

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA



SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO
DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) BAJO LAS
CONDICIONES DE CHALTURA-IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA

Alejandra Marcela García Collaguazo

DIRECTOR

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, Msc

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

**CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**SEGUNDO CICLO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
BAJO LAS CONDICIONES DE CHALTURA-IMBABURA.**

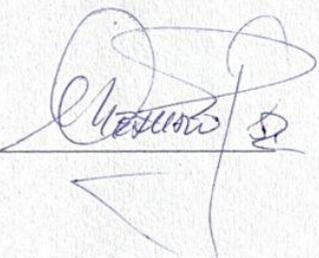
Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:
INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.
DIRECTOR



Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.
ASESOR





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004154827		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Alejandra Marcela García Collaguazo		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra		
EMAIL:	amgarcia@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	NA	TELÉFONO MÓVIL:	0987987618

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Segundo ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura.
AUTORA:	Alejandra Marcela García Collaguazo
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	30/06/2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR:	Msc. Luis Marcelo Albuja Illescas

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 01 días del mes de julio de 2025

AUTORA:

Alejandra Marcela García Collaguazo

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alejandra Marcela García Collaguazo, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2025



Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 30 días del mes de junio del 2025

Alejandra Marcela García Collaguazo, Segundo ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum L.*) bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura. /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 25 días del mes de junio del 2025, 78 páginas.

DIRECTOR: Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, Msc

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum L.*) en un segundo ciclo, Chaltura-Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran: 1. Comparar el rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de Trigo en condiciones de la granja "La Pradera". 2. Determinar la severidad de plagas y enfermedades en los materiales en estudio. 3. Analizar los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.


.....
Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, Msc
Director de Trabajo de Grado


.....
Alejandra Marcela García Collaguazo
Autora

AGRADECIMIENTO

La presente investigación no es solo la culminación de un proyecto académico, sino la realización de un propósito y una meta de vida, me agradezco por la dedicación y perseverancia en mi camino académico, también quiero agradecer a mis padres por ser fuente de motivación y fortaleza, a mis hermanos y a la Universidad Técnica del Norte por la oportunidad de formarme académicamente.

De igual forma agradezco la confianza y el apoyo depositado en la realización de mi proyecto de titulación por parte del Programa de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), al personal técnico: Ing. María Nieto, Ing. Javier Noroña e Ing. Javier Garófalo.,

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Marcelo Albuja, mi tutor, por su invaluable apoyo profesional durante la realización de este proyecto. Su guía experta y dedicación fueron fundamentales para el desarrollo y perfeccionamiento de este estudio. Agradezco sinceramente la inversión de su valioso tiempo en la revisión y mejora de este trabajo

DEDICATORIA

A mí, por nunca rendirme ante los desafíos, por perseverar en el camino y por mantener viva la llama de la determinación y la esperanza en cada paso de esta meta cumplida.

A mi familia y mi pareja por ser mi pilar de fuerza, mi fuente de amor y apoyo incondicional. Cada uno de ustedes han sido una inspiración para mí, gracias por creer en mí, por alentarme a seguir adelante, este trabajo está dedicado a ustedes, con gratitud eterna y amor infinito. De igual forma agradezco a mis amigos por acompañarme en este proceso de fortalecimiento.

Alejandra García

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis o preguntas directrices	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Origen del trigo en el mundo	6
2.2 Distribución geográfica mundial del trigo	6
2.3 Importancia social y económica del trigo en el mundo y en Ecuador	7
2.4 El cultivo de trigo en Ecuador y su rendimiento	8
2.5 Descripción taxonómica	9
2.6 Descripción botánica.....	9
2.7 Requerimiento del cultivo.....	10
2.7.1 Suelo.....	10
2.7.2 Temperatura.....	10
2.7.3 Necesidades de agua.....	10
2.7.4 Fertilización	10
2.7.5 Control de arvenses	11
2.7.6 Cosecha y almacenamiento del trigo.....	11

2.7.7 <i>Postcosecha</i>	12
2.8 Plagas y enfermedades del cultivo de trigo	12
2.8.1 <i>Plagas del trigo</i>	12
2.9 Enfermedades del trigo.....	13
2.9.1 <i>Roya amarilla</i>	13
2.9.2 <i>Roya de la hoja</i>	14
2.9.3 <i>Fusarium</i>	15
2.9.4 <i>Carbón</i>	16
2.9.5 <i>Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf virus, BYDV)</i>	16
2.9.6 <i>Parámetros de calidad</i>	17
2.3 Marco legal	19
CAPITULO III.....	20
III MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Caracterización del área de estudio.....	20
3.2 Ubicación geográfica	20
3.3 Características climáticas.....	21
3.4 Materiales, equipos, insumos y herramientas	21
3.5 Metodología	21
3.6 Factor en estudio	22
3.7 Tratamientos.....	22
3.8 Diseño experimental.	22
3.9 Características del experimento.	23
3.10 Características de la unidad experimental.....	23
3.11 Análisis estadístico.....	24
3.12 Variables evaluadas	24
3.12.1 <i>Emergencia</i>	24
3.12.2 <i>Días al espigamiento</i>	25
3.12.3 <i>Altura de planta</i>	26
3.12.4 <i>Rendimiento de grano</i>	26
3.12.5 <i>Peso de 100 granos</i>	27
3.12.6 <i>Peso hectolítrico</i>	27
3.12.7 <i>Enfermedades del cultivo de trigo</i>	28

3.12.8	<i>Royas</i>	28
3.12.9	<i>Virus del enanismo amarillo (Brley Yellow Dwarf Virus, BYDV)</i>	28
3.12.10	<i>Tipo y color de grano</i>	30
3.13	Manejo específico del experimento	30
3.13.1	<i>Selección del lote</i>	30
3.13.2	<i>Preparación del suelo</i>	31
3.13.3	<i>Desinfección de semilla</i>	32
3.13.4	<i>Siembra</i>	32
3.13.5	<i>Fertilización</i>	32
3.13.6	<i>Control de arvenses</i>	34
3.13.7	<i>Controles fitosanitarios</i>	34
3.13.8	<i>Cosecha</i>	35
3.13.9	<i>Trilla</i>	35
3.13.10	<i>Beneficio de la semilla</i>	35
CAPITULO IV.....		37
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		37
5.1	Porcentaje de Emergencia.....	37
5.2	Días al espigamiento	38
5.3	Altura de la planta	39
5.4	Peso de 100 granos.....	41
5.5	Rendimiento t ha ⁻¹	42
5.6	Peso hectolitrico.....	43
5.7	Incidencia a enfermedades	44
5.7.1	<i>Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)</i>	44
5.7.2	<i>Mancha de la hoja</i>	46
5.8	Tipo y color de grano	48
CAPITULO V.....		50
CAPÍTULO V.....		50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
6.1.1	CONCLUSIONES	50
6.1.2	RECOMENDACIONES.....	51

BIBLIOGRAFIA.....	52
Anexos.....	56
.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Requerimientos del cultivo de trigo.</i>	11
Tabla 2. <i>Parámetros de calidad de trigo nacional requeridos por la industria molinera nacional.....</i>	13
Tabla 3. <i>Caracterización del área de estudio</i>	20
Tabla 4. <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas.....</i>	21
Tabla 5. <i>Descripción de líneas de trigo en estudio.</i>	22
Tabla 6. <i>Diseño experimental del estudio</i>	23
Tabla 7. <i>Grados de liberad</i>	24
Tabla 8. <i>Escala de germinación.....</i>	24
Tabla 9. <i>Escala de evaluación para tipo de grano en trigo</i>	28
Tabla 10. <i>Escala para determinar el tipo de reacción en royas.....</i>	29
Tabla 11. <i>Escala para determinar el grado de daño por virosis.....</i>	30
Tabla 12. <i>Parametros fisicoquimicos y nutrientes disponibles en el area de estudio</i>	33
Tabla 13. <i>Análisis de varianza de porcentaje de emergencia de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.....</i>	29
Tabla 14. <i>Análisis de varianza de rendimiento t ha⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.</i>	42
Tabla 15. <i>Análisis LSD Fisher de la variable rendimiento para las lineas promisorias y variedad mejorada.</i>	42
Tabla 16. <i>Análisis de la tabla de contingencia de los datos cualitativos tipo y color de grano.....</i>	45
Tabla 17. <i>Análisis LSD Fisher de la variable rendimiento para las lineas promisorias y variedad mejorada.</i>	46

Tabla 18. <i>Análisis de varianza de mancha foliar de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.....</i>	48
Tabla 19. <i>Análisis LSD Fisher de la variable mancha foliar para las líneas promisorias y variedad mejorada</i>	4

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Descripción botánica</i>	9
Figura 2 <i>Plagas y enfermedades del trigo</i>	14
Figura 3 <i>Roya amarilla</i>	15
Figura 4 <i>Roya de la hoja</i>	16
Figura 5 <i>Fusarium del trigo</i>	17
Figura 6 <i>Carbon del trigo</i>	18
Figura 7 <i>Virus del enanismo amarillo</i>	18
Figura 8 <i>Mapa de ubicación del área de estudio</i>	20
Figura 9 <i>Diseño experimental</i>	23
Figura 10 <i>Evaluación porcentaje de emergencia</i>	25
Figura 11 <i>Evaluación días al espigamiento</i>	25
Figura 12 <i>Evaluación altura de la planta</i>	26
Figura 13 <i>Evaluación del rendimiento del grano</i>	26
Figura 14 <i>Evaluación de la variable peso de 100 granos</i>	27
Figura 15 <i>Evaluación de la variable peso hectolítrico</i>	27
Figura 16 <i>Evaluación del tipo y color del grano</i>	28
Figura 17 <i>Escala de severidad de roya en hojas</i>	29
Figura 18 <i>Evaluación virus de enanismo amarillo</i>	30
Figura 19 <i>Selección del lote</i>	31
Figura 20 <i>Preparación del suelo</i>	31
Figura 21 <i>Siembra manual</i>	32
Figura 22 <i>Fertilización del ensayo</i>	33
Figura 23 <i>Control arvences</i>	34
Figura 24 <i>Control fitosanitario</i>	34

Figura 25 <i>Cosecha del ensayo</i>	35
Figura 26 <i>Trilla de trigo</i>	35
Figura 27 <i>Beneficio de la semilla</i>	36
Figura 28 <i>Gráfica Altura de la planta</i>	40
Figura 29 <i>Gráfica peso de 100 granos</i>	41
Figura 30 <i>Gráfica peso hectolítrico</i>	44
Figura 31 <i>Gráfica tipo y color de grano</i>	45
Figura 32 <i>Gráfica Virus del enanismo amarillo</i>	47

Índice de Anexos

Anexo 1.	<i>Trazado del área experimental</i>	56
Anexo 2.	<i>Etapa de germinación</i>	57
Anexo 3.	<i>Riego por aspersión</i>	58
Anexo 4.	<i>Etapa de espigamiento</i>	58
Anexo 5.	<i>Visita técnica por parte del programa de cereales.....</i>	59
Anexo 6.	<i>Evaluación de enfermedades en trigo</i>	59
Anexo 7.	<i>Cosecha del material de de investigación.....</i>	60
Anexo 8.	<i>Manejo postcosecha.....</i>	60
Anexo 9.	<i>Análisis de suelo.....</i>	61

TÍTULO: Segundo ciclo de evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura.

García Collaguazo Alejandra
Marcela:

Universidad Técnica del Norte

Correo: amgarcia@utn.edu.ec

RESUMEN

El trigo es un cultivo de importancia mundial en la dieta alimenticia, sin embargo, en Ecuador, el 98% se importa debido a la baja productividad ocasionada por factores como el suelo, diferentes plagas y enfermedades. Por ello se evaluó el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo y una variedad mejorada utilizando la metodología de INIAP, que permitió analizar variables como: tiempo de espigamiento, altura de planta, susceptibilidad a enfermedades como el virus del enanismo amarillo (*Barley Yellow Dwarf Virus*) y roya de hoja (*Puccinia triticina*) además de parámetros de rendimiento como producción por hectárea y peso hectolítrico. Los resultados obtenidos revelaron que la línea promisoriosa TA-20-001, demostró una destacada adaptabilidad a las condiciones agroecológicas locales. Se distinguió por su altura de planta (101.6cm) sin presencia de acame y menor susceptibilidad al virus del enanismo amarillo. En términos de rendimiento, la línea TA-20-001 sobresalió con una producción de 7.79 t ha⁻¹ y un peso hectolítrico promedio de 77.26 kg hl⁻¹. Por su parte, la variedad mejorada INIAP IMBABURA 20014 registro 6.95 t ha⁻¹ y 80.88 kg hl⁻¹ respectivamente. En cuanto a tipo y color de grano se evidenció el color característico de cada genética, TA-20-001 grano blanco, variedad mejorada grano rojo, los dos materiales se clasificaron como grano mediando, bien formado y limpio. Estos hallazgos sugieren que la línea TA-20-001 tiene potencial significativo para su adopción en la producción local de trigo, lo que podría contribuir a reducir la dependencia de las importaciones y mejorar la seguridad alimentaria en la región.

Palabras clave: peso hectolítrico, líneas promisorias, susceptibilidad a enfermedades, cereales.

TITLE: Second cycle of evaluation of the agronomic behavior of promising wheat lines (*triticum aestivum* L.) under Chaltura-Imbabura conditions.

