendimiento, bajo las condiciones climáticas registradas durante el ciclo vegetativo y reproductivo. Dichas condiciones incluyeron una temperatura promedio de 15°C y una humedad relativa del 77.79% y una precipitación acumulada de 481.8 mm. Estos resultados resaltan la capacidad de las líneas evaluadas para adaptarse y expresar su potencial genético, lo cual representa una ventaja significativa en programas de mejoramiento dirigidos a regiones con condiciones agroclimáticas similares a Laguacoto III.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones adicionales en diferentes ciclos de cultivo permitirá obtener datos más precisos sobre la estabilidad de las líneas de trigo 34, 36, 38 y 39 en diversas condiciones climáticas y agroecológicas. Esto ayudaría a confirmar su adaptabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones ambientales, ofreciendo mayor validez a los resultados.

- Realizar pruebas moleculares para identificar marcadores moleculares en las líneas que presentaron baja severidad de enfermedades como Mancha foliar, Fusarium, roya de la hoja y roya amarilla para determinar su potencial como nuevas variedades resistentes. Este enfoque podría fortalecer la selección de líneas resistentes, apoyando la creación de variedades más duraderas y productivas que reduzcan la necesidad de fungicidas y mejoren la sostenibilidad del cultivo en la región.

BIBLIOGRAFÍA

Aapresid. (2019). Manual fitosanitario. Recuperado el 10 de Junio de 2024, de Gusanos blancos, una plaga silenciosa: https://manualfitosanitario.com/noticias/2243

Aapresid. (2021). Entrenamiento en enfermedades en trigo. Recuperado el 11 de Noviembre de 2024, de www.aapresid.org.ar: https://www.aapresid.org.ar/blog/entrenamiento-enfermedades-trigo

Agro point. (2023). Roya de la Hoja. Recuperado el 15 de Mayo de 2024, de lgsemillas: https://www.lgsemillas.com/agro-point/Roya-de-la-Hoja.pdf

AgroEcuador. (2022). Carchi lidera la producción de trigo en Ecuador con 2.976 hectáreas de sembríos. Recuperado el 13 de Mayo de 2024, de AgroEcuador: https://agroecuadortv.com/carchi-lidera-la-produccion-de-trigo-en-ecuador-con-2-976-hectareas-de-sembrios/

Agronomía. (2021). Trigo. Recuperado de 11 de Junio de 2024, de Información Agronomía: https://www.xn--agronoma-i2a.com/2021/02/trigo.html

Agrospray. (2020). Enfermedades del trigo, descripción y manejo. Recuperado el 2 de Junio de 2024, de AgroSpray Blog: https://agrospray.com.ar/blog/enfermedades-del-trigo-2/

Allende, L. (2018). Morfología Y Fisiología- Trigo. Recuperado el 2 de Junio de 2024, de WordPress: https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/

Almaraz, M. H. (2022). El trigo como grano básico y su importancia a nivel mundial. Recuperado el Noviembre de 2023, de Portada Red Forbes: https://www.forbes.com.mx/red-forbes-el-trigo-como-grano-basico-y-su-importancia-a-nivel-mundial/

Basantes, E. (2017). Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador. En D. Andrade, Trigo (págs. 47-52). [Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE]. Recuperado de http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10163

Bautista, D. (2022). Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) del INIAP bajo las condiciones

agroecológicas del Campus Salache, UTC 2021-2022.[Tesis de Pregrado,UTC]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Cotopaxi.Recuperado.el.Mayo.de.2024,de.http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9432

Borja, J., Quinatoa, R., Rodríguez, E., Silva, D., & Román, A. (2023). Caracterización del germoplasma de cereales con potencial agromorfoló gico para la provincia de Bolivar. Revista Bionatura, 1-4. doi:10.21931/RB/2023 .08.04.11

Calvo, A. (2020). Guía rápida para el cultivo de cebada. Recuperado de http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=Altitud%3A%202400%20a%203400%20msnm,%2C%20profundo%2C%20con%20buen%20drenaje.

