UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

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

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

AUTORA:

Leyla Odalys Bustamante Criollo

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Ibarra, diciembre 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

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

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

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.

DIRECTORA FIRMA

Ing. Jefferson Vladimir Andrade Villarreal, MSc.

ASESOR FIRMA

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:	1003293493		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bustamante Criollo Leyla Odalys		
DIRECCIÓN:	Bolívar - Monte Olivo - Pueblo Nuevo		
EMAIL:	lobustamantec@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2902 - 269	**TELÉFONO MÓVIL:**	985768416

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero *(Triticum aestivum* L.*)* bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura
AUTOR (ES):	Bustamante Criollo Leyla Odalys
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	17/12/2024
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTORA:	Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor 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 17 días del mes de diciembre de 2024.

EL AUTOR:

.....

Leyla Odalys Bustamante Criollo

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Leyla Odalys Bustamante Criollo, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 17 días del mes de diciembre de 2024

Ing. Doris Chalampuente PhD
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 17 días del mes de diciembre del 2024

Leyla Odalys Bustamante Criollo: Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (T*riticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 17 días del mes de diciembre del 2024, 77 páginas.

DIRECTORA: Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran: 1. Determinar las características morfoagronómicas de las cuatro líneas promisorias y de una variedad de trigo harinero bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura. 2. Analizar la severidad de plagas y enfermedades en cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero. 3. Comparar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

.....

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Directora de Trabajo de Grado

.....

Leyla Odalys Bustamante Criollo

Autora

AGRADECIMIENTO

En la presente investigación quiero agradecer a la Universidad Técnica del Norte por darme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida profesional.

A la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias por el apoyo financiero a través del proyecto FIASA-CA-23-010 "fomento de la producción sostenible de semillas de trigo duro y harinero con características resilientes a factores bióticos".

Al personal técnico de la Universidad Estatal de Bolívar: Ing. Eduardo Rodríguez, Ing. David Silva e Ing. Andrea Román. A todos ellos gracias por la confianza y el apoyo brindado en la realización de mi proyecto de titulación.

De igual manera a los docentes que formaron parte de mi trayectoria en esta etapa y en especial a quienes me apoyaron desde el inicio en este trabajo de grado; Ing. Doris Chalampuente, PhD., Ing. María José Romero e Ing. Magaly Cañarejo PhD., gracias por sus atinadas observaciones, apoyo profesional y sugerencias en las circunstancias más relevantes durante el desarrollo de este trabajo de investigación, sin su paciencia y constancia este trabajo no se habría logrado.

A mis compañeros y amigos por su amistad, por su apoyo y por compartir conmigo este periodo de formación académica.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios por poner en mi la fortaleza necesaria para poder avanzar en mis momentos de dificultad. A mí por la constancia en mis estudios, por el tiempo invertido y por la valentía de querer alcanzar mis metas.

A mi madre Viviana Criollo y a mi padre Aníbal Bustamante por su trabajo, esfuerzo y sacrificio durante todos estos años quienes con su ejemplo y amor me enseñaron a ser perseverante con mis objetivos. A mi hermana Vanessa Bustamante por su apoyo incondicional y su complicidad en todo momento.

A mi pareja Juan Carlos Morales por sus palabras de ánimo y motivación. Sin ellos nada de esto habría sido posible, son mi mayor orgullo y fortaleza.

Leyla Bustamante

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS **8**
ÍNDICE DE FIGURAS **12**
ÍNDICE DE TABLAS **14**
RESUMEN **15**
ABSTRACT **16**
CAPÍTULO I **17**
INTRODUCCIÓN **17**
1.1 Antecedentes 17
1.2 Problema de investigación 18
1.3 Justificación 19
1.4 Objetivos 21
1.4.1 Objetivo general 21
1.4.2 Objetivos específicos 21
1.5 Hipótesis 22
CAPÍTULO II **23**
MARCO TEÓRICO **23**
2.1 Origen del trigo 23
2.2 Importancia económica y social del trigo en Ecuador 23
2.3 Taxonomía del trigo 24
2.3.1 Descripción botánica del trigo 24
2.3.1.1 Raíz. 24
2.3.1.2 Tallo. 24
2.3.1.3 Hojas. 24
2.3.1.4 Inflorescencia. 24
2.3.1.5 Flores 25
2.3.1.6 Granos. 25
2.4 Etapas fenológicas del cultivo de trigo 25
2.4.1 Germinación 25
2.4.2 Ahijamiento 25
2.4.3 Encañado 25