García Collaguazo Alejandra
Marcela:

Universidad Técnica del Norte

amgarcia@utn.edu.ec

ABSTRACT

Wheat is a globally important crop in the food diet, however, in Ecuador, 98% is imported due to low productivity caused by factors such as soil, different pests and diseases. For this reason, the agronomic situation of promising wheat lines and an improved variety was evaluated using the methodology INIAP, which allowed the analysis of variables such as: heading time, plant height, susceptibility to diseases such as the yellow dwarf virus (*Barley Yellow Dwarf Virus*) and leaf rust (*Puccinia triticina*). in addition to performance parameters such as yield per hectare and test weight. The results revealed that the promising line TA-20-001 demonstrated remarkable adaptability to local agroecological conditions. It was distinguished by its plant height (101.6 cm), absence of lodging, and lower susceptibility to yellow virus. In terms of yield, the TA-20-001 line stood out with a production of 7.79 t ha⁻¹ and an average hectoliter weight of 77.26 kg hl⁻¹. And the improved variety INIAP IMBABURA 20014 recorded 6.95 t ha⁻¹ and 80.88 kg/hl. Regarding to grain type and color, the characteristic of color from each genetic was evident: TA-20-001 white grain, improved variety red grain, both materials were classified as medium-sized, well-formed, and clean grain. These findings suggest that the TA-20-001 line has significant potential for adoption in local wheat production, which could contribute to reducing import dependence and improving food security in the region.

Keywords: test weight, promising lines, susceptibility to diseases.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Ecuador importa el 98% de los requerimientos internos de trigo y tan solo un 2% es producido a nivel local para cubrir la demanda interna. Frente a ello, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) han desarrollado programas para impulsar la superficie de sembríos mediante transferencia de tecnología a pequeños productores; en algunas provincias del sur (Loja, Azuay, Cañar) y del norte (Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo) obteniendo como resultado un rendimiento favorable con un total de 10 898 t trigo en el año 2021 a diferencia del año 2019 donde se obtuvo 5 073 t y para el año 2023 el rendimiento que mostró este cereal tan solo fue de 3 976 t. (INEC, 2024). Aun así, Ecuador depende de la importación de este cereal ya que también es fuente de materia prima para transformación de productos derivados.

El rendimiento de este cereal puede ser afectado por condiciones climáticas donde las variedades se vuelven susceptibles a enfermedades. Por ejemplo, causa de presencia de hongos como el tipo de royas ocasionan los mayores daños al cultivo, las más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y *Fusarium* spp. (Almacenas et al., 2013). Por lo cual es oportuno que los procesos de investigación, a través del mejoramiento genético entregue continuamente al agricultor nuevas variedades mejoradas con alto rendimiento, adaptadas a diferentes condiciones agroecológicas de la sierra ecuatoriana y con características de resistencia a enfermedades (Ponce-Molina et al., 2020).

Con el objetivo de incrementar la producción de este cereal en el país se han generado varios proyectos de mejora. En diferentes estaciones experimentales donde se buscó analizar líneas promisorias y variedades mejoradas de trigo, por ejemplo en el centro INIAP se desarrolló una variedad de trigo “INIAP-Imbabura 2014” que presentó características de grano rojo, potencial de rendimiento genético con un promedio de 6 t ha⁻¹; y alto nivel de resistencia a enfermedades como roya amarilla, roya de la hoja, espiga de fusarium y Helminthosporiosis, las cuales son factores determinantes para el desarrollo de las plantas.

Agronómicamente INIAP-Imbabura 2014 presenta buena adaptación en las regiones trigueras de las Sierras Norte, Central y Sur del Ecuador y su mejor comportamiento se observa entre los 2200 a 3000 m sobre el nivel del mar (Falconi et al., 2014).

Para las investigaciones de cereales se evaluó el comportamiento de semillas o líneas promisorias de trigo que provienen de varios cruces de pedigrís y que no están conocidas a nivel mundial ni local, aun así, tienden a tener una gran potencialidad junto con líneas mejoradas, que son aquellas que han pasado por un proceso de estudio y selección. La ventaja de su siembra es que son tolerantes y resistentes a enfermedades, resistentes al acame y ser más precoces al momento de la producción por lo que generan mayores rendimientos (Álvarez, 2014).

Cabe destacar que el rubro de este cereal es posible potenciarlo ya que existe el conocimiento de variedades de trigo que han expresado capacidades productivas de provecho, y que se ha evidenciado en trabajos de evaluación del comportamiento agronómico. Ejemplo, en el área de Cotopaxi e Imbabura donde líneas de trigo tales como: TA-18-008, TA-19-003, TA-19-008, TA-20-001 y variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 han sido objeto de investigación y evaluación para identificar el germoplasma más apto entre ellas. En Imbabura el primer ciclo de evaluación se llevó a cabo en el campus La Pradera en Chaltura y se concluyó que la línea TA-18-008 sobresale con una altura de 92.63 cm, menor susceptibilidad y severidad al virus del enanismo amarillo (*Barley Yellow Dwarf Virus*) y roya de la hoja (*Puccinia triticina*), con un peso hectolítrico de 70.96 kg hl⁻¹ y rendimiento de 5 t ha⁻¹ (Catota, 2024).

1.2 Problema

En la región ecuatorial según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2023) muestra como la producción de trigo ha ido decayendo conforme pasa los años, por ejemplo, en el año 2021 la superficie sembrada fue de 6 mil hectáreas con una producción de 108 989 t, y para el año 2023 se registró una superficie sembrada de 4 mil hectáreas de trigo y una producción de 3976 t, cantidad que no abastece la demanda interna. Se conoce que el Ecuador desde el año 2004 paso de ser un país exportador de trigo a un importador, cerca del 98% de este cereal es importado (Palma, 2014).

Otro de los problemas del trigo se asocia a que es un cultivo de clima cálido también conocido como cultivo de temporada, este cereal no se adapta bien a climas muy fríos, lluviosos o desérticos ya que lo vuelve muy susceptible a los diferentes factores medioambientales que merman el rendimiento y hace que las variedades pierdan resistencia a enfermedades o infecciones producidas por hongos (Ponce et al., 2022).

Tres ciclos de siembra en una estación experimental es lo que toma evaluar las diferentes líneas ya sean promisorias o variedades mejoradas para identificar cuál destaca favorablemente y así dar continuidad a un proceso de certificación para su futura liberación. En Imbabura se desconoce cuál sería la variedad más apta, por lo cual la presente investigación es el segundo ciclo del proceso de evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de trigo específicamente de líneas promisorias tales como: TA -18-008, TA-19-003, TA-19-008, TA-20-001 y una mejorada como: INIAP IMBABURA 2014.

1.3 Justificación

INIAP, ha generado y desarrollado 18 nuevas variedades mejoradas de trigo las mismas que han sido entregadas y puestas a disposición de los productores trigueros del Ecuador, diversificando el material genético en campos de productores, contribuyendo así con el desarrollo del agro ecuatoriano. La mejora genética y la generación de germoplasma con características deseables, es un proceso continuo, en tal virtud el Programa de Cereales evalúa anualmente alrededor de 100 líneas promisorias que son seleccionadas bajo condiciones de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) (Jiménez, 2016).

En Ecuador INIAP se ha dedicado en los últimos años a producir semilla de alta calidad en rubros de seguridad alimentaria, debido al déficit de producción que existe en el país de este cereal, así que constantemente se propone estudios de mejoramiento genético, prácticas y labores culturales, pruebas de rendimientos y ensayos regionales, ya que de esta manera se obtiene germoplasma superior en productividad ($\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$), resistencia a enfermedades (royas, virus, fusarium, escaldadura, carbón) y mejor calidad (Ponce et al., 2022).

Con el fin de dar continuidad a los procesos de investigación la siembra de la presente evaluación aporta el conocimiento de variables de importancia con respecto al rendimiento. Además de realizar un análisis comparativo entre líneas promisorias como: TA-18- 008, TA-19-003, TA-19-008, TA-20-001 y línea mejorada como: INIAP Imbabura 2014 que ya fueron evaluadas previamente en la estación experimental Cotopaxi y en el campus experimental La Pradera en un primer ciclo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.) en un segundo ciclo, Chaltura-Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad mejorada de Trigo en condiciones de la granja “La Pradera”.
- Determinar la severidad de plagas y enfermedades en los materiales en estudio.
- Analizar los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

1.5 Hipótesis o preguntas directrices

Hipótesis

Ho. Las cuatro líneas promisorias de trigo no presentan diferencias en el comportamiento agronómico con respecto a la variedad mejorada.

Ha. Al menos uno de los materiales presenta diferencias en el comportamiento agronómico con respecto a la variedad mejorada.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Origen del trigo en el mundo

El trigo ha sido uno de los primeros productos cultivados desde la revolución neolítica y se ha convertido en uno de los alimentos básicos del ser humano en el viejo mundo. La obtención de la harina en la actualidad se lograba moliendo el trigo con rocas planas. Se obtenía una papilla, que permitía llevar a cabo panes duros y chatos con forma de galletas. El trigo era originalmente silvestre. La prueba nos muestra que creció primero en la Mesopotamia entre los valles de los ríos Tigris y Eufrates en el Medio Oriente casi hace 10 000 años. Sin embargo, fueron los de Egipto quienes descubrieron la fermentación y fueron ellos los primeros en guisar panes levados entre el 2000 y 3000 a.C (Garcia, 2020).

Edel y Rosel (2007), indican que este cereal ha sido uno de los primeros granos cultivados en la zona del Medio Oriente hace 11 mil años, más adelante, 4 mil años a. C. se extendió a gran cantidad el área geográfica de su cultivo, convirtiéndose en unos de los alimentos más importantes en Inglaterra y China, agregan, además; que los españoles fueron los primeros que introdujeron el trigo en México hacia el año 1520, y consecutivamente se fue propagando este cultivo en las otras colonias de Sur América.

2.2 Distribución geográfica mundial del trigo

El cultivo de trigo se alarga extensamente en muchas piezas de todo el mundo, tal vez por ser una especie que tiene un extenso rango de adaptabilidad y por su enorme consumo en muchas naciones, en los últimos años el reparto del cultivo se ha ido ampliando ya que obtienen un conjunto de variedades novedosas con buen rendimiento. La distribución va a partir de las húmedas tierras bajas del norte de México hasta las áridas planicies de Kazajistán, el trigo se siembra en más de 200 millones de hectáreas de todo el mundo en desarrollo (Merino, 2020).

En Ecuador, la distribución geográfica del cultivo de trigo se concentra principalmente en la región interandina, donde las condiciones agroclimáticas son favorables para su desarrollo. Las provincias con mayor producción son Carchi, Bolívar, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Cañar y Loja. Estas zonas presentan altitudes entre 2 000 y 3 200 metros sobre el nivel del mar, temperaturas que oscilan entre 14 y 22 °C, precipitaciones anuales entre 600 y 700 mm durante el ciclo de cultivo, y suelos de tipo franco-arcilloso y franco-arenoso, factores que hacen de esta región un entorno propicio para la producción de trigo (INIAP, 2005).

2.3 Importancia social y económica del trigo en el mundo y en Ecuador

Según el reporte del Consejo Internacional de Cereales, para el año 2019 menciona que la producción mundial de trigo para alimento de consumo humano y elaboración de piensos para animales alcanzó los 762 millones de t, superior en 4% a las producidas el año 2018. Los países que impulsaron este crecimiento se encuentran la Unión Europea, China y otros (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

La industria ecuatoriana importó 1.18 millones de toneladas de trigo por un valor de USD 315.5 millones, durante 2019. La estructura de procedencia del grano fue la siguiente: 56% de Canadá, 37% de Estados Unidos y el 7% restante de Argentina, Ucrania y Perú de manera marginal. Según datos del INEC, en Ecuador la superficie de trigo sembrada para el 2019 fue de 3138 ha con una producción de 5073 t, la diferencia de producción se vio afectada por diferentes causas, entre ellas: sequías, enfermedades e inundaciones registradas principalmente en las provincias de Imbabura y Chimborazo. Entre 2009 y 2019 la frontera agrícola de trigo ha presentado una disminución del 76% (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

El trigo es el cereal cultivado de mayor relevancia en todo el mundo junto con los cultivos de arroz y maíz. Es uno de los cereales más utilizados en la preparación de alimentos en torno al mundo, su trascendencia se deriva de las características físicas y químicas del gluten, que permiten la producción de derivados. Aun así, el trigo no es un cultivo de importancia agrícola en el Ecuador, pero, junto con el arroz y la cebada, es el grano más importante del país, con un consumo de más de 450 000 t año⁻¹, lo que corresponde a un consumo per cápita de unos 30 kg año⁻¹ (ASEMOL, 2019).

2.4 El cultivo de trigo en Ecuador y su rendimiento

El cultivo del trigo ha sido introducido a nuestro país en la era de la colonia, en torno al año 1536, y a partir de entonces se ha construido en uno de los más relevantes y difundidos en la agricultura de la región Interandina, por ser uno de los productos básicos en la dieta alimenticia poblacional. El INIAP ha asumido la indagación del cultivo de trigo por medio del Programa de Cereales que engloba los cultivos de Trigo, Cebada y Avena (Ponce-Molina, 2022).