Campaña, E. (2020). LA CEBADA (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades,mejoradas.Obtenido.de.https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf

Chuquitarco, P. (2017). Evaluación de la adaptabilidad de seis variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L). mediante el apoyo de inves tigación participativa en las localidades el Chan y San Ramón del canton Latacunga, Cotopaxi[Tesis Pregrado,UTC]. Recuperado el Mayo de 2024, de https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2516/1/T-UTC-00051.pdf

CIMMYT. (2024). Partes de la planta. Recuperado el 2 de Diciembre de 2024, de cimmyt.org: http://wheatdoctor.cimmyt.org/parts-of-the-wheat-plant

Coltan, P. (12 de 2022). Producción Mundial de Cebada 2022/2023. Recuperado de http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/cebada.aspx

Divito, G., & García, F. (2017). Manual del Trigo. Recuperado el 25 de Mayo de 2024, de International plant nutrition institute (INPI) pdf: http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Cap%203.pdf

Escobar, F. (2018). Efecto de la densidad de siembra de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con respecto a sus parametros productivos y composición químico bromatologico. . Universidad Nacional De Huancavelica.

Farrez, N. (2019). La cebada cereal antiguo con muchos usos y beneficios. Recuperado el 28 de Octubre de 2024, de https://www.fiatc.es/blog/post/cebada-tipos-propiedades-usos#:~:text=e%20ceb%20La%20cebada%20pertenece,omega%206%20y%20omega%209.

Galarza, E. (2023). Evaluación del comportamiento agronómico de dieciocho variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) liberadas por el INIAP en el Campus Querochaca, Cevallos[Tesis Pregrado,UTA]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el Junio de 2024, de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38376

García, J., & Ruiz, N. (2018). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de ciqa.reposit orioinstitucional.mx: http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1 025/334

Garófalo, J., Ponce, L., & Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum* L.): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. Recuperado de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5975

Heredia, D. (2022). Valoración agronómica y fitosanitaria de 106 accesiones de avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) y cebada (*Hordeum vulgare*) en la localidad de Naguan provincia Bolívar[Tesis Pregrado, UEB]. Recuperado el 12 de Noviembre de 2024, de https://dspace.ueb.edu.ec/items/8e6f16bb-4065-462c-927c-b11125b65f5e

Hermida, Á. (2019). Trigo: el alimento milenario lleno de energía y aminoácidos. Recuperado el 13 de Junio de 2024, de Alimente: https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2019-05-28/trigo-valores-nutricionales-gluten-harina-cereal_1517947/

Herrera, T. (2017). Adaptación y rendimiento de cuatro variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con dos fertilizantes químico y orgánico; en Salache Bajo- Latacunga -provincia de Cotopaxi 2015 [Tesis Pregrado,UTC]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el Mayo de 2024, de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4209

Holdridge, L. R. (1979). Zonas de vida. Recuperado el 18 de Noviembre de 2024, de https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch21.htm

INIAP. (2021). Informe Anual 2021 Programa de Cereales. Recuperado el 29 de Mayo de 2024, de INIAP: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6032

INIAP. (2022). INIAP Cañicapa 2003: La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína. Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/handle /41000/2591

Llanos, M. (2018). Recuperado de http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=Altitud%3A%202400%20a%203400%20msnm,12%20a%2020oC.