2.4.4 Espigado....25
2.4.5 Maduración....26
2.5 Fases de desarrollo según la escala de Zadoks....26
2.6 Requerimientos edafoclimáticos de trigo en Ecuador....26
2.6.1 Principales zonas de producción de trigo en Ecuador....27
2.6.2 Rendimiento....27
2.7 Manejo del trigo en Ecuador....28
2.7.1 Selección del terreno....28
2.7.2 Preparación del lote....28
2.7.3 Siembra....28
2.7.4 Fertilización....28
2.7.5 Control de las malezas....29
2.7.6 Cosecha....29
2.7.7 Trilla....29
2.6.8 Postcosecha....29
2.7.8.1 Secado de granos....29
2.7.8.2 Limpieza y clasificación....29
2.7.8.3 Envasado e identificación de semillas....30
2.7.8.4 Almacenamiento....30
2.8 Principales enfermedades del trigo....30
2.8.1 Roya amarilla....30
2.8.2 Roya de la hoja....30
2.8.3 Fusarium....30
2.8.4 Virus del enanismo amarillo (BYDV)....31
2.9 Características físicas de calidad de grano....31
2.9.1 Peso hectolítrico....31
2.9.2 Tipo de grano....32
2.10 Marco legal....32
CAPÍTULO III....34
MARCO METODOLÓGICO....34
3.1 Descripción del área de estudio....34
3.1.1 Ubicación política y características agroclimáticas....34
3.2 Materiales....35

3.3 Métodos.....35
3.3.1 Factor en estudio.....35
3.3.3 Diseño experimental.....36
3.3.4 Características del experimento.....36
3.3.4.1 Características de la unidad experimental.....37
3.3.5 Análisis estadístico.....37
3.4 Variables evaluadas.....37
3.4.1 Porcentaje de emergencia.....38
3.4.2 Vigor.....38
3.4.3 Hábito de crecimiento.....39
3.4.4 Días al espigamiento (número de días).....40
3.4.5 Altura de planta (cm).....40
3.4.6 Tipo de paja (acame de tallo).....41
3.4.7 Días a la cosecha.....42
3.4.8 Reacción a enfermedades.....42
3.4.8.1 Manchas foliares. -.....42
3.4.8.2 Severidad de roya amarilla (Puccinia striiformis f.sp.) y roya de la hoja (Puccinia triticina f.sp.).....43
3.4.8.3 Tipo de reacción en roya. -.....43
3.4.8.4 Severidad en Fusarium (Fusaruim spp).....44
3.4.8.5 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).....45
3.4.9 Rendimiento de grano.....45
3.4.10 Peso hectolítrico.....46
3.4.11 Tipo de grano.....46
3.5 Manejo del experimento.....47
3.5.1 Selección del terreno.....47
3.5.2 Trazado de parcelas.....48
3.5.3 Preparación del suelo.....48
3.5.4 Manejo nutricional (fertilización).....48
3.5.5 Siembra.....49
3.5.6 Densidad de siembra.....50
3.5.7 Control de malezas.....50
3.5.8 Cosecha.....50

3.5.9 Trilla....51
3.5.10 Controles fitosanitarios....51
3.5.11 Secado de la semilla....51
CAPÍTULO IV....52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN....52
4.1 Porcentaje de emergencia....52
4.2 Vigor....53
4.3 Días al espigamiento....54
4.4 Altura de planta....55
4.5 Tipo de paja....56
4.6 Días a la cosecha....57
4.7 Porcentaje de severidad en enfermedades....58
4.7.1 Manchas Foliares....58
4.7.2 Roya amarilla (Puccinia striiformis f. sp)....59
4.7.3 Roya de la hoja (Puccinia triticina f.sp.)....60
4.7.4 Fusarium....61
4.7.5 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus) BYDV....62
4.8 Rendimiento de grano....63
4.9 Peso hectolítrico....64
4.10 Tipo de grano....65
CAPÍTULO V....66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....66
5.1 Conclusiones....66
5.2 Recomendaciones....67
REFERENCIAS....68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ubicación geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo harinero* 34
Figura 2 *Esquema del diseño experimental* 36
Figura 3 *Evaluación de la variable emergencia* 38
Figura 4 *Evaluación de la variable vigor* 39
Figura 5 *Evaluación de la variable hábito de crecimiento* 40
Figura 6 *Evaluación de la variable días de espigamiento* 40
Figura 7 *Evaluación de la variable altura de la planta* 41
Figura 8 *Evaluación de la variable tipo de paja* 41
Figura 9 *Maduración del grano del trigo harinero* 42
Figura 10 *Escala de severidad (0-9) para manchas foliares* 43
Figura 11 *Escala de severidad de roya en porcentajes* 43
Figura 12 *Tipo de reacción para roya* 44
Figura 13 *Escala de severidad por Fusarium* 44
Figura 14 *Aspecto del virus del enanismo amarillo (BYDV)* 45
Figura 15 *Evaluación de la variable rendimiento de grano* 46
Figura 16 *Evaluación de la variable peso hectolítrico* 46
Figura 17 *Evaluación de la variable tipo y color de grano* 47
Figura 18 *Selección del lote para la investigación* 47
Figura 19 *Delimitación de parcelas* 48
Figura 20 *Preparación del lote con maquinaria agrícola* 48
Figura 21 *Fertilización al macollamiento* 49
Figura 22 *Siembra manual de trigo* 50
Figura 23 *Cosecha manual* 50
Figura 24 *Trilla del trigo* 51
Figura 25 *Secado y medición de la humedad de la semilla* 51
Figura 26 *Resultados obtenidos para porcentaje de emergencia de líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024* 52
Figura 27 *Resultados del vigor de líneas promisorias y una variedad mejorada del trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024* 53