Para optimizar el rendimiento agrícola, es fundamental que el campesino seleccione la variedad más adecuada según la ubicación geográfica y la altitud del terreno. Se ha demostrado que la sustitución de variedades criollas por variedades mejoradas, junto con la implementación de sistemas de cultivo más eficientes, puede duplicar la producción. Del crecimiento del rendimiento registrado, se estima que el 50% proviene del uso de mejores prácticas agrícolas, como fertilización, mecanización y técnicas avanzadas de cultivo, mientras que el otro 50% se debe a la introducción de variedades mejoradas (FAO, 2015).

En Ecuador el trigo es considerado un cultivo principal aun así para el año 2023 la superficie sembrada en hectáreas es de tan solo 372 con una producción de 337 t que representa el 0.91% rendimiento $t\ ha^{-1}$, estos datos exteriorizan la falta de atención en este sector productivo. Como iniciativas de mejora en los últimos años, se han implementado proyectos para mejorar la autosuficiencia del país en trigo, como la siembra de semilla certificada en áreas como Cotopaxi e Imbabura, con rendimientos esperados de 3 a 5 $t\ ha^{-1}$ (INEC, 2025).

La variedad de trigo INIAP-Imbabura 2014 ha demostrado buenos resultados en algunas zonas, logrando rendimientos de hasta 5 $t\ ha^{-1}$, con una mayor resistencia a enfermedades comunes como Roya y Fusarium. El ciclo de cultivo de INIAP-Imbabura 2014 es relativamente corto, lo que permite a los agricultores obtener cosechas más rápidas y ajustar sus calendarios agrícolas en función de las condiciones del clima. La creación de esta variedad de trigo representa un avance significativo para el Ecuador, que históricamente ha dependido de las importaciones para satisfacer la demanda de trigo. Al mejorar el rendimiento y la calidad de la producción nacional, INIAP-Imbabura 2014 contribuye a reducir esta dependencia y fortalece la seguridad alimentaria del país (INIAP, 2015).

2.5 Descripción taxonómica

El trigo tiene la siguiente clasificación taxonómica (Robles, 1991)

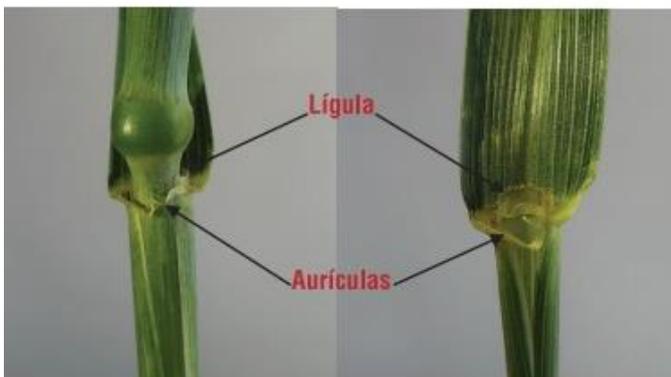
- Reino: Plantae
- Division: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Pooideae
- Género: Triticeae
- Especie: *Triticum aestivum* L.

2.6 Descripción botánica

Las raíces son fibrosas; presentan 2 clases de raíces, las primarias o seminales y las secundarias o adventicias. El tallo es cilíndrico parecido a una caña formada de nudos y entrenudos, en el nudo se hallan las yemas que ofrecen origen a las hojas y a los macollos, la elevación del tallo varía según las variedades. La hoja nace del nudo, estando está formada por la vaina y la lámina, con 2 construcciones accesorias la lígula y las aurículas (Figura 1). En la parte preeminente tanto de los macollos como del tallo primordial terminan en una inflorescencia compuesta llamada espiga en la que permanecen insertas las inflorescencias primordiales llamadas espiguillas, siendo estas donde las flores permanecen agrupadas. El fruto es una cariósida de manera ovoide, siendo este un frutoseco indehiscente (Allende et al. 2016).

Figura 1

Lígula, Aurículas que identifican al trigo.



Nota. se observa la particularidad de la lígula y aurícula en el trigo:ilustardo por INIAP, 2019.

2.7 Requerimiento del cultivo

2.7.1 Suelo

Es fundamental que las tierras donde se cultiva el trigo sean profundas para que hay un extenso desarrollo del sistema radicular. Las tierras arcillosas poseen el problema de que, por su escasa permeabilidad, preserva mucha humedad en inviernos lluviosos, las arenosas drenan el agua rápidamente y tienen una baja retención de agua. Generalmente van a ser superiores en secano las tierras que tengan capacidad de retención, sin embargo, que paralelamente, tenga un drenaje bueno. Un pH de suelo óptimo para el trigo está entre 5.4 a 7.0; si bien tolera un pH muchísimo más elevado, en general se recomienda que los terrenos de secano tengan un buen drenaje (Duval et al., 2013).

2.7.2 Temperatura

En el cultivo del trigo, la temperatura es el elemento más relevante que induce el desarrollo por medio de sus etapas, a partir de la emergencia hasta la floración y madurez, lo de mayor relevancia es la proporción de días que transcurren para conseguir una proporción de temperatura llamada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados-días. El trigo necesita un acumulado entre 1800 y 2400 °C para terminar su periodobiológico; para terminar la etapa vegetativa necesita entre 1100 y 1400 °C, mientras tanto que para la etapa reproductiva entre 700 y 970 °C. La temperatura ideal para el aumento y desarrollo del trigo está entre 10 y 24 °C (Soto, Plana, y Hernández, 2009).

2.7.3 Necesidades de agua

El trigo se desarrolla con normalidad con necesidades hídricas que van desde bien los 300 ó 400 mm, constantemente que el reparto sea idóneo. Habitualmente se cultiva en zonas de 400 a 750 mm anuales, aunque hay cultivos en zonas con precipitaciones de hasta casi 3000 mm (CIMMYT, 2011).

2.7.4 Fertilización

Un análisis fisicoquímico de suelo posibilita detectar la proporción de fertilizante solicitada por el cultivo, para nuestro medio las sugerencias en general en la situación del trigo son: 80 kilogramos de nitrógeno, 60 kilogramos de fósforo (P_2O_5), 40 kilogramos de potasio (K_2O) y 20 kilogramos de azufre por hectárea. Se necesita indicar que la urea y otros fertilizantes

nitrogenados, no tienen que ser aplicados en el suelo seco ó con presencia de precipitaciones ya que se pierden los nutrientes aplicados y las plantas no lo aprovechan. La alternativa de fertilización orgánica es una opción que aumenta la fertilidad del suelo y contribuye a su estructura. En la siguiente tabla se muestra la porción aconsejable de 40 a 60 sacos de 50 kg por hectárea (Garófalo et al., 2011). Aun así, la cantidad de fertilizante dependerá de las recomendaciones en base al análisis del suelo, se puede aplicar fertilización basada en la extracción de nutrientes de las plantas de trigo (Tabla 1).

Tabla 1
Requerimientos del cultivo de trigo.

Análisis de suelo	N	P₂O₅	K₂O	S
		kg ha ⁻¹		
Bajo	80-100	60-90	40-60	20-30
Medio	60-80	40-60	30-40	10-20
Alto	20-60	0-40	20-30	0-10

2.7.5 Control de arvenses

A lo largo de las primeras fases de incremento de los cereales las malezas compiten con los cultivos por agua, luz, viento y nutrientes. Las malezas tienen la posibilidad de ser huéspedes de plagas y patologías, una razón más para conservar los cultivos limpios a partir de un inicio. La proliferación de malezas se puede prevenir con un conveniente funcionamiento del lote, es decir por medio de una buena rotación de cultivos, apropiado labor del lote y antecedentes de la siembra. Los procedimientos de supresión de malezas integran control mecánico con herramientas, cultivadoras de hileras-rastras y control químico con herbicidas, no obstante, los agricultores experimentados usan además azadas manuales y rastras de conexiones flexibles entre los dientes para desmalezar, el rastreo tiene la virtud de promover la aireación de la tierra (Cuarán, Otavalo, y Tafur, 2010).

2.7.6 Cosecha y almacenamiento del trigo

La cosecha se hace una vez que la planta alcanzó su madurez de campo (grano cristalino), alrededor de entre los 170 y 180 días. En pequeñas áreas la cosecha se la hace en forma manual, usando una hoz se corta y se forma gavillas, las cuales son agrupadas para conformar parvas. La trilla principalmente se la ejecuta con trilladora estacionaria. Una vez llevadas a cabo las tareas de aseo, secado de grano y selección de semilla, el grano debería

ser ensacado y guardado en un espacio seco, independiente de humedad, con buena ventilación. Los sacos no tienen que estar en contacto directo con el suelo o al lado de paredes debido a que puede aspirar humedad (Garófalo, et al., 2011).

2.7.7 *Postcosecha*

- **Secado de granos:** El grano debe secarse de forma que no supere la humedad industrial requerida del 13% con el fin de cuidar la integridad de las semillas almacenadas.
- **Limpieza y Clasificación:** Las semillas deben limpiarse con malla de 2.5 mm y clasificarse por tamaño antes de su almacenamiento.
- **Envasado e identificación de semillas:** Las semillas secas, limpias y clasificadas deben empaquetarse en bolsas en buen estado y limpias, las cuales deben estar marcadas con una etiqueta que contenga la siguiente información básica: nombre del cultivo, fecha de cosecha, nombre del fabricante de la semilla y peso.

2.8 **Plagas y enfermedades del cultivo de trigo**

2.8.1 *Plagas del trigo*

En trigo, varias especies de insectos poseen trascendencia pues ocasionan perjuicios considerables una vez que adquieren la condición de plaga. Entre estas los áfidos (pulgones) (Figura 2), un número suficiente de dichos insectos puede provocar males considerables una vez que se alimentan, además tienen la posibilidad de actuar como vectores de virus, produciendo amarillamiento y enrollamiento de las hojas, manchas necróticas, favoreciendo el acceso de bacterias y hongos. Otro de los insectos que ocasionan males a las plantas de trigo son las larvas de escarabajos conocidos como gallinas ciegas o “cutzos” (*Barotheus* spp.), que tienen la posibilidad de recortar parcial o por completo las raíces de las plantas. Esto produce la aparición de conjuntos de plantas marchitas o muertas en especial en la fase de desarrollo, indicios que podrían atribuirse a pudriciones de raíz, hace falta analizar el suelo para identificar estas larvas.

Figura 2

Hoja de trigo infestada con pulgones



Nota. Se observa la presencia de la plaga pulgón en trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9 Enfermedades del trigo

Las enfermedades más relevantes en la sierra del Ecuador son la roya amarilla o lineal (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), fusarium de la espiga (*Fusarium* spp.) y carbón volador (*Ustilago tritici*) descritas a continuación.

2.9.1 *Roya amarilla*

La roya amarilla o lineal es ocasionada por un patógeno como es el hongo *Puccinia striiformis* que surge conformando líneas amarillas paralelas a las nervaduras de las hojas, estas líneas permanecen formadas de pústulas elaboradas por el mismo hongo. La patología se afirma desde los 70 a 90 días luego de la siembra (Figura 3). La roya amarilla es particularmente dañina en condiciones de clima fresco y húmedo, donde el hongo se reproduce y dispersa con facilidad.

El ciclo de vida del patógeno incluye la formación de esporas que pueden ser transportadas por el viento a largas distancias, lo que facilita su propagación en diferentes regiones. La reducción de la roya amarilla incluye la implementación de variedades de trigo resistentes, el control químico a través de fungicidas, y prácticas agrícolas que reduzcan la humedad. Por otro lado, la roya de la hoja es producida por el hongo *Puccinia triticina*, muestra pequeñas pústulas recluidas con esporas de color anaranjado, ubicadas sobre las láminas foliares (FAO, 2018).

Figura 3

Hojas y espiga con presencia de roya amarilla.



Nota. Se observa la presencia de roya amarilla en el cultivo de trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9.2 *Roya de la hoja*

La roya de la hoja o parda es causada por el hongo *Puccinia triticina* cuyo síntoma principal es la presencia de pequeños nódulos aislados con esporas de color naranja, ubicados en las láminas de las hojas. En infecciones graves, también son visibles en las vainas de las hojas. El desarrollo y propagación de la roya de la hoja se ve favorecido por un ambiente húmedo y templado.

Figura 4

Hojas con presencia de roya de la hoja.



Nota. Se observa la presencia de roya de la hoja en el cultivo de trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9.3 *Fusarium*

Según Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) 2013, el Fusarium de la espiga es producido por numerosas especies del hongo *Fusarium* spp, a lo largo de la antesis se infectan los ovarios y esa infección es favorecida por un clima cálido y húmedo (Figura 5). Esta patología tiene trascendencia económica ya que disminuye la producción en un 50% y reduce la calidad de grano.

Las áreas afectadas por Fusarium experimentan una reducción significativa en los rendimientos, y el grano cosechado puede estar contaminado con micotoxinas, lo que afecta la seguridad alimentaria. Según un estudio realizado por Castillo y López (2019), la presencia de Fusarium en los cultivos de trigo en Ecuador ha provocado pérdidas de hasta el 30-40% en áreas específicas, especialmente en zonas de clima cálido y húmedo donde las condiciones favorecen el desarrollo del hongo.