Nutricontrol. (2020). La luz como factor ambiental para las plantas. Recuperado el 17 de Noviembre de 2024, de nutricontrol.com: https://nutricontrol.com/es/la-luz-como-factor-ambiental-para-las-plantas/

Piatti, L. (2024). Plagas en Trigo y en Cereales de Invierno: Identificación, Prevención y Soluciones Prácticas. Recuperado el 12 de Junio de 2024, de Agrospray: https://agrospray.com.ar/blog/plagas-en-trigo/

Pichucho, C. (2022). Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*Tritucum aestivum* L.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, provincia de Cotopaxi 2021-2022[Tesis Pregrado, UTC]. Reposiorio Institucional Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el Junio de 2024, de https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9474

Pistoni, L. (2021). Cultivo de Trigo. Recuperado el 19 de Mayo de 2024, de Escuela Agrotécnica Libertador General San Martín Casilda: https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/11/Cultivo-de-Trigo.pdf

Pogo, A. (2022). Evaluación de las variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP bajo condiciones agroecológicas del campus Salache, UTC 2021 – 2022.[Tesis Pregrado.UTC]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el Mayo de 2024, de https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9479

Ponce, L., & Garófalo, J. (2019). Parámetros de evaluación y selección en cereales. Recuperado el 10 de Mayo de 2024, de INIAP: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391

Ponce, L., Garofalo, J., Campaña, D., & Noroña , P. (2020). Actividades de Investigacion en Cereales 2019. Recuperado el 23 de Mayo de 2024, de INIAP: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5588

Ponce, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2023). Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana. Quito, EC: INIAP-EESC, 2023. Recuperado el Junio de 2024, de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6016

Riofrio, A. (2022). Evaluación de la respuesta de líneas de trigo frente a Puccinia striiformis f. sp. tritici. durante el desarrollo vegetativo y fase de espigado, en la parroquia Licto, del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.[Tesis de pregrado,ESPOCH]. Repositorio Institucional Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el Junio de 2024, de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17420

Salazar, S. (2017). Determinación de la producción de trigo (*Triticum vulgaris*) y su incidencia en los ingresos económicos de los productores en la parroquia San Pablo provincia de Bolívar[Tesis Maestría ,UTA]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el Junio de 2024, de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/22070

Sánchez, M., Hernández, A., & Yáñez, M. (2020). Situación actual de la mancha foliar del trigo causada por *Zymoseptoria tritici* en México. Revista Fitotecnia Mexicana, 1-4. doi:10.35196/rfm.2020.4-a.590.

Sela, G. (2022). La roya – causas, Síntomas, Prevención y Tratamiento. Recuperado el 15 de Mayo de 2024, de Cropaia: https://cropaia.com/es/blog/la-roya/

SENASICA. (2019). Guía de síntomas y daños del roya lineal amarrila del trigo. Recuperado el 25 de Mayo de 2024, de https://prod.senasica.gob.mx /SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20sintomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20(Puccinia%20striiformis%20f.%20sp.%20tritici).pdf

Silva, P. &. (2020). Potencial agronómico de la accesión H-04-UEB en diversas regiones de Ecuador. Madrid, ECUADOR.

Simón, M., & Fleitas, M. (2022). Enfermedades de trigo. En M. Simón, & S. Golik, Cereales de invierno (págs. 118-165). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/154685

SIPA. (2022). Principales Cultivos - 2022. Recuperado el 5 de Junio de 2024, de Sipa: https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Trujillo, F., & Ramírez, F. (2020). Pulgón verde de los cereales. Recuperado el 18 de Mayo de 2024, de CASAFE: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600885/Pulg_n_verde_de_los_cereales.pdf

Vallejos, P. (2019). Estudio de la producción y comercialización de trigo (*Triticum Vulgare*) en la provincia de Imbabura[Tesis Pregrado,UTN]. Repositorio Institucional Universidad Técnica del Norte. Recuperado el Junio de 2024, de https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8826