Figura 28 *Resultados de días al espigamiento de la evaluación de una variedad y líneas promisorias de trio harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*55
Figura 29 *Resultados de la altura de planta en líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*.....56
Figura 30 *Resultados del tipo de paja de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024* 57
Figura 31 *Resultados con respecto a días a la cosecha de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*.....57
Figura 32 *Resultados obtenidos para Fusarium de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*61
Figura 33 *Variable BYBV de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024* 62
Figura 34 *Resultados del rendimiento de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024* 63
Figura 35 *Resultados de peso hectolítrico de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*.....64
Figura 36 *Resultados para el tipo de grano de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024*65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Clasificación taxonómica de trigo harinero* 24
Tabla 2 *Escala de medición del desarrollo de cereales de Zadoks* 26
Tabla 3 *Requerimientos climáticos y edáficos del trigo harinero* 27
Tabla 4 *Requerimientos nutricionales del cultivo de trigo* 29
Tabla 5 *Parámetros de calidad para trigo nacional requeridos para la industria* 31
Tabla 6 *Caracterización edafoclimáticas del área de estudio de la evaluación agronómica* .35
Tabla 7 *Materiales, equipos, insumos y herramientas* 35
Tabla 8 *Variedades, líneas promisorias, origen y código del trigo*.....36
Tabla 9 *Medidas del diseño experimental del estudio de líneas promisorias de trigo harinero*37
Tabla 10 *Tabla del ADEVA del estudio de líneas promisorias de trigo harinero* 37
Tabla 11 *Escala de evaluación de germinación en cereales* 38
Tabla 12 *Escala de evaluación de vigor* 39
Tabla 13 *Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales* 39
Tabla 14 *Escala de evaluación de tipo de paja en cereales* 41
Tabla 15 *Escala para la evaluación de la severidad en manchas foliares*.....42
Tabla 16 *Escala para determinar el tipo de reacción en royas*.....44
Tabla 17 *Escala para la evaluación de la incidencia en virus BYDV* 45
Tabla 18 *Escala de evaluación para tipo de grano en trigo*.....47
Tabla 19 *Aporte nutricional según los requerimientos del trigo* 49
Tabla 20 *Fertilización de acuerdo con el proyecto de investigación* 49
Tabla 21 *Caracteres cuantitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas y una variedad mejorada de trigo harinero*.....58
Tabla 22 *Porcentaje de severidad en manchas foliares en los materiales en estudio de Triticum aestivum* L. *en la granja experimental La Pradera.* 58
Tabla 23 *Porcentaje de severidad en roya amarilla en los materiales en estudio de Triticum aestivum* L. *en la granja experimental La Pradera.* 59
Tabla 24 *Porcentaje de severidad en roya de la hoja en los materiales en estudio de Triticum aestivum* L. *en la granja experimental La Pradera.* 60

TÍTULO: Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura

Bustamante Criollo Leyla Odalys

*Universidad Técnica del Norte

Correo: leylabustamante6@gmail.com

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cereales más cultivados en el mundo debido a su alto contenido de almidón y energía, lo que lo convierte en un componente valioso en la dieta alimenticia. Ecuador importa el 98 % del trigo y solo produce el 2 % localmente debido a su baja productividad. La investigación se desarrolló en la Granja Experimental La Pradera, ubicada en la parroquia Chaltura, provincia Imbabura, cantón Antonio Ante. con el objetivo de identificar materiales promisorios de trigo harinero en la zona de investigación, para lo cual se evaluaron cuatro líneas H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003 procedentes de la UEB e INIAP que fueron comparadas con las características productivas de la variedad INIAP-IMBABURA.2014; Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones. Los resultados obtenidos permitieron determinar que las siguientes líneas promisorias demostraron una alta adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la zona de investigación; H-04-UEB con una altura de 104.87 cm; H-01-UEB con un tipo de paja del 67 %, correspondiente a un tallo fuerte y TA-18-008 con el menor número de días al espigamiento (50 días). La línea promisoria que menor susceptibilidad en fusarium presentó fue H-04-UEB con el 7.45 %. Además, para los parámetros de rendimiento se obtuvo resultados para la línea TA-20-003 con 4 701.71 kg ha^{-1} y para la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 con una media de peso hectolítrico de 75.79 kg hl^{-1}. La línea que sobresale en comparación con la variedad es TA-20-003 mientras que H-04-UEB mostró las mejores características de tolerancia a enfermedades.

Palabras claves: Trigo, adaptación, rendimiento, severidad, fusariosis.