Para mitigar los efectos negativos del fusarium, en Ecuador se han realizado esfuerzos para desarrollar variedades de trigo resistentes a este hongo. La variedad INIAP-Imbabura 2014 ha sido destacada por su resistencia tanto a Fusarium como a otras enfermedades fúngicas comunes en el trigo. Estas variedades no solo ayudan a reducir el impacto económico de la enfermedad, sino que también aseguran una mayor calidad del grano. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en su informe, menciona que el uso de variedades resistentes, como la INIAP-Imbabura 2014, ha permitido aumentar la producción de trigo en zonas afectadas por Fusarium, reduciendo el impacto de las enfermedades y mejorando la calidad del grano (INIAP, 2014).

Figura 5

Espigas y granos con fusarium.



Nota. Se observa la presencia de fusarium en el cultivo de trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9.4 Carbón

Según el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay (2019), el carbón es producido por el hongo carbón, en sí por sus esporas que son transportadas por el aire y aterrizan en las flores de trigo, donde germinan e infectan los embriones, los días más frescos y húmedos en la floración favorecen la infección y el desarrollo de esta condición (Figura 6). La mejor manera de mantener bajo control el carbón y el fusarium es esterilizar bien las semillas antes de plantarlas. Las condiciones favorables para su desarrollo son temperaturas de 15 a 20°C y humedad relativa superior al 80%. Esta enfermedad se propaga a través de semillas infectadas de un ciclo a otro.

Según un estudio sobre enfermedades fúngicas en cultivos de trigo en Ecuador, el carbón en trigo en Ecuador se ha visto favorecido por las condiciones de humedad y temperaturas moderadas en algunas zonas andinas, lo que representa un desafío para los agricultores locales. La rotación de cultivos y el uso de variedades de trigo resistentes son estrategias para el manejo del carbón en los cultivos (Ramírez et al., 2021).

Figura 6

Espigas y panojas con presencia de carbón (Ustilago spp.)



Nota. Se observa la presencia de carbón en el cultivo de trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9.5 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf virus, BYDV)

Se caracteriza por un típico color amarillento de las hojas que comienza en la parte apical y se extiende en franjas alargadas (Figura 7). En la cebada, el color amarillento inicial se vuelve violeta o morado oscuro y posteriormente provoca la muerte de las hojas. En casos severos provoca enanismo en plantas que no completan su ciclo vital. Transmitidos principalmente por pulgones, los climas templados o cálidos favorecen su aparición, aunque pueden aparecer en casi cualquier ambiente (Jones, 2020).

El virus del enanismo amarillo en trigo en Ecuador representa un riesgo para la seguridad alimentaria, ya que puede reducir hasta un 30% el rendimiento del cultivo en áreas afectadas, especialmente en aquellos campos donde las infestaciones de áfidos son altas porque tienden a multiplicarse rápidamente, lo que aumenta el riesgo de propagación del virus. Esto puede ser más grave en los cultivos de trigo sembrados en invierno, cuando las temperaturas son relativamente suaves y la humedad es alta. (FAO 2020).

Figura 7

Plantas amarillas y enanas con sintomatología de virosis.



Nota. Se observa la presencia de enanismo en el cultivo de trigo: ilustrado por INIAP, 2019.

2.9.6 Parámetros de calidad

La calidad de los granos es esencial para conseguir buenos resultados económicos, se necesita tomar medidas para que el producto se encuentre en óptimas condiciones. A continuación, se muestran algunas sugerencias:

- Que los granos se encuentren libre de impurezas, dañados o quebrados.
- Humedad no debe ser mayor a 13-14%.
- Que la variedad en específico no se mezcle con otras.
- Que los granos sean de un tamaño uniforme.
- Granos libres de patologías.

La calidad del grano de una diversidad está definida, primordialmente por propiedades genéticas, sin embargo, además es enormemente influenciada por componentes del medio ambiente. La obtención de un grano de buena calidad está asociado al comportamiento agronómico y primordialmente al funcionamiento de la fertilización nitrogenada (Matus y Vega, 2004).

Los límites requeridos por la industria molinera nacional (Tabla 2), se fundamenta en un grano con 13% de humedad, con un 2% de impureza y un peso hectolítrico de 74 kg hl⁻¹. El costo del quintal de trigo se ve perjudicado una vez que los valores no estén en los rangos de calidad (Garófalo et al., 2011).

Acerca de las características de los trigos cultivados en Ecuador, Paredes (2021), menciona que la industria de la panadería ecuatoriana prefiere el trigo blanco porque permite la producción de pan con una miga más ligera y con mejor color, que es un factor crucial para la aceptación del consumidor. A pesar de que el trigo rojo es más común en Ecuador debido a su adaptabilidad en las regiones andinas, el trigo blanco sigue siendo una opción preferida para la producción de productos de panadería y harinas refinadas.

Tabla 2

Parámetros de Calidad de trigo nacional requeridos por la industria molinera nacional.

Variable	Valor adecuado
Humedad	13%
Impurezas	2%
Peso hectolítrico	74 kg hl ⁻¹
Quintal	45.46 kg

2.3 Marco legal

La investigación se encuentra dentro de las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano, dentro del PLAN NACIONAL DE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES 2021-2025; en el cual se encuentra el Objetivo 3 que “fomenta la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular“, que tiene como finalidad promover la igualdad en oportunidades a nivel agrícola, acuícola, pesquero y de infraestructura para todos, en concordancia con el artículo 276 de la CRE. En este objetivo están presentes las políticas 3.1., que “mejora la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial, incentivando el acceso a infraestructura adecuada, insumos y uso de tecnologías modernas y limpias”. Y la política 3.2., que “impulsa la soberanía y seguridad alimentaria para satisfacer la demanda nacional”. Las cuales apoyan a la realización de la actual investigación. Con el fin de mejorar el desarrollo de la agroindustria y la agricultura campesina, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el desarrollo agronómico de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo en respaldo de lo mencionado por la Asamblea Nacional donde promueve La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura, la cual menciona en su Art. 22, que tiene como propósito la investigación e innovación de los recursos fitogenéticos, es así que la Autoridad Agraria Nacional en coordinación con la institución rectora de la educación superior, ciencia, tecnología e innovación, centros de educación superior y entidades privadas establecerá planes, programas y proyectos para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica en materia de los recursos fitogenéticos y semillas.

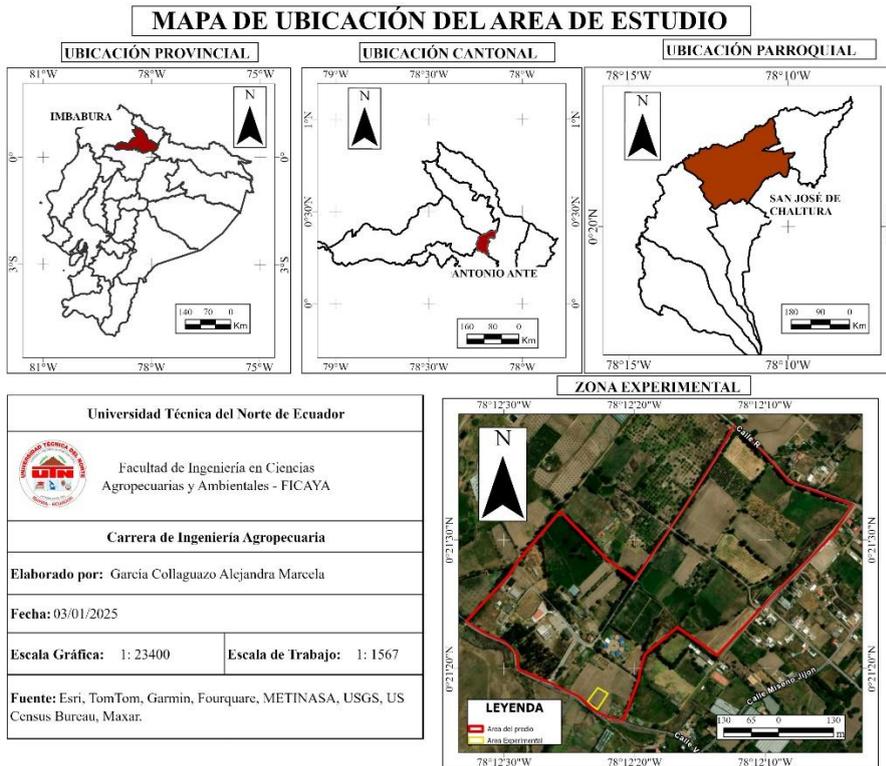
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la “Granja Experimental La Pradera”, ubicada en la parroquia Chaltura del cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura. (Figura 8)

Figura 8

Mapa del área designada para el estudio



4.2 Ubicación geográfica

Las características y la ubicación geográficas del lugar de estudio se detallan en la (Tabla 3).

Tabla 3

Caracterización del área de estudio

Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Lugar	Campus La Pradera
Altitud	2123m s.n.m

4.3 Características Climáticas

Las condiciones agroecológicas y climáticas donde se realizó la investigación:

- Temperatura baja: 9.5 °C
- Temperatura media: 16 °C
- Temperatura máxima: 24 °C
- Precipitación media anual: 500-700 mm
- Humedad relativa: 72%

4.4 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales de campo, equipos, insumos y herramientas se detallan a continuación (Tabla 4).

Tabla 4

Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libreta de campo	Computadora	Fertilizantes	Azadón
Hojas	Impresora	Insecticida	Pala
Letreros	Balanza electrónica		Rastrillo
Cinta métrica	Celular		Bomba de fumigar
Estacas			Martillo
Semillas de trigo			Machete
Piola			

4.5 Metodología

La presente investigación es el segundo ciclo de evaluación de comportamiento agronómico de trigo, se realizó en un área donde no existía cultivos previos, se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con tres bloques y de forma aleatoria, se distribuyó la variedad mejorada y las líneas promisorias. Además, se describió el comportamiento de los factores en estudio en su medio natural, apoyándose de forma cuantitativa con recolección de datos de mediciones sistemáticas, las cuales se emplearon para un análisis estadístico en el programa Infostat.

4.6 Factor en estudio

En el presente estudio se analizaron 4 líneas promisorias de trigo y una variedad mejorada con tres repeticiones de cada unidad.

- 4 líneas promisorias de trigo

N1: Línea promisoría 1

N2: Línea promisoría 2

N3: Línea promisoría 3

N4: Línea promisoría 4

N5: Variedad mejorada de trigo

4.7 Tratamientos

A continuación, se detalla las diferentes líneas que están sujetas a investigación:

Tabla 5

Descripción de líneas de trigo en estudio.

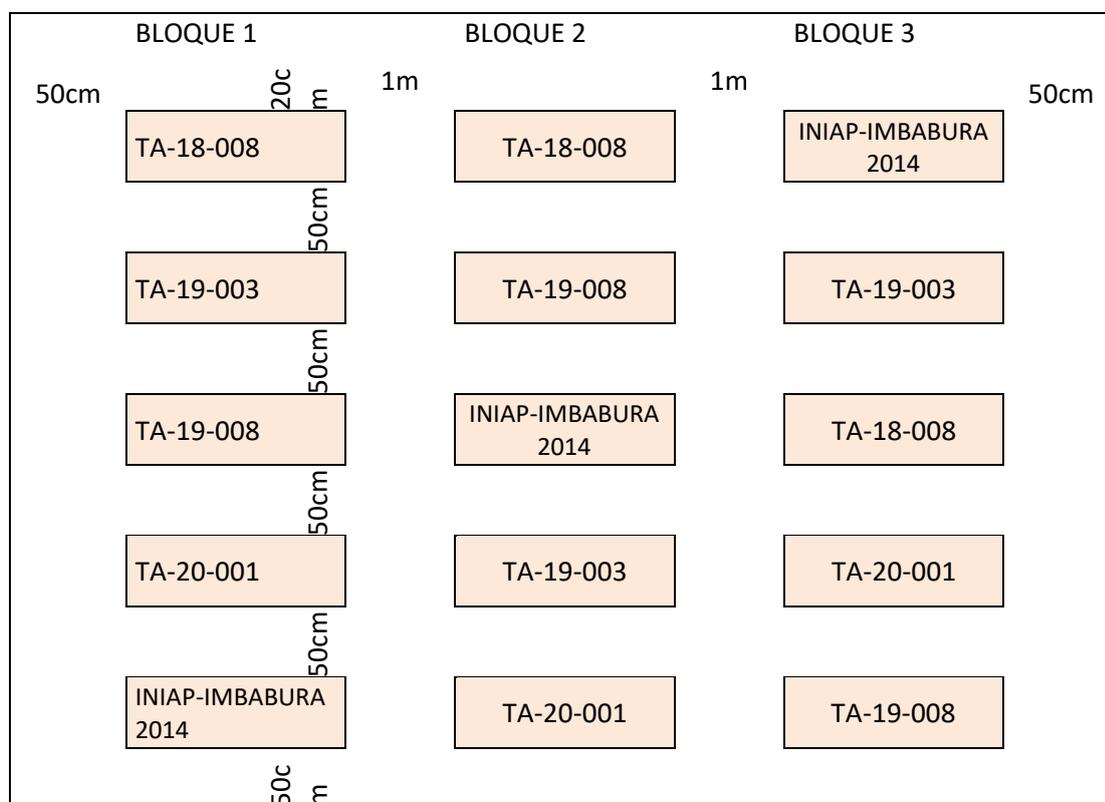
Niveles	Descripción	Código (de ser necesario)
1	Línea promisoría 1	TA-18-008
2	Línea promisoría 2	TA-19-003
2	Línea promisoría 3	TA-19-008
4	Línea promisoría 4	TA-20-001
5	Variedad mejorada de trigo	INIAP-IMBABURA 2014

4.8 Diseño experimental.

El diseño que se implementó para evaluar el comportamiento agronómico del trigo fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Diseño experimental del estudio



4.9 Características del experimento.

- Niveles: 5
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 15
- Área total del ensayo: 89.m²

4.10 Características de la unidad experimental

Tabla 6

Descripción de la unidad experimental

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental	3.6 m ²
Largo de la parcela	3 m
Ancho de la parcela	1.2 m
Distancia entre unidad experimental	0.50 m
Distancia entre bloques	1 m
Densidad de siembra	15 (g m ²) ⁻¹
Surcos a 15 cm	8

4.11 Análisis estadístico

A continuación, se presenta los grados de libertad del experimento (Tabla 7).