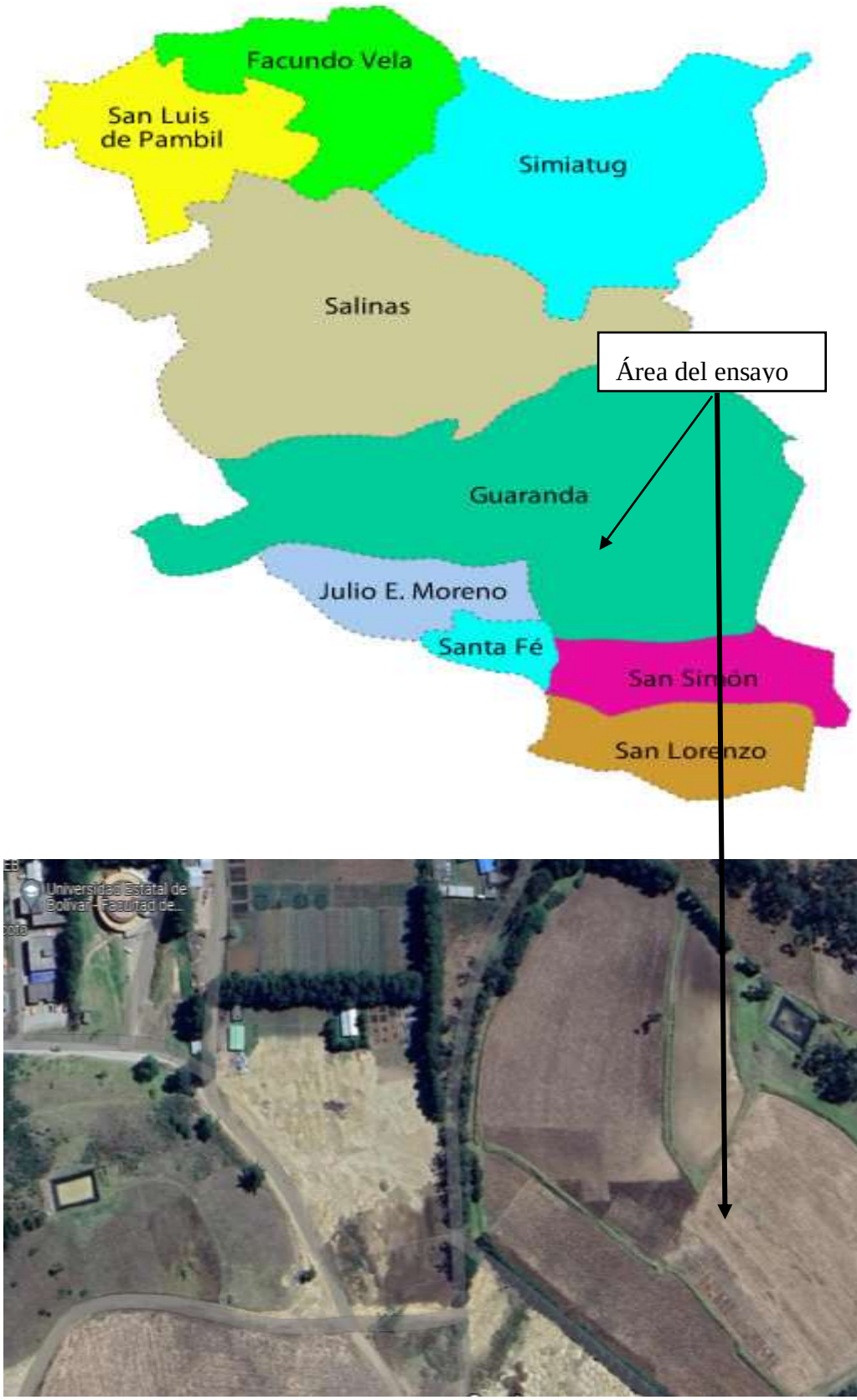
Wikifarmer. (2022). Requisitos de fertilización del trigo. Recuperado el 20 de Mayo de 2024, de wikifarmer Academy: https://wikifarmer.co m/es/requisitos-de-fertilizantes-de-trigo/

Yánez , C., & Racines , M. (2019). Primer Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Recuperado el 13 de Mayo de 2024, de INIAP: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5573

Yara. (2024). Trigo. Recuperado el 01 de Diciembre de 2024, de Yara.es: https://www.yara.es/nutricion-vegetal/trigo/tamano-peso-granos/

ANEXOS

Anexo1. Mapa de ubicación de la investigación.