TITLE: Evaluation of the agronomic performance of promising lines of bread wheat *(Triticum aestivum* L.) under the agroclimatic conditions of Chaltura-Imbabura

Bustamante Criollo Leyla Odalys

*Universidad Técnica del Norte

Correo: leylabustamante6@gmail.com

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most cultivated cereals in the world due to its high starch and energy content, which makes it a valuable component in the diet. Ecuador imports 98% of its wheat and only produces 2% locally due to its low productivity. The research was carried out at the La Pradera Experimental Farm, located in Chaltura parish, Imbabura province, Antonio Ante canton, with the objective of identifying promising flour wheat materials in the research area, for which four lines H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003 from UEB and INIAP were evaluated and compared with the productive characteristics of the INIAP-IMBABURA.2014 variety. A completely randomized block design (CRBD) with three replications was used. The results obtained allowed determining that the following promising lines showed a high adaptability to the agroecological conditions of the research area; H-04-UEB with a height of 104.87 cm; H-01-UEB with a straw rate of 67 %, corresponding to a strong stem and TA-18-008 with the lowest number of days to bolting (50d). The promising line with the lowest susceptibility to fusarium was H-04-UEB with 7.45 %. In addition, for yield parameters, results were obtained for line TA-20-003 with 4701.71 kg ha-1 and for the improved variety INIAP-IMBABURA.2014 with an average hectoliter weight of 75.79 kg hl-1. The line that stands out compared to the variety is TA-20-003 while H-04-UEB showed the best disease tolerance characteristics.

Keywords: Wheat, adaptation, yield, severity, fusariosis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es una gramínea alohexaploide con 12 % de proteína, 59.5 % de almidón, 10 % de gluten y 3.6 % de fibra; esta última proporciona propiedades útiles para los procesos de panificación (Solà-Oriol, 2019). La producción nacional anual asciende a 3 976 t con mayor concentración en Imbabura, Loja y Bolívar, pues es un producto capaz de adaptarse a diferentes condiciones de suelos, climas y rangos altitudinales que varían desde los 2 800 m s.n.m. hasta los 3 800 m s.n.m. (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2023). No obstante, el consumo anual es incluso mayor, de 459 045 t, lo que evidencia la relevancia del trigo para la seguridad y soberanía alimentaria (Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2023; Enríquez, 2015).

En Ecuador la ausencia de variedades con nuevas características de resistencia y adaptación a enfermedades hace que la producción se limite, sin embargo, la demanda que tiene este cereal hizo que investiguen y adapten nuevas variedades agronómicas, por lo que INIAP viene trabajando durante 60 años, en la generación de nuevas variedades mejoradas que sean resistentes a enfermedades, calidad y productividad (Ponce et al., 2021).

Por ejemplo, la variedad de trigo harinero "INIAP-Imbabura 2014" que presenta características de grano rojo, potencial de rendimiento genético de 6 t ha $^{-1}$; y tiene un 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, además su mejor comportamiento se observa entre los 2 200 a 3 000 m s.n.m. (Falconi et al., 2014).

Algunos estudios han identificado características de adaptación del trigo en diferentes provincias del país. Uno de ellos es el de Sotaminga (2023), quien evaluó la adaptabilidad de cuatro líneas promisorias de trigo harinero (TA-19-008, TA-19-003, TA-20-001 e INIAP-IMBABURA.2014) sobre los caracteres agronómicos y el rendimiento en un rango de temperatura de 8 °C y 18 °C en la comunidad de Queracocha, provincia Tungurahua, ciclo noviembre 2022-febrero 2023. Los resultados demostraron que la línea promisoria TA-19-003 alcanzó mayor rendimiento (56 t ha^{-1}), con una diferencia de 3 t ha^{-1} sobre la variedad

mejorada INIAP-IMBABURA.2014, lo que sugiere que la primera de ellas puede estar mejor adaptada a las condiciones específicas del entorno local.

Por otro lado, Janeta (2011) también realizó una evaluación agronómica de materiales promisorios de trigo (UEB Carnavalero, Napo Blanco, Mirador, San Jacinto, INIAP zhalao 2003, Cojitambo y Cotacachi) en Bolívar y Chimborazo, cuyas altitudes oscilan desde los 2 200 m s.n.m. a los 3 300 m s.n.m. Tras su estudio, la variedad mejorada INIAP-2010 superó los 4 000 kg ha $^{-1}$ y logró mayor rendimiento y mejor comportamiento frente a las condiciones climáticas de Bolívar.

Asimismo, Guzñay (2022) en su investigación desarrollada en la provincia de Bolívar comparó el rendimiento de la variedad INIAP-IMBABURA.2014 en las localidades de Illapa, Verdepamba, Susanga, Panchigua y San Sebastián usando un Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y cuatro repeticiones. Concluyendo que hubo una interacción de genotipos en las 5 localidades. La investigadora registró los siguientes rendimientos de trigo: 3 840.96 kg ha^{-1} en Panchigua; 3 814.94 kg ha^{-1} en Susanga; 3 711.19 kg ha^{-1} en Verdepamba; 3 655.78 kg ha^{-1} en San Sebastián y con 3 241.78 kg ha^{-1} Illapa.