Tabla 7
Esquema Adeva

Fuente de variación	Formula	Gl
Total	$(t \cdot R) - 1$	14
Bloques	$(t - 1)$	2
Variedades	$(R - 1)$	4
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	8

4.12 Variables evaluadas

El INIAP (2019) en su gestión creó una guía con información de las diferentes características del desarrollo de cereales evaluados en la investigación, como se describe a continuación:

4.12.1 Emergencia

Este parámetro se evaluó en la fase de desarrollo Z 12 o Z 13, o para tener más claro, una vez que haya presencia de 2 o 3 hojas formadas. Al ser un parámetro de evaluación visual se muestra a continuación las escalas correspondientes a emergencia en la Tabla 8 y Figura 10 (Garófalo et al., 2011).

Tabla 8
Escala de germinación

Escala	Descripción
Bueno	81-100% plantas germinadas
Regular	60-80% plantas germinadas
Malo	<60% plantas germinadas

Fuente: Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 10

Evaluación de porcentaje de emergencia



4.12.2 Días al espigamiento

Se realizó de forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad. (Zadoks es la Z 55, mitad de la inflorescencia emergida) (Figura 11). Es recomendable hacer lecturas continuas debido a que los materiales florecen en diferentes días (Garófalo et al., 2011).

La temperatura es uno de los factores más influyentes en el tiempo de espigamiento. Las zonas más altas, como la Sierra, tienen temperaturas más bajas que ralentizan el desarrollo de las plantas de trigo, lo que lleva a un espigamiento más tardío. En cambio, las zonas más cálidas como la Costa aceleran este proceso (Rodríguez et al., 2019).

Figura 11

Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar los días al espigamiento en cereales.



4.12.3 Altura de planta

Cuando la planta alcanzó la madurez fisiológica, se midió con la cinta métrica desde la base de la planta hasta el inicio de la espiga de cada parcela, excluyendo las aristas. Según la escala de Zadoks es la Z 91, cariósipide duro (difícil de dividir) (Figura 12) (Garófalo et al., 2019).

Figura 12

Plantas que presentan diferencia de altura en campo.



4.12.4 Rendimiento de grano

Es la producción potencial en grano de cada material, es un parámetro importante para la evaluación, este valor esta dado en gramos por parcela, y transformarlo a k ha^{-1} , para obtener el rendimiento potencial estimado, donde se consideró 10% de pérdida por postcosecha. Para esta variable, el grano tiene que estar con 13% de humedad y limpio (Figura 13) (Garófalo et al., 2011).

Figura 13

Evaluación del rendimiento del grano.



4.12.5 *Peso de 100 granos*

Consistió en un peso alcanzado por 100 granos seleccionados al azar. Cuanto mayor sea el peso, mayor será el rendimiento potencial del cultivo. Para ello se utilizaron balanzas electrónicas configuradas en gramos (Figura 14) (Garófalo et al., 2011).

Figura 14

Evaluación de la variable peso de mil granos

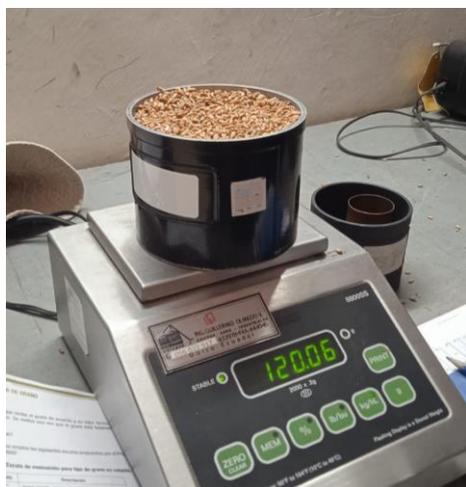


4.12.6 *Peso hectolítrico*

Para esta variable se utilizó una báscula hectolítrica, del programa de cereales de la Estación Experimental INIAP-Santa Catalina, con el siguiente método: se colocó una proporción de grano en la tolva cónica del instrumento suficiente para llenar un contenedor cilíndrico de 1 litro, con una regla se procedió a nivelar el borde superior de los granos y se pesó en gramos sobre litro (g l^{-1}), lógicamente se debe cambiar los g l^{-1} a kg hl^{-1} para obtener el puntaje solicitado (Figura 15).

Figura 15

Evaluación de la variable peso hectolitrito



4.12.7 Enfermedades del cultivo de trigo

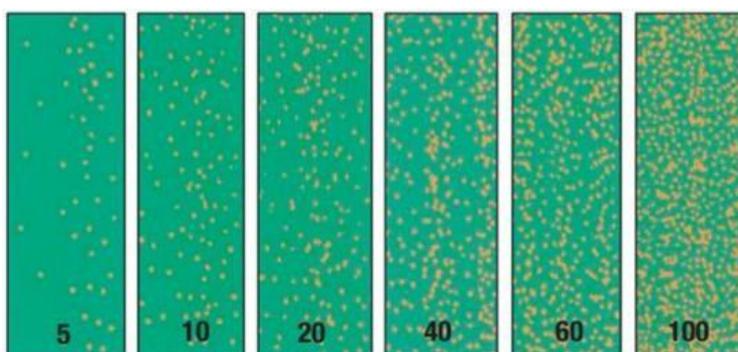
Se evaluó la severidad de las patologías en las plantas a través de la escala modificada de Cobb, donde se cuantificó la existencia y el mal provocado por las royas (Ponce et al., 2019). La evaluación de patologías se la hace en 2 estados de desarrollo fenológico, la primera en la Z37 y Z39, y la segunda en la Z55 y Z59.

4.12.8 Royas

Para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, empleamos la escala modificada de Cobb (Figura 16) Para determinar el tipo de reacción a royas se usa la siguiente escala (Tabla 10).

Figura 16

Escala de severidad de roya en hojas según la metodología del CIMMYT, (2007)



Nota. Se observa la escala de severidad de roya en el cultivo de trigo: ilustrado por CIMMYT, (2007)

Tabla 10

Escala para determinar el tipo de reacción en royas

Reacción	Descripción
0	Ningún síntoma visible en la planta
R	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias.
MR	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
M	Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos
MS	Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis
S	Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis

Fuente: Ponce-Molina et al. (2019)

4.12.9 Virus del enanismo amarillo (Brley Yellow Dwarf Virus, BYDV)

La evaluación se realizó de forma visual y se utilizó la escala descrita por Schallery Qualset (1980) para determinar el grado de daño causado por virosis (Tabla 11) (Figura 17).

Tabla 11*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.

Fuente: Ponce-Molina

Figura 17*Virus del enanismo amarillo*

Nota. Se observa la presencia del virus del enanismo en el cultivo de trigo: ilustrado por CIMMYT, (2007).

4.12.10 Tipo y color de grano

Esta es la calificación que recibe el grano en función de su color, forma, tamaño, uniformidad o daño. Aquí se evaluó cuando el grano estuvo completamente seco. Dependiendo de la escala propuesta por el Programa de Cereales del INIAP (Tabla 9, Figura 18) (Garófalo et al., 2011).

Tabla 9

Escala de evaluación para tipo de grano en trigo

Escala	Descripción
1	Grano grueso, grande, bien formado, limpio
2	Grano mediano, bien formado, limpio
3	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado

Fuente: Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 18

Evaluación del tipo y color del gran



4.13 Manejo específico del experimento

4.13.1 Selección del lote

El lote donde se realizó los ensayos cumplía con los siguientes aspectos: el lote no fue cultivado con ningún cereal el ciclo anterior. Es recomendable que no exista más del 5% en pendientes (Garófalo et al., 2011) (Figura 19).

Figura 19

Selección del lote



4.13.2 Preparación del suelo

Un terreno bien preparado favorece la germinación y facilita el establecimiento del cultivo por ello la preparación de suelo se realizó con anticipación (dos meses antes de la siembra), garantizando que exista una adecuada descomposición de las malezas y residuos orgánicos presentes en el lote (Figura 20).

Figura 20

Preparación del suelo (arada y rastra)



4.13.3 Desinfección de semilla

La semilla fue desinfectada con Fludioxonilo (Celest) en dosis de $2 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$ de semilla. La desinfectada ayuda a reducir la diseminación de enfermedades transmitidas por semilla como son: carbones, septoria y algunas especies de *Fusarium* sp., entre los más importantes (Garófalo et al., 2011).

4.13.4 Siembra

La siembra del presente trabajo se desarrolló de forma manual, cada bloque experimental contó con la cantidad de semilla impartida por INIAP (Figura 21).

Figura 21

Sobre con semilla para siembra manual



4.13.5 Fertilización

Con el fin de obtener mayor conocimiento del área experimental, se llevó a cabo un análisis de suelo que proporcionó datos detallados sobre el contenido nutricional, acidez y relaciones del suelo (Tabla 12).

Tabla 12*Análisis nutricional s de la zona de estudio*

Parámetro	Valor
pH del suelo	7.31
Materia orgánica (%)	1.73
Nitrógeno total (ppm)	67.31
Fósforo disponible (ppm)	20.45
Potasio disponible (meq 100 g ⁻¹)	0.37
Calcio (meq 100 g ⁻¹)	10.57
Magnesio (meq 100 g ⁻¹)	3.66
Azufre (ppm)	8.64
Hierro (ppm)	65.0
Manganeso (ppm)	10.5
Zinc (ppm)	2.0
Cobre (ppm)	7.6
Boro (ppm)	0.59
Ca/Mg	2.89
Mg/k	9.76
Ca+(Mg K ⁻¹)	37.96
Σ Bases (meq 100 g ⁻¹)	14.61

Para el ensayo se aplicó fertilización recomendada por el INIAP (Figura 22).

Figura 22*Fertilización del ensayo*

4.13.6 Control de arvenses

El control de arvenses consistió en la aplicación de un herbicida específico para malezas de hoja ancha, metsulfurón-metil en la etapa del macollamiento en la etapa de Zadoks (Z20), en dosis recomendada por el fabricante (30g ha⁻¹) (Figura 23).

Figura 23

Aplicación de herbicida para el control de arvenses



4.13.7 Controles fitosanitarios

En el ensayo de investigación se evaluó la incidencia y severidad de las principales enfermedades, por lo que no se realizó aplicaciones de agroquímicos para el control de enfermedades (Figura 24).

Figura 24

Muestra de la severidad de enfermedades en el ensayo.



4.13.8 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, usando una hoz como herramienta de apoyo, esto una vez que las plantas llegaron a su madurez de campo y también se tomó en cuenta las condiciones del medio ambiente (Figura 25).

Figura 25

Cosecha del ensayo de trigo.



4.13.9 Trilla

La trilla se realizó de forma mecánica utilizando una trilladora para experimentos. El grano trillado fue almacenado en fundas de tela con una etiqueta que contenga la suficiente información para diferenciar cada bloque (Figura 26).

Figura 26

Máquina de trilla y etiquetado del ensayo.



4.13.10 Beneficio de la semilla

Posterior a la cosecha y trilla, se procedió al secado de la semilla hasta obtener una humedad de grano del 13% o menor a esta, con el fin de realizar la limpieza del grano. El ensayo fue almacenado en fundas de tela en un ambiente seco que permitió la aireación (Figura 27).

Figura 27

Lugar de almacenamiento del ensayo



IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada variable según los objetivos de estudio.

6.1 Porcentaje de Emergencia

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza se evidenció que para la variable emergencia no existen diferencias significativas entre líneas promisorias y variedad mejorada de trigo ($F=0.40$; $gl=4, 8$; $p<0.8038$).

Tabla 13

Analisis LSD Fisher de la variable porcentaje de emergencia para las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.

Código	% Emergencia		E.E
INIAPIMBABURA2014	95	±	1.67
TA-18-008	93	±	2.89
TA-19-003	93	±	4.41
TA-19-008	93	±	1.67
TA-20-002	90	±	2.89

La variable emergencia fue medida bajo parámetros descriptivos donde se estimó el número de plantas emergidas en la parcela o campo experimental. Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes (Ponce y Garófalo, 2019). En el presente estudio este parametro se considera como bueno por tener mas del 90% de plantas emergidas de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo despues de haber transcurrido 13 días desde la siembra (Tabla 13).