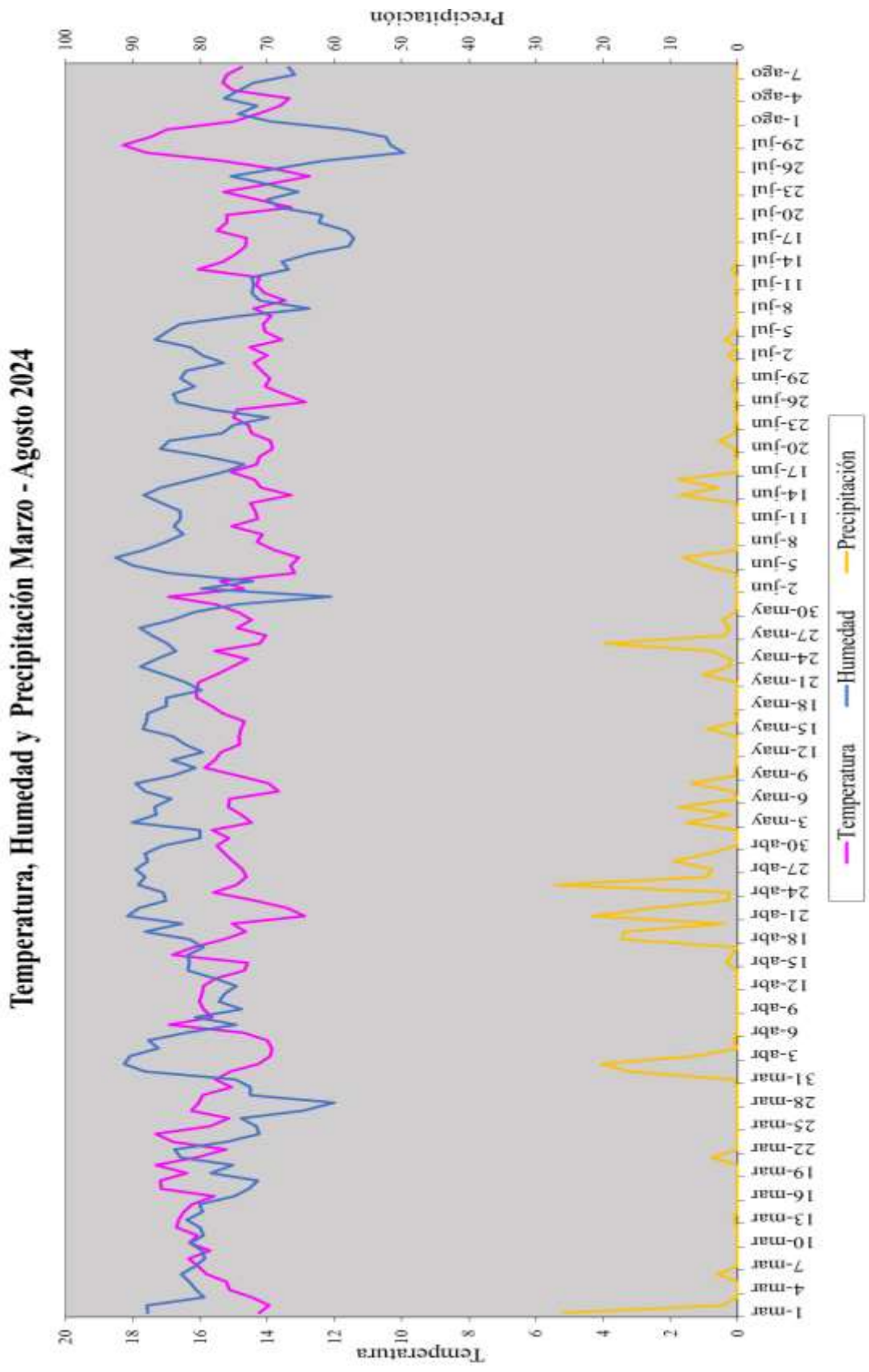
Anexo 2. Croquis



Anexo 3. 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.4 Diagrama ombrotérmico