1.2 Problema de investigación

Debido a los cambios climáticos y a las condiciones meteorológicas del país, las variedades actuales de trigo harinero, como “INIAP-Imbabura 2014” que presenta una severidad del 4 % a roya amarilla *(Puccinia striiformis)* y roya de la hoja *(Puccinia striiformis)* e INIAP-Vivar 2010 con una severidad del 29 %, las dos variedades con un rendimiento de 6 t ha^{-1}, han perdido su adaptabilidad frente a diferentes condiciones agroclimáticas y también su resistencia a plagas y a enfermedades posiblemente del 25 al 30 % (Guambuguete, 2022). Como consecuencia de ello, el impacto es significativo en el rendimiento del grano de las principales zonas productoras como Imbabura, Loja y Bolívar con una pérdida estimada de 80 % lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria (Savary et al., 2019).

Es un panorama desalentador para Ecuador pues, de acuerdo con Enríquez et al. (2022) la demanda interna anual de trigo es de 919 274 t, pero aproximadamente 1 096 589 t deben importarse de varios países como Canadá, Estados Unidos y Argentina. No obstante, el artículo de Lizarzaburo (2021) publicado en diario Expreso expone una realidad más compleja el cual menciona que solo el 1.03 % de la demanda nacional se cubre con

producción local y el resto es importado, desbalance que contribuye a una presión a la baja sobre los precios del trigo ecuatoriano.

Triticum aestivum, es una de las especies más importantes en la agricultura global, destacándose por su alto contenido de gluten fundamental en la producción de harina y alimento básico en muchas dietas, esta especie se caracteriza por su alta productividad y capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, con rendimientos que pueden alcanzar hasta 8 t ha $^{-1}$, además presenta una notable adaptabilidad a diferentes suelos y climas (Villaseñor-Mir et al., 2020).

En Chaltura, provincia de Imbabura, el trigo es crucial tanto para la economía local como para la dieta de las familias. Aproximadamente 120 ha se destinan al cultivo de trigo, lo que representa una fuente importante de ingresos para los agricultores, que constituyen cerca del 75% de la población activa, según el censo del INEC (2023). Este cereal es fundamental en la dieta local, especialmente en la producción de harina, que es base de varios productos tradicionales. Sin embargo, la pérdida de resistencia resalta la importancia de la conservación genética y el desarrollo de nuevas variedades que mantengan su capacidad de adaptación y rendimiento en un contexto de cambio climático y creciente presión de plagas (Huerta-Espino et al., 2023).

Ecuador cuenta con 18 variedades de trigo harinero oficialmente registradas, siendo la última "INIAP-Imbabura 2014" con un rendimiento de 6 t ha^{-1}, de las cuales resaltan variedades como INIAP-Vivar 2010, INIAP-San Jacinto 2010 e INIAP-Cojitambo 92 (Quimbiulco, 2014). Estas variedades se desarrollaron para mejorar la resistencia a enfermedades y adaptarse a las condiciones agroclimáticas del país, lo que las convierte en opciones óptimas para la producción (Pozo, 2024). Por ello, el proceso de investigación en mejoramiento genético es clave, ya que entrega continuamente al agricultor nuevas variedades con características de resistencia y alto rendimiento. En última instancia, lo que se requiere es impulsar la producción de semillas certificadas en cantidad, calidad y adaptación adecuada; no obstante, el problema radica en la falta de accesibilidad a ellas (Solís et al., 2016).

1.3 Justificación

Las líneas diferenciales son germoplasmas que contienen genes específicos que confieren resistencia a enfermedades importantes, como la roya. Por ello, es fundamental realizar evaluaciones continuas y adaptativas mediante mejoramiento genético para optimizar la

calidad, sanidad y rendimiento, así como para analizar la resistencia a enfermedades de estas líneas (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2016). Utilizar germoplasma resistente es la forma más económica y ecológicamente sostenible de controlar las enfermedades (Ponce et al., 2022).

Las condiciones agroclimáticas de Chaltura, en la Sierra Norte de Ecuador, influyen directamente en la producción de trigo. La parroquia, ubicada a unos 2 500 m s.n.m., tiene un clima templado de páramo, con temperaturas promedio de 10°C a 20°C y precipitaciones irregulares. Estas condiciones afectan la productividad del trigo, que requiere un rango específico de temperatura y humedad para un crecimiento óptimo.

Para contrarrestar estos desafíos, es fundamental el mejoramiento genético de variedades de trigo adaptadas a estas condiciones. Según el CIAT (2016), el uso de germoplasma resistente a enfermedades y adaptado a las condiciones locales es clave para asegurar un rendimiento estable. El desarrollo de nuevas variedades es crucial para enfrentar las variaciones climáticas que afectan la región.