Los resultados obtenidos difieren un poco con lo observado por Pichucho (2022) ya que, en su investigación realizada en el campus Ceasa se obtuvo que para la variable emergencia la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 presentaba el 100% categorizándole en la escala como (buena), la diferencia en el campus La Pradera de la misma variedad es del 7% menos. Por otro lado, en la investigación de Pichucho (2022), se evidenció que la línea TA-19-003 es la que obtuvo el porcentaje más bajo con un 85% en la escala, en comparación con la presente investigación se mostró que la misma línea aumento su porcentaje de emergencia en un 8% en el campus La Pradera.

También se puede apreciar que la variedad TA-20-001 obtuvo el mejor resultado de emergencia con una escala de 95 % lo que la categoriza como Buena en la presente investigación, y que tiene similar comportamiento en el estudio de Pichucho en el campus Ceasa.

Las condiciones del campus La Pradera resultaron ideales para evaluar el comportamiento agronómico del trigo ya que a los 13 días después de la siembra se evidenció que para la variable emergencia el resultado fue favorable en todas las variedades evaluadas con una escala de más del 90%, esto debido a que el experimento se implementó en un área donde no hubo cultivos previos a la siembra, además, la presente investigación se efectuó en el mes de febrero donde las condiciones climáticas mostraron poca presencia de lluvias ayudando al cultivo ya que este cereal es sensible al exceso de agua. Según lo mencionado por Villalba (2023) un rápido establecimiento y un mayor crecimiento inicial proporcionan al cultivo ventajas para el aprovechamiento de recursos.

6.2 Días al espigamiento

Para la variable días al espigamiento se identificó que la línea TA-18-008 presentó aparición de espigas a los 71 días ubicándose como la más precoz, luego le sigue las líneas TA-19-003, TA-19-008 y variedad INIAP IMBABURA 2014 con 76 días y la línea que tardó más con 78 días al espigamiento fue TA-20-001. En la estación Santa Catalina en Quito, la variedad INIAP IMBABURA 2014 dentro de sus características agronómicas registró un promedio de 85 días al espigamiento (INIAP, 2014).

En el estudio realizado por Catota (2023) que fue el primer ciclo, se evidenció una diferencia notable en los días a espigamiento de las líneas, por ejemplo las más precoces fueron TA-18-008 e INIAP IMBABURA 2014 con 55 días, mientras que en el segundo ciclo de la presente investigación se tardó 16 y 21 días más respectivamente, aún así se ubican como las más precoces, presencia de lluvias pudo ser un factor que influyó este comportamiento. Según Ponce et al. (2020) estos valores están sujetos a factores externos al germoplasma como; suelo, riego, condiciones climáticas y fertilización. Por ejemplo las variedades TA-19-008 y TA-19-003 se evidenciaron como las más tardías con 66 días que resulta una diferencia menor con 10 días en comparación con el segundo ciclo, luego le sigue la variedad TA-20-001 con 12 días de diferencia.

La temperatura es un factor crítico en el desarrollo del trigo, especialmente en su transición del período vegetativo al reproductivo, proceso conocido como vernalización. Según la Red de Alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía (RAIF), detalló que temperaturas por debajo de 10 °C son suficientes para satisfacer las necesidades de vernalización en trigo. Sin embargo, la duración del período de frío es crucial; si este es más corto que el óptimo, se pueden observar efectos negativos en el rendimiento del cultivo. Específicamente, se ha reportado que una vernalización insuficiente produce un retraso en la fecha de espigado y en la diferenciación floral (Junta de Andalucía, 2022).

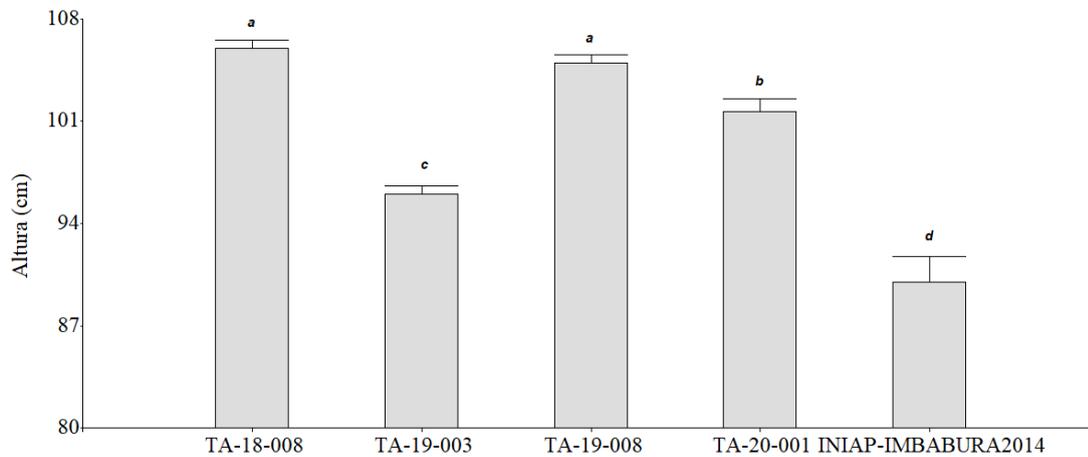
6.3 Altura de la planta

Conforme con los resultados del análisis de varianza para la variable altura de la planta se determinó que si existe diferencias significativas en el tamaño final que han alcanzado las plantas durante su desarrollo en estudio ($F=$; 46.94; $gl=$ 4, 8; $p<0.0001$).

Las pruebas de media LSD Fisher con nivel de significancia del 5% para la variable altura de la planta indicó que la variedad mejorada INIAP-IMBABURA2014 y la línea TA-19-003 muestran menor altura de los códigos evaluados con un promedio de 90 cm y 96 cm respectivamente, además de tener una diferencia de 16 cm y 10 cm menos respectivamente de la línea TA-18-08 que en la presente investigación presentó mayor altura con un promedio de 106 cm, seguida de la línea promisorio TA-19-008 con un promedio de 105 cm. En la Figura 28 se puede observar el comportamiento y la diferencia de altura de la planta de cada germoplasma evaluado. Según Borrero (2015), la altura promedio ideal de las plantas de trigo suele variar dependiendo de la variedad cultivada, el ambiente y las prácticas de manejo. Sin embargo, en general, la altura promedio de las plantas de trigo varía entre los 70 cm y 100 cm para las variedades comunes de trigo de invierno y primavera.

Figura 28

Altura de la planta de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo



Al realizar una comparación con Catota (2023) en su investigación del campus La Pradera como primer ciclo de evaluación del mismo germoplasma se encontró una ligera diferencia de altura, donde la línea TA-20-001 es la que presentó mayor altura ubicándose primera con un promedio de 101.72 cm seguida de la línea TA-19-003 con un promedio de 95.52 cm, en la presente investigación la diferencia más notable de TA-20-001 es su ubicación por estar en el tercer lugar con un promedio menor en 0.05 cm. La variedad INIAP IMBABURA 2014 tiene mismo comportamiento en altura de la planta con el primer y segundo ciclo con un promedio de 90 cm. Las alturas están determinadas por características morfológicas e influenciadas del medio, fotoperiodo y temperaturas para alcanzar su altura apropiada (Pozo, 2024).

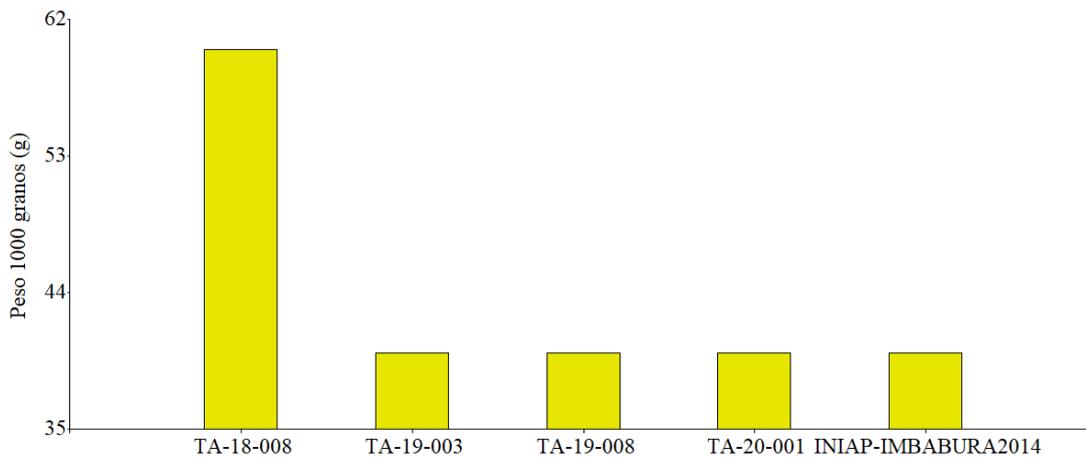
En la investigación realizada en el campus Ceasa por Pichucho (2022) se observó una altura similar en la línea TA-18-008, con un promedio de 105.44 cm, lo que representa una diferencia de solo 0.56 cm en comparación con el promedio registrado en el campus La Pradera durante el segundo ciclo. Sin embargo, la variedad INIAP IMBABURA 2014 mostró un aumento de 6 cm en altura en comparación con el segundo ciclo en el campus La Pradera.

6.4 Peso de 100 granos

En la Figura 29 se representa el comportamiento del peso de 100 granos seleccionados al azar de manera gráfica. En este análisis, se destaca que la línea TA-18-008 exhibe un tamaño superior en el estudio, con un promedio de 60 gramos. Esta cifra supera en 20 gramos al resto de líneas promisorias y variedad mejorada. Se conoce que mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo. Este es un parámetro que se utiliza para calcular la densidad de siembra.

Figura 29

Peso de 100 granos de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.



En los resultados de la evaluación del primer ciclo por Catota (2023) se evidenció la existencia de diferencia significativa para el análisis de LSD Fisher donde la línea TA-18-008 obtuvo un peso mayor con un promedio de 51.67 gramos y la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 con 43.33 gramos. Las líneas con un peso menor fueron TA-19-003 y TA-19-008 con un promedio de 41.66 gramos cada una. Estos datos difieren con respecto a la investigación del segundo ciclo donde se puede observar un alza en el peso de la línea TA-18-008 con 8.33 gramos y una baja en el resto del material, por ejemplo, la variedad INIAP IMBABURA 2014 descendió en 1.66 gramos. Prácticamente en el segundo ciclo todo el germoplasma a diferencia de TA-18-008 disminuyó y se homogenizó su peso en un promedio de 40 gramos.

6.5 Rendimiento t ha⁻¹

En base a los resultados del análisis de varianza que se muestra en la Tabla 14, se observa que para la variable rendimiento t ha⁻¹, se determinó que no existe diferencias significativas para la variedad mejorada y líneas promisorias de trigo (F=1.49; gl=4, 8; p<0.2917).

Tabla 14

Análisis de varianza de Rendimiento t ha⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	F-value	p-value
Código	4	8	1.49	<0.2917

Nota. Código = líneas promisorias y variedad mejorada de trigo

A continuación, en la Tabla 15 de la prueba estadística LSD de Fisher con valor de 5 % se muestra que no existe diferencia significativa de la variable rendimiento t ha⁻¹ de la variedad mejorada y líneas promisorias de trigo.

Tabla 15

Análisis LSD Fisher de la variable rendimiento para las líneas promisorias y variedad mejorada.

Código	t ha⁻¹
TA-18-008	6.72 ± 0.34
INIAP-IMBABURA2014	6.95 ± 0.34
TA-19-003	7.01 ± 0.34
TA-19-008	7.38 ± 0.34
TA-20-001	7.79 ± 0.34

Según los resultados de la presente investigación, se pudo observar que existe una variación significativa en el comportamiento de los germoplasmas durante el primer ciclo, esto debido a que en el análisis estadístico LSD Fisher por Catota (2023) se evidenció que si existió diferencia significativa entre las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo. En el primer ciclo los datos recopilados para la variable de rendimiento revelaron que la línea TA-19-003 fue la que logró el mayor rendimiento con un promedio de 5.35 t ha⁻¹. Sin embargo, en un

estudio previo realizado por Pichucho (2022) se señala que la línea TA-18-008 exhibió un rendimiento superior de 6.28 t ha⁻¹ ubicándola como la línea con mayor rendimiento, superando así los datos obtenidos en el campus de Chaltura durante el primer ciclo.

Los datos obtenidos en La Pradera durante el segundo ciclo mostraron que la línea que obtuvo el mayor rendimiento fue TA-20-001, con un promedio de 7.79 t ha⁻¹, superando así al primer ciclo en 3.2 t ha⁻¹. Este aumento en el rendimiento también se evidenció en la variedad mejorada, que registró un promedio superior de 2.58 t ha⁻¹ en comparación con el primer ciclo, Abati, et al. (2018) afirman que se obtiene mejor desempeño del cultivo proveniente de semillas certificadas o de vigor por mostrar más rápido el establecimiento de plántulas.