Anexo 5. Análisis del suelo

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: 26/02/2024
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:14
FECHA DE ANÁLISIS: 26/02/2024
FECHA DE EMISIÓN: 15/05/2024
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	7,11	P N	43,38	M	13,01	M	14,19	M	0,85	B	0,58	A	15,87	A	3,20	A	1,5	B	15,3	A	128	A	12,8	M	4,95	5,56	33,09	19,65	2,48	A		32	39	29	FRANCO-ARENOSO	Muestra 1

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

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 =	Ligel. 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 Potasio
Al+H =	Titulación NaOH

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

JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

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 electrónico 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 información.

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

Anexo 6. Imágenes del manejo de la investigación

Distribución de la unidad experimental



Surcado y siembra





Fertilización





Control de malezas





Control de plagas





Porcentaje de Emergencia (PE)





Vigor de Planta (VP)





Habito de crecimiento (HC)





Severidad de manchas foliares (SMFa)





Severidad de roya amarilla (SVRa)





Severidad de roya de la hoja (SEVRh)





Días al espigamiento (DE)





Severidad en Fusarium (SEVFu)





Tipo de paja





Cosecha





Trilla y Aventado





Peso Hectolitrico y humedad





Peso de 1000 granos





Visita de campo

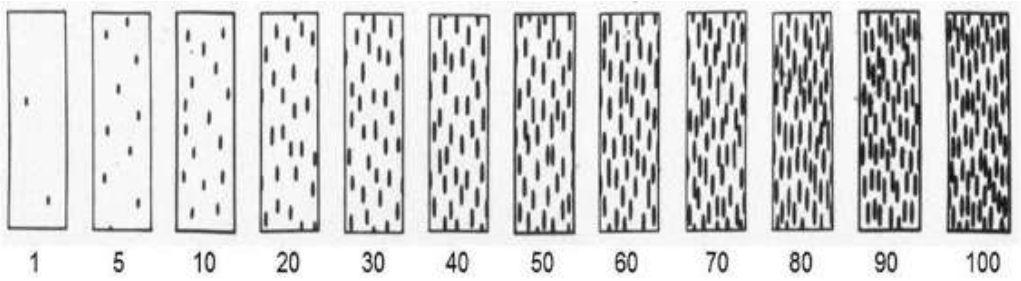


Anexo 7. Escala de severidad a manchas foliares y enfermedades

Escala para severidad manchas foliares.

Grado	Porcentaje de enfermedad	Porcentaje de Salud	Grado fórmula (%)
0	0	100	1,17
1	0 – 3	97—100	2,34
2	3—6	94—97	4,68
3	6—12	88—94	9,37
4	12—25	75—88	18,75
5	25—50	50—75	37,50
6	50—75	25—50	62,50
7	75—88	12—25	81,25
8	88—94	6—12	90,63
9	94—97	3—6	95,31
10	97—100	0 – 3	97,66
11	100	0	98,62

Escala para determinar la severidad en royas.



Escala para determinar la Severidad en Fusarium.





Escala para determinar el grado de daño por virosis.

GRADO	SIGNIFICADO
1	Trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas, planta de apariencia vigorosa.
2	Amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas.
3	Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento.
4	Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo.
5	Amarillamiento más extenso; vigor de la planta moderado, o pobre, cierto enanismo.
6	Amarillamiento severo, espigas pequeñas; enanismo moderado, apariencia pobre de la planta.
7	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado, apariencia pobre de la planta.
8	Amarillamiento casi completo, de todas las hojas; enanismo; macollamiento reducido en apariencia (presencia de rosetas); tamaño reducido de las espigas con alguna esterilidad.
9	Enanismo severo; amarillamiento completo, espigas escasas; considerable esterilidad; madurez acelerada o secamiento de la planta antes de la madurez normal.