Al fin y al cabo, aumentar la producción de líneas promisorias de trigo harinero podría ser una estrategia viable y sostenible para hacer frente a la demanda y a las fluctuaciones de precios (INIAP, 2011). Aunque en Ecuador el promedio actual de producción oscila entre 1.5 y 2 t ha^{-1}, se propone incrementar el rendimiento de estas líneas promisorias hacia las 6 t ha^{-1}, un nivel alcanzado anteriormente con variedades mejoradas. Este incremento podría tener un impacto significativo en la producción a nivel global.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias emplea diversos métodos de mejoramiento genético para desarrollar germoplasma de trigo con características deseables, que incluyen hibridación, retro cruzamiento e introducción de material desde centros internacionales. También se utilizan técnicas como el método de pedigrí, métodos de población, métodos de combinación, progenie de semilla única y selección asistida como herramientas adicionales. Las poblaciones de material segregante provienen de cruces entre genotipos diversos, y en cada generación se deben seleccionar diferentes individuos.

Los métodos de selección en el programa de granos son: la selección masal, que abarca todas las plantas cosechadas para crear una muestra uniforme; la selección masiva, que elige varias plantas o espigas con características morfológicas similares dentro de una parcela para formar una única muestra; y el método de pedigrí, que implica seleccionar plantas con buenas

características y resistencia a enfermedades, manteniéndolas separadas para el próximo ciclo (Ponce et al., 2019).

Las líneas promisorias de trigo harinero a evaluar tienen orígenes específicos que reflejan su desarrollo y adaptación. La línea TA-18-008, conocida como INIAP Yurak 2024, y la línea TA-20-003 son resultado de investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) en Ecuador. Estas variedades han sido seleccionadas por su potencial para mejorar la producción en el país. Por otro lado, las líneas H-04-UEB y H-01-UEB provienen de una colecta realizada por la Universidad Estatal de Bolívar, que busca diversificar y enriquecer el material genético disponible para el cultivo de trigo.

En ese sentido, la presente investigación gira en torno a los estudios que realizan en conjunto la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias vinculados al desarrollo del proyecto FIASA-CA-23-010 "FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE SEMILLAS DE TRIGO DURO Y HARINERO CON CARACTERÍSTICAS RESILIENTES A FACTORES BIÓTICOS". El proceso requiere de una evaluación del germoplasma con la finalidad de disponer de variedades mejoradas adaptadas con potencial productivo para los agricultores del país lo que a su vez potencializará la producción nacional de trigo (Ponce-Molina et al., 2021).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

1) Determinar las características morfoagronómicas de las cuatro líneas promisorias y de una variedad de trigo harinero bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura.
2) Analizar la severidad de plagas y enfermedades en cuatro líneas promisorias y en una variedad mejorada de trigo harinero.
3) Comparar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

1.5 Hipótesis

Ho. De las cuatro líneas promisorias y de la variedad mejorada de trigo harinero, ninguna se adapta a las condiciones agroclimáticas de Chaltura.

Ha. De las cuatro líneas promisorias y de la variedad mejorada de trigo harinero, al menos una se adapta a las condiciones agroclimáticas de Chaltura.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es una planta originaria de Asia y remonta al año 6 000 a.C. en la antigua Mesopotamia, territorio que hoy en día corresponde a Jordania, Siria, Turquía e Irak. Las variedades conocidas actualmente se han domesticado y con el tiempo han evolucionado mediante la diferenciación del genoma y el cruzamiento con otras variedades de trigo silvestre (Iglesias et al., 2021).

2.2 Importancia económica y social del trigo en Ecuador

El trigo harinero representa el 90 % del área total de cultivo de este grano en el mundo, mientras que el trigo duro (*Triticum durum* L.) corresponde al 9 %, y el 1 % restante se distribuye entre especies de menor relevancia (Iglesias et al., 2021). En Ecuador, se cultivan alrededor de 5 000 ha de trigo principalmente *Triticum aestivum* L. concentradas en Bolívar, Carchi, Chimborazo y Pichincha (Plana et al., 2006; Albuja, 2020), y en conjunto con el maíz (*Zea mays* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) son los cereales principales para garantizar la soberanía alimentaria (Ponce-Molina et al., 2019).

El total de producción de trigo nacional ha fluctuado significativamente entre 2019 y 2023, en ese primer año, la cifra fue de 5 073 t (Carchi y Bolívar fueron los principales productores); en 2020 hubo un notable aumento a 14 647 t (en Carchi se produjeron 7960 t); en 2021, la producción tuvo un ajuste a 10 898 t (Carchi y Bolívar se mantuvieron como líderes); para 2022, la cifra descendió a 7431 t (Carchi, Chimborazo e Imbabura encabezaron la lista); finalmente, en 2023, la producción aumentó a 10 898 t (Pichincha y Chimborazo fueron las provincias principales) (ESPAC, 2023).