6.6 Peso hectolitrito

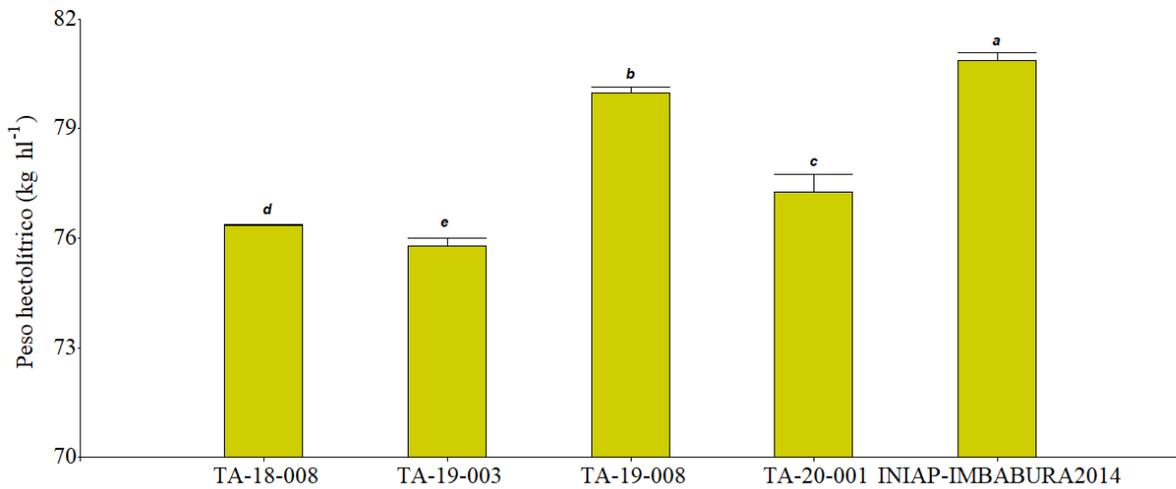
Conforme con los resultados del análisis de varianza para la variable peso hectolitrito, se determinó que existe diferencias significativas entre las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo ($F=70,5$; $gl=4,8$; $p<0.0001$).

En el segundo ciclo de la presente investigación las pruebas de media LSD Fisher para la variable peso hectolitrito mostraron que la línea promisoría TA-19-003 presentó el menor peso hectolitrito del estudio con un promedio de 75.77 kg hl⁻¹, luego le sigue la línea TA-18-008 con una diferencia de 0.58 kg hl⁻¹. Por otro lado, la variedad mejorada INIAP-IMBABURA2014 es la que obtuvo mayor peso hectolitrito con un promedio de 80.88 kg hl⁻¹ diferenciándose de la menor con 5.11 kg hl⁻¹.

En la Figura 30 se muestra el peso hectolitrito de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo, donde se evidenció que la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 registró mayor peso del grano en un volumen específico. Tanto el peso de granos y el peso hectolitrico mejoran cuando el área de siembra no presenta cultivos previos y cuando se realiza una fertilización nitrogenada (Loste et al., 2019).

Figura 30

Peso Hectolítrico de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo



En la investigación realizada por Catota (2023), se observó que la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 alcanzó un rendimiento superior en el peso hectolítrico, con un promedio de 74.41 kg hl⁻¹, seguida la línea TA-20-001 con 73.89 kg hl⁻¹. Por otro lado, la línea TA-19-003 registró el menor peso hectolítrico, con una media de 69.76 kg hl⁻¹. Este comportamiento del germoplasma evaluado difiere con la presente investigación, ya que los resultados obtenidos mostraron un aumento en el segundo ciclo de evaluación, donde se evidenció un incremento de peso hectolítrico tanto en la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 que supera en 6.47 kg hl⁻¹ al primer ciclo y la línea TA-19-003 en 6.01 kg hl⁻¹.

Finalmente, al comparar con la investigación previa de Pichucho (2022) se destaca que la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 exhibe el mayor peso hectolítrico, con un promedio de 74.42 kg hl⁻¹. La diferencia entre este valor y el obtenido en la presente evaluación es mínima, apenas 6.46 kg hl⁻¹ más, lo que demuestra que el comportamiento de las líneas promisorias y la variedad mejorada de trigo ha experimentado un aumento gradual en su peso hectolítrico en cada ciclo.

6.7 Incidencia a enfermedades

6.7.1 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación ($gl=8$; $\chi^2=0.5366$) entre las líneas promisorias y variedad mejorada evaluadas en el presente trabajo con respecto al virus del enanismo amarillo (Tabla 16).

Tabla 16

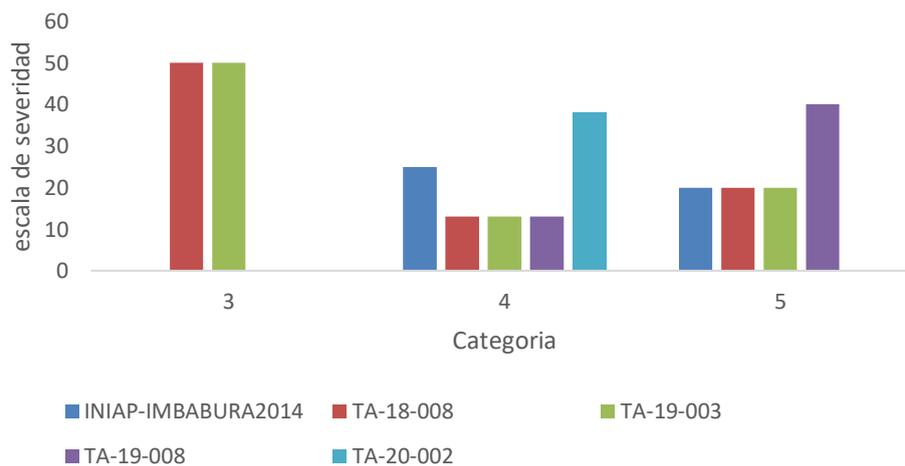
Análisis de la tabla de contingencia de los datos cualitativos para la variable virus del enanismo

Estadístico	Valor	Gl	P
Chi Cuadrado Pearson	7	8	0.5366

De acuerdo con los resultados de frecuencias absolutas con respecto al análisis del virus del enanismo amarillo (Tabla 16) se pudo observar que las líneas TA-18-008 y TA-19-003 representan el 13.3 % del material evaluado con el grado numero 3 (amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento). Las tres repeticiones de la línea TA-20-001 muestran un grado 4 (amarillamiento moderado o extenso, sin enanismo). El resto de las líneas y variedad mejorada también alcanzan el grado 4, al menos en una repetición, representando en total el 53.33% del germoplasma evaluado. Finalmente, las líneas promisorias y variedad mejorada alcanzaron un 33.33% en el grado 5, caracterizado por (amarillamiento más extenso, un vigor de la planta moderado o pobre, y cierto enanismo) (Figura31).

Figura 31

Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus).



En los resultados del primer ciclo de evaluación de las líneas promisorias y variedad mejorada por Catota en (2023) sobre la presencia de virus del enanismo amarillo, se observaron los mismos tres grados que se están considerando en el presente estudio (grado 3, 4 y 5). Además, se destacó la ausencia de grados más altos en la escala de virosis para ambos ciclos de

evaluación. El mismo comportamiento se registró en el campus Ceasa de Cotopaxi en el trabajo de investigación por parte por Pichucho.

Según Pichucho (2022), la presencia del virus puede variar, dado que es transmitido por plagas como el pulgón (*Aphididae*). Aun así las líneas promisorias y variedad mejorada mostraron similar grado en la escala de virosis tanto en Cotopaxi como Imbabura, evidenciando que la línea TA-18-008 es la mejor en las tres investigaciones por presentar el menor grado 3 (amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento) indicando que tiene mayor resistencia ante el BYDB, le sigue la variedad INIAPIMBABURA 2014, con un valor de 4 en la escala mostrando que es susceptible, finalmente presentado un amarillamiento más extenso y enanismo son las líneas TA-19-008 y TA-20-001. Según la investigación de García (2014), asegura que la dosis excesivas de N o carencia del mismo en el suelo puede afectar el rendimiento de trigo por vuelco y mayor susceptibilidad a patógenos.

6.7.2 Mancha de la hoja

De acuerdo con la Tabla 17 del análisis de varianza, se observa que para la variable mancha de la hoja no existe diferencias significativas entre las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo del estudio ($F=2,17$; $gl=4,8$; $p<0.1635$).

Tabla 17

Análisis de varianza de mancha foliar de las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	F-value	p-value
Código	4	8	2.17	<0.1635

En el segundo ciclo de evaluación de las líneas promisorias y la variedad mejorada, se observó la presencia de infecciones por roya de la hoja (*Puccinia triticina*) a los 32 días y su pico más alto de infección se registró a los 50 días. En la Tabla 18 se muestra como las líneas TA-18-008 y TA-19-008 se identificaron como las más afectadas entre las líneas promisorias con un promedio de 3 % y 2.33% respectivamente. También se pudo observar que la variedad mejorada es ligeramente resistente a la infección por mantener sus datos en la primera y

segunda toma con un promedio de 1.67%. Finalmente se detectó que la línea más resistente fue TA-19-003 con un promedio de 1%, el más bajo registrado en la evaluación del germoplasma.

Tabla 18

Análisis LSD Fisher de la variable mancha foliar para las líneas promisorias y variedad mejorada.

Código	% Mancha Foliar	
TA-18-008	3 ±	0.52
TA-19-008	2.33 ±	0.52
INIAP-IMBABURA2014	1.67 ±	0.52
TA-20-001	1.67 ±	0.52
TA-19-003	1 ±	0.52

En comparación con los resultados propuestos por Catota (2023) se puede distinguir ligeras diferencias en el comportamiento de las líneas promisorias y variedad mejorada frente a las infecciones por roya de la hoja (*Puccinia triticina*), por ejemplo, la línea TA-19-003 no presentó ninguna infección, manteniendo un nivel de severidad del 0% lo que no se pudo constatar en el segundo ciclo ya que su porcentaje fue del 1%. De manera similar, la línea TA-20-001 demostró una alta resistencia, ya que su porcentaje de severidad se mantuvo constante. Finalmente, la variedad INIAP IMBABURA 2014 mostraron la mayor incidencia de infección por mancha foliar.

Pichucho (2022) las temperaturas mínimas, óptimas y máximas para que germinen las esporas se citan de 15; 24 y 30°C, además se requiere un mojado de hoja de 6 a 10 h. En sus resultados se pudo observar que la línea promisoría TA-19-008 se clasifica como susceptible (S) a la roya amarilla, con una media del 40% de severidad. En contraste, la línea TA-19-003 se destaca como medianamente resistente (MR), con un promedio del 5% de severidad, posicionándola como la mejor opción en términos de resistencia a esta enfermedad. También cabe destacar que la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 es medianamente resistente, lo cual hace que su comportamiento sea similar al segundo ciclo de evaluación en Chaltura.

Finalmente, la variedad mejorada INIAP IMBABURA 2014 también mostró resultados favorables en la investigación realizada por Pozo en (2023) donde se registró como la más resistente a la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) con una severidad del 26%. Además, en la investigación de Galarza (2023), se destacó que esta variedad experimentó pocos problemas, con un promedio de severidad del 27.5%.

6.8 Tipo y color de grano

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existió asociación ($gl=4$; $\chi^2=0.0047$) entre las líneas y variedad mejorada evaluadas el tipo y color de grano (Tabla 19).

Tabla 19

Análisis de la tabla de contingencia de los datos cualitativos tipo y color de grano

Fuente de variación	Valor	GL	P
Código	15	4	<0.0047

Nota. Código = líneas promisorias y variedad mejorada de trigo

Los resultados de la presente evaluación revelan que el 60% del material (Figura 32), representado por las líneas TA-18-008, TA-19-003 y TA-20-001, se clasifica dentro de la categoría cualitativa de grano blanco. El resto de las muestras, como INIAP IMBABURA 2014 y TA-19-008, se encuentran en la categoría de grano rojo con 40%. Además, es fundamental destacar que todo el germoplasma evaluado durante el segundo ciclo en el campus La Pradera obtuvo una calificación de 2 en la escala de tipo de grano (grano mediano, bien formado y limpio), lo que sugiere una mejora significativa en la calidad del grano.

Figura 32

Tipo y color de grano



Conforme los datos registrados del primer ciclo de investigación por Catota (2023), se destaca que la línea TA-18-008 obtuvo la categoría cualitativa de grano blanco (grueso, bien formado y limpio), las líneas TA-19-003 y TA-20-001 se clasificaron como grano blanco (mediano, bien formado y limpio). Por otra parte, la variedad INIAP-IMBABURA 2014 mostró la menor calidad de grano, ubicándose en la categoría de grano rojo (pequeño, delgado, manchado, chupado). En comparación con la presente investigación se evidencia que el comportamiento

difiere con el primer ciclo, ya que la variedad INIAP IMBABURA 2014 alcanzó la categoría cualitativa de grano (mediano, bien formado y limpio) y la línea TA-18-008 descendió a la misma categoría de la variedad mejorada.

Al comparar los materiales evaluados en el segundo ciclo con los resultados obtenidos por Pichucho (2022) en el campus Ceasa, se confirma que existe un comportamiento diferenciado. Por ejemplo, la variedad INIAP IMBABURA se caracteriza por tener granos rojos (pequeños, delgados, manchados, chupados), mientras que la línea TA-18-008 presenta granos blancos (gruesos, bien formados y limpios). Estos hallazgos son consistentes con los resultados previamente reportados por Catota (2023).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.1 CONCLUSIONES

Con el fin de identificar cuál de las líneas promisorias o variedad mejorada presenta mejor rendimiento se realizó un estudio de comparación en la granja La Pradera donde el resultado de la línea TA-20-001 mostró características morfológicas y agronómicas favorables por alcanzar el espigamiento a los 78 días, con peso hectolítrico de 73.89 kg hl⁻¹ y un rendimiento promedio de 7.79 t ha⁻¹, lo que sugiere su idoneidad para investigaciones futuras. Por otro lado, la variedad INIAP IMBABURA 2014 reflejó un peso hectolítrico de 80.88 kg hl⁻¹.