Anexo 8. Glosario de términos técnicos

Biotrófos: Son aquellos que viven en relación con su hospedero sin causarle daño alguno y lo hace a través de una estructura llamada haustorio; que es un extremo de la hifa del hongo fungícola que penetra en su hospedero para cumplir con el objetivo de nutrirse.

Endospermo: El endospermo es una parte del grano de trigo que se encuentra entre el salvado y el embrión. Es la principal fuente de alimento para el embrión en desarrollo y contiene almidón, proteínas y otros nutrientes.

Fasciculadas: Una raíz es fasciculada cuando no tiene ningún eje principal de crecimiento. Son raíces que al no tener un eje principal de crecimiento tienen un aspecto de «mata de pelo», como si fueran cabellos que emanan del bulbo y por tanto también se dice que son raíces «Forma de cabellera», otros nombres son raíces atípicas (las típicas son las axomorfas), fibrosas o cigomorfas. Es característica de monocotiledóneas.

Fitosanitario: Relativo a la sanidad de las plantas. Los productos fitosanitarios son aquellos utilizados para prevenir, controlar o erradicar plagas y enfermedades que afectan a las plantas, asegurando su salud y buen desarrollo.

Germoplasma: El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite a través de la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras.

Micelio: El micelio es una estructura de los hongos de apariencia similar a una raíz, consistente en una masa de hifas ramificadas y de textura como de hilo, que forman la parte vegetativa de los hongos pluricelulares como las setas y los mohos.

Nutriente: Sustancia química esencial que las plantas necesitan para crecer y desarrollarse. Los nutrientes pueden ser macronutrientes (como nitrógeno, fósforo y potasio) o micronutrientes (como hierro, zinc y cobre), y son absorbidos del suelo o mediante fertilización.

Picnidios: Los picnidios son estructuras de reproducción asexual que se encuentran en algunos hongos patógenos. Estas estructuras contienen conidios, que son esporas asexuales que se producen en gran cantidad y se dispersan para infectar a otras plantas.

Rendimiento: Cantidad de producto agrícola cosechado por unidad de superficie. El rendimiento se mide en términos de peso, volumen o número de frutos, y es un indicador crucial de la productividad agrícola.

Resistencia: Se refiere a la capacidad de las plantas para resistir o tolerar enfermedades causadas por patógenos, como hongos o bacterias.

Severidad: En fitopatología, la severidad se refiere al grado de daño o afectación que una enfermedad causa en una planta. Se mide en términos de la extensión y la intensidad de los síntomas visibles en el tejido vegetal afectado.

Teliosporas: Las teliosporas son otro tipo de espora producida por algunos hongos patógenos, como las royas, que afectan a las plantas. Estas esporas son importantes para la supervivencia del hongo durante el invierno y pueden germinar en la primavera para iniciar un nuevo ciclo de infección.

Tolerancia: La tolerancia se refiere a la capacidad de un organismo para resistir o soportar condiciones adversas o estresantes. En el contexto de las plantas, la tolerancia se refiere a su capacidad para sobrevivir y crecer en condiciones ambientales desfavorables, como sequías, altas temperaturas o suelos pobres en nutrientes.

Uredosporas: Las uredosporas son un tipo de espora producida por algunos hongos patógenos, como las royas, que afectan a las plantas. Estas esporas son importantes en el ciclo de vida de los hongos patógenos, ya que se dispersan por el viento y pueden infectar a otras plantas, propagando la enfermedad.

Variedades: Conjunto de plantas dentro de una especie que presentan características distintivas y uniformes, y que pueden propagarse manteniendo esas características. Las variedades son el resultado de la selección y mejoramiento genético.