Sin duda, estas fluctuaciones destacan la relevancia del trigo para la seguridad alimentaria y la economía del país, pues se lo emplea en una gran variedad de productos para el consumo humano y animal, por ejemplo, para crear almidón y etanol (Holguín y Alvarado, 2017). De ahí que impulsar la producción es clave, por lo que el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) entregan anualmente semillas certificadas a las diferentes provincias.

2.3 Taxonomía del trigo

El trigo es una planta gramínea monocotiledónea con características taxonómicas descritas en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación taxonómica de trigo harinero

Descripción	**Taxonomía**
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Triticeae
Género	*Triticum*
Especie	aestivum
Nombre científico	*Triticum aestivum* L.
Nombre común	Trigo harinero

Nota. Tomado de Mateo (2005)

2.3.1 Descripción botánica del trigo

Varios autores (Fuertes 2008; Ponce-Molina et al., 2022; Soto et al., 2009) describen seis características botánicas del cultivo de trigo:

2.3.1.1 Raíz. Esta sección de la planta nace tras la germinación de la semilla al interior del suelo. Las raíces son fasciculadas y alcanzan hasta dos metros de longitud, aunque el 50 % de ellas están ubicadas en los primeros 25 cm del suelo.

2.3.1.2 Tallo. El tallo es hueco y herbáceo, poco ramificado, con una longitud de entre 60 cm y 120 cm, pues varía según la variedad cultivada y normalmente cuenta con seis nudos.

2.3.1.3 Hojas. Las hojas son largas, estrechas y puntiagudas con una longitud de entre 15 cm y 25 cm; suelen haber de cuatro a seis por planta. Cada hoja nace de un nudo del tallo y está formada por dos partes: la vaina, que envuelve el tallo, y el limbo, que es la parte plana y verde de la hoja. Entre ambas secciones se encuentra el cuello flaqueado por dos prolongaciones llamadas aurículas.

2.3.1.4 Inflorescencia. La espiga es la parte terminal del tallo, la cual está envuelta en la última hoja y formada por un conjunto de espiguillas dispuestas a ambos lados de un raquis y cuya cantidad varía de 15 a 25.

2.3.1.5 Flores. La flor está formada por tres estambres y dos estigmas, órganos reproductores masculinos y femeninos, respectivamente. En la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes, las lodículas, que están protegidas por dos brácteas denominadas glumas.

2.3.1.6 Granos. El grano es ovalado, cuenta con una ranura en la parte ventral y está cubierto por una capa externa: el pericarpio. La mayor parte del grano está formada por el endospermo, que es su masa principal y contiene las sustancias de reserva como, por ejemplo, el almidón.

2.4 Etapas fenológicas del cultivo de trigo

2.4.1 Germinación

El trigo puede germinar en una temperatura de 3 °C a 32 °C, aunque lo óptimo es de 20 °C a 24° C. Además, requiere mantenerse una humedad de conservación que no sobrepase el 11 %, pues el grano debe absorber agua para pasar del estado de vida latente al de vida activa, hecho que implica aumentar del 40 % al 65 % de su peso en agua (Estrada et al., 2014).

2.4.2 Ahijamiento

El trigo cuenta con un tallo similar a una caña: los nudos con yemas en las que se origina la hoja y, por otro lado, los entrenudos. Cada hoja emerge a distinta altura en nudos sucesivos (Estrada et al., 2014).

2.4.3 Encañado

El encañado consiste en el crecimiento del tallo debido al alargamiento de los entrenudos. Esta etapa sucede cuando las temperaturas se elevan y los nudos pierden la facilidad de emitir hijos, lo que impulsa a los entrenudos a alargarse (Pogo, 2022).

2.4.4 Espigado

Durante esta fase, la planta tiene un alto nivel de actividad fisiológica con transpiración, extracción de humedad y nutrientes del suelo que llegan a su límite. Varios de los azúcares de las hojas inferiores se distribuyen al grano, por lo que el riego es fundamental para que se transfieran las reservas (Pogo, 2022).

2.4.5 Maduración

Consiste en la etapa final del ciclo en la que ocurre la acumulación de almidón en el grano: aquel producido por fotosíntesis persiste en las últimas hojas y la espiga; en cambio, los carbohidratos y las proteínas son dirigidos hacia el ápice. Ahora bien, en caso de presentarse suspensión de la actividad de riego es posible que estas sustancias no puedan movilizarse y se desencadene un asurado en el grano (Unda, 2022).

2.5 Fases de desarrollo según la escala de Zadoks

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, evolucionan y finalmente mueren, siguiendo una secuencia que a menudo se entrelaza (Pérez, 2016). No obstante, resulta más fácil entender el desarrollo como una serie de etapas, similar a lo que se observa en la escala Zadoks. Esta escala consta de 10 fases numeradas del 0 al 9, que describen el crecimiento del cultivo.

Tabla 2

Escala de medición del desarrollo de cereales de Zadoks

Etapa principal	Descripción	Subfase
0	Germinación	0.0-0.9
1	Producción de hojas en tallo principal	1.0-1.9
2	Producción de macollos	2.0-2.9
3	Producción de nudos en tallo principal (encañado)	3.0-3.9
4	Vaina engrosada	4.0-4.9
5	Espigado	5.0-5.9
6	Antesis	6.0-6.9
7	Estado lechoso del grano	7.0-7.9
8	Estado pastoso del grano	8.0-8.9
9	Madurez	9.0-9.9

Nota. J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

2.6 Requerimientos edafoclimáticos de trigo en Ecuador

Para lograr un cultivo sano y de calidad es necesario tener presentes las variables de iluminación, humedad, temperatura y las demás dispuestas en la Tabla 3.

Tabla 3

Requerimientos climáticos y edáficos del trigo harinero

Descripción	Requerimientos
Altitud	2200 a 3400 m s.n.m.
Suelo	Arcillosos, profundos, de buen drenaje y de alto contenido de materia orgánica y nitrógeno.
Precipitación	Requerimiento hídrico de 600 a 700 mm anuales. Mayor cantidad de agua en la etapa de espigado. Tiempo seco: 300 mm a 400 mm.
Temperatura	Temperatura mínima de crecimiento de 3 °C y máxima de 30 °C (desacelera el crecimiento). Floración: > 16 °C (en temperaturas menores no se autofecunda).
pH	Alta tolerancia a la salinidad: 6.5 a 7.5

Nota. Pogo (2022), Elfer (2014), Galarza (2023)

2.6.1 Principales zonas de producción de trigo en Ecuador

El cultivo de trigo en Ecuador se concentra principalmente a lo largo del Callejón Interandino, en áreas entre los 2 000 m s.n.m. y los 3 200 m s.n.m. Aunque las condiciones ambientales son favorables en toda la Sierra, cinco provincias aglutinan la mayor cantidad de producción: Imbabura, con 1 226 t; Pichincha, con 559 t; Chimborazo, con 894 t; Bolívar, con 337 t; Carchi, con 773 t (ESPAC, 2023).

2.6.2 Rendimiento

El rendimiento del trigo está dado por una serie de factores interrelacionados que determinan la cantidad y la calidad del grano cosechado. Según la investigación en cereales de Ponce-Molina et al. (2020), la selección adecuada de variedades genéticamente mejoradas juega un papel fundamental al proporcionar resistencia a enfermedades específicas y adaptabilidad a variadas condiciones climáticas y edáficas. En este contexto, INIAP-Imbabura 2014 reporta un rendimiento de 6 t ha-1, destacando variedades como INIAP-Vivar 2010 (5-6 t ha^{-1}), INIAP-San Jacinto 2010 (4 t ha^{-1}) e INIAP-Cojitambo 92 (5 t ha^{-1}), todas con un rendimiento harinero del 70 al 75 % (Quimbiulco, 2014).

Paralelamente, destaca la implementación de prácticas agronómicas óptimas que maximizan el potencial de rendimiento del cultivo como la fertilización balanceada, el manejo eficiente del agua y la siembra en épocas adecuadas. Por supuesto, el contexto ambiental, incluyendo variables climáticas como temperaturas moderadas y la distribución adecuada de precipitaciones, condicionan el desarrollo favorable del trigo. Finalmente, pero no menos importante, se requiere mantener un control integrado de plagas y enfermedades para prevenir pérdidas significativas de la producción (Rajam y Braun, 2009).

2.7 Manejo del trigo en Ecuador

El trigo es un cereal de relevancia por la contribución que implica a la nutrición humana y como recurso importante en la dieta de los animales. Por lo que Ponce (2023) ha establecido una guía de manejo del cultivo para alcanzar un alto rendimiento que son expuestas en los siguientes apartados.

2.7.1 Selección del terreno

Los terrenos destinados a la producción de cebada no deben haber sido sembrados con cereales en el ciclo anterior (trigo, cebada, avena, triticale o centeno) y tampoco utilizados para el fin previsto, trillar grano, lo que es clave para evitar posibles contaminaciones y mezclas. En vista de que los cultivos de cereales requieren un laboreo extensivo, lo más recomendable es utilizar terrenos con poca pendiente, preferiblemente inferior al 10 %, los cuales además otorgan mayor agilidad para modernizar el cultivo y evitar la erosión del suelo.

2.7.2 Preparación del lote

Mediante el arado se incorporan rastrojos o residuos vegetales del mismo lote, actividad que debe realizarse uno o dos meses antes para que el material se transforme en materia orgánica aprovechable para el cultivo. Además, previo a la siembra tienen que ejecutarse dos pases de rastra para mullir adecuadamente el suelo.

2.7.3 Siembra

La siembra debe realizarse al inicio de la temporada de lluvias y la planificación de la cosecha tiene que coincidir con la temporada seca: generalmente, la siembra en la zona norte y sur del Ecuador se realiza entre febrero y marzo, mientras que en la zona central ocurre entre noviembre y enero. Los métodos más utilizados son el manual o al voleo y el mecánico (sembradora o al voleo); en cualquier caso, el suelo tiene