Las líneas TA-20-001 y TA-18-008 demostraron resistencia a las infecciones por el virus del enanismo amarillo del trigo y la roya de la hoja, consolidando así su potencial como recursos genéticos para la mejora de la resistencia a enfermedades en el cultivo. Por otro lado, la variedad INIAP-IMBABURA 2014 exhibió una respuesta medianamente resistente frente al virus del enanismo amarillo, lo que resalta su capacidad para tolerar ciertos patógenos. Estos hallazgos subrayan la importancia de la selección y mejora genética de estas líneas y variedades en la búsqueda de cultivares más resistentes y aptos para sistemas de producción de trigo. En contraposición, las restantes líneas mostraron una mayor susceptibilidad a la virosis y la mancha foliar, lo que sugiere explorar estrategias de manejo integrado de enfermedades para mitigar los riesgos asociados a estas enfermedades.

La línea TA-20-001 emerge como candidata prometedoras debido a su destacado desempeño en cuanto a calidad de grano por obtener la calificación de 2 en la escala de tipo de grano lo que indica una mejora significativa en las características físicas del grano, como su tamaño, si esta bien formado y limpio. Además, se clasificó con el grano de color blanco. Por otro lado, la variedad mejorada INIAP-IMBABURA 2014 exhibe similitudes en su calidad de grano excepto en su color ya que es un germoplasma de grano rojo.

7.1.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el tercer y último ciclo de evaluación bajo diferentes condiciones con el fin de determinar de manera exhaustiva el potencial productivo de las líneas identificadas como prometedoras. Este proceso permitirá la selección de las mejores variedades para su posterior liberación como cultivares mejorados, beneficiando así a los agricultores del Ecuador. Es esencial llevar a cabo estudios adicionales que aborden la adaptabilidad y estabilidad de estas líneas en una variedad de ambientes, así como la evaluación de su resistencia a factores bióticos y abióticos, para garantizar su éxito en diferentes regiones agrícolas del país.

Se sugiere la innovación tecnológica en áreas como fertilización y manejo fitosanitario. Además, se recomienda mantener las relaciones estratégicas para colaborar en investigaciones conjuntas para aprovechar recursos y conocimientos adicionales. Este enfoque multidisciplinario permitirá desarrollar procesos que conduzcan a una producción sustentable, contribuyendo así a la seguridad alimentaria del país. Estas acciones son fundamentales para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos, asegurando al mismo tiempo la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

Es recomendable continuar con el proceso de selección y mejora genética de las variedades de trigo, enfocándose en aquellas que demuestren un alto potencial tanto en calidad de grano como en rendimiento. Dado que el trigo de grano blanco tiene una mayor demanda en el mercado ecuatoriano, se sugiere priorizar la investigación y el desarrollo de variedades con características que se alineen con las preferencias del consumidor, como granos bien formados, limpios y de calidad superior. Además, se debe explorar la posibilidad de diversificar la oferta de trigo integrando variedades de grano rojo para atender el segmento creciente de consumidores interesados en productos más nutritivos y con mayor contenido de fibra.

BIBLIOGRAFIA

- Abati, J.; Brzezinski, C.R.; Zucareli, C.; Foloni, J.S.S.; Henning, F.A. (2018). Growth and yield of wheat in response to seed vigor and sowing densities. *SciELO*, pp
- Alcides Ruben Villalba, Milda Ayal
a Mendoza . (2023). interacción del vigor de la semilla y dosis de nitrógeno en cobertura en el rendimiento del trigo . *revista de la Sociedad Científica del Paraguay* .
- Borrero, J., & Rojas, F. (2015). *Guía técnica para el cultivo de trigo en la región andina*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6096>
- Castillo, J., & López, M. (2019). *Impacto de Fusarium en la producción de trigo en las zonas agrícolas de Ecuador* . *Revista Ecuatoriana de Fitopatología*, 12(2), 34-45.
<https://doi.org/10.1234/rev.ecu.fitop.2019.021>
- Catota, M. (2024). *comportamiento agronomico de cinco líneas promisorias de trigo (Triticum aestivum.L) en la granja La Pradera, Chaltura-Imbabura. Ibarra* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15550>
- Ganadería, M. d. (2019). *Boletín Situacional trigo* . Quito .
- Carrera. (2005). *Prontuario de Agricultura Cultivos Agrícolas* . Madrid : Mundi-Prensa
- CIMMYT. (2011). *Análisis de riesgo para el trigo genéticamente modificado*. Obtenido de Recuperado el 2013, de Consulta Pública: <http://start.iminent.com/StartWeb/3082/homepage/#q=clasificacion%20trigos>
- Cuarán , F., Otavalo , C., & Tafur , G. (2010). *Manual de Cultivos Andinos, Guía práctica para el cultivo de Cebada (Hordeum sp.), Trigo (Triticum sp.), Maíz (Zea mays), Haba (Vicia faba), Arveja (Pisum sativum) y Lenteja (Lens culinaris)*. Cayambe-Ayora.
- Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., Ponce, L., Coronel, J., & Abad, S. (2014). INIAP Imbabura 2014: Nueva variedad de trigo de grano rojo para zonas trigueras del Ecuador.
- FAO. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento Económico y Social.
- Junta de Andalucía. (2022). *Influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo vegetativo de trigo duro*. Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF). Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturapescaaguaydesarrollorural/raif/influencia-de-la-temperatura-en-el-crecimiento-y-desarrollo-vegetativo-de-trigo-duro-2/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *El impacto de las variedades mejoradas en la producción agrícola*. Recuperado de <https://www.fao.org>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Guía sobre enfermedades fúngicas en cultivos de trigo*

Flores, G., Aviles, S., & Cortes, J. (1998). Estudio de adaptabilidad del triticale a diferentes dosis de calcio y fosforo en andisoles. Chapingo:Terra Latinoamericana.

García, F.O.; y N. I. Reussi Calvo. En: H. E. Echeverría y F. O. García (eds.). . (2014). *Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos*. scielo.

García, D. (2020). Origen del trigo. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/26940246/Origen_del_trigo.

Garófalo, J., Ponce , L., & Abad , S. (2011). Guía del Cultivo de Trigo. *Boletín Divulgativo N° 411 , INIAP-Ecuador*, 20.

González, S. N., Rossi, C., & Pereyra, S. (2019). Sanidad de semillas de trigo y cebada: Eslabón clave en el manejo de enfermedades. *Revista INIA Uruguay*, 56, 57–61. Recuperado de <https://www.inia.uy/sanidad-de-semillas-de-trigo-y-cebadaeslabon-clave-en-el-manejo-de-enfermedades>

Guerrero, A. (1999). *Cultivos Herbáceos Extensivos*. Madrid : Mundi-Prensa.

INFOAGRO, S. (2008). *EL CULTIVO DEL TRIGO*. Obtenido de Plagas: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

INEC. (2025) Cifras agroproductivas, principales cultivos, Trigo. obtenido de <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

INIAP. (1980). *Información técnica de las variedades de triticale INIAP-Promesa e INIAP-Maná*. Quito: EC: INIAP.

INIAP. (2000). *Informacion tecnica de la variedad INIAP-Triticale2000*. Quito: EC: INIAP.

INIAP. (2009). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos*. Estación Experimental Santa Catalina.

INIAP. (2014). *MANEJO DE ENFERMEDADES (Roya, Fusarium, Carbón volador)*. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rtrigo>

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2014). *La nueva variedad de trigo rojo en Ecuador*. INIAP. Recuperado de [iniapscpl412MANUAL.pdf](#)

INIAP. (2010). Programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación Experta Santa Catalina, 43(6), 2-3.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2013). *Fusariosis de la espiga del trigo (FET): una enfermedad con múltiples implicancias*. Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/450>

Lostea N.; Langonea, M. A.; Giambastiani, G. (2019). Respuesta del cultivo de trigo (*triticum aestivum*) a la fertilización con nitrógeno y azufre en monte maíz. scielo

Matus, I., Vega, A. (2004). Capítulo 1 Variedades en M, medallo Z., Boletín de trigo 2004 Manejo Tecnológico. Chillán, Chile: Trama Impresores S.A.

Merino, Á. (2020). Los países que más trigo producen. *EOC*, 2.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *El virus del enanismo amarillo en los cultivos de trigo de Ecuador: Diagnóstico y manejo de la propagación del BYDV*

Paredes, R. (2021). *Preferencias de la industria panadera en Ecuador: El impacto del trigo de grano blanco en la producción de pan*. Revista de Tecnología Agropecuaria, 7(2), 18-29.

Ponce-Molina, L., Campaña, D., Noroña, P., y Garofalo, J. (2020). “*Actividades de Investigación en cereales Año 2029*”. Boletín Técnico No. 175. INIAP. Quito, Ecuador. 74p.

Pozo, J. (2024). *Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte otorga el título de Ingeniero Agropecuario]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15586>

Pichucho, C. (2022). “Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (*triticum aestivum* L.) Del INIAP bajo las condiciones ambientales de la universidad técnica de cotopaxi campus ceasa, provincia de cotopaxi 2021-2022” [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Cotopaxi]. Repositorio institucional. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9474>

Proaño, J. (2007). “*Respuesta de Cuatro Variedades de Arveja (Pisum sativum L.) A la Fertilización Orgánica y Química en la Granja la Pradera*”. Chaltura-Ecuador.: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte.

Ramírez, A., Gómez, M., & Ruiz, J. (2021). *Enfermedades fúngicas en trigo en Ecuador: Un análisis del impacto del carbón en las zonas andinas*. Revista Ecuatoriana de Agricultura, 22(1), 67-79. <https://doi.org/10.5678/rev.ec.agri.2021.011>

Robles , R. (1991). Producción de granos y forrajes. En *Descripción taxonómica* (pág.209). México: Noriega Editores.

Rodríguez, M., Salazar, J., & Pérez, A. (2019). *Efecto de la altitud y las temperaturas en el desarrollo del trigo en las regiones de Ecuador*. Revista Ecuatoriana de Fitotecnia, 18(3), 45-58. <https://doi.org/10.5678/rev.ecu.fitotec.2019.078>

Smith, J., & Jones, A. (2020). *Impacto del virus del enanismo amarillo de la cebada en la producción de cebada: síntomas y control*. Journal of Cereal Diseases, 15(3), 45-52. <https://doi.org/10.1234/jcd.2020.01503>

Ticona, D. (2009). *Producción de forraje y semilla de triticale (x. Triticosecale) bajo riego y seco, en tres épocas de siembra en la comunidad de Calasaya, provincia los Andes La Paz - Bolivia*. La Paz: Universidad Mayor de San Andres.

Varughese, G., Barker, T., & Saari, E. (1987). *Triticale*. Mexico: CIMMYT.

Vega, A., & Vega, J. (1990). *Comportamiento de genotipos de trigo y Triticale en diferentes pisos altitudinales de Venezuela*. Maracay: Rev. Fac. Agron. (Maracay).

Anexos

anexo 1.

Trazado del área experimental



anexo 2.
Etapa de germinación



anexo 4.
Riego por aspersión



anexo 5.
Etapa de espigamiento



anexo 6.
Visita técnica por parte del programa d cereales



anexo 7.
Evaluación de enfermedades en trigo



anexo 8.
Cosecha del material de de investigación



anexo 9.
Manejo postcosecha en INIAP



anexo 10.

Análisis de 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: 23-0078

NOMBRE DEL CLIENTE: Cevallos Recalde Anderson Martin
PETICIONARIO: Cevallos Recalde Anderson Martin
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Cevallos Recalde Anderson Martin
DIRECCIÓN: Imbabura

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 24/02/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:02
FECHA DE ANÁLISIS: 27/02/2023
FECHA DE EMISIÓN: 08/03/2023
ANÁLISIS SOLICITADO: 53

Análisis	Ph	N		P		S		B		K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO ²	Textura (%) ¹			IDENTIFICACIÓN								
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural											
23-0475	7,31	P N	67,31	A	20,45	A	8,64	B	0,59	B	0,37	M	10,57	A	3,66	A	2,0	B	7,6	A	65	A	10,5	M	2,89	9,76	37,96	14,61	1,73	M				Muestra 1

Análisis	Al+H ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	C.E. *	N. Total ²	N-NO ₃ ³	K H ₂ O ⁴	P H ₂ O ⁵	Cl ⁶	pH KCl ⁷	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm	

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Titulacion Modificada
S.B = Fósforo de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Otros Modificado
	B = Colorimetrica

INTERPRETACION		
pH		Elemento
Ac = Acido	N = Neutral	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAl = Liger. Alcalino	M = Medio
PN = Prec. Neutral	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tolero (Boro)

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

METODOLOGIA USADA	
CF =	Metodo Nitratado
M.D =	Dicromato de Potasio
AHH =	Titulacion NaOH

INTERPRETACION			
Al+H ₂ 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 = Tolero			A = Alto

LABORATORISTA

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 dirigida 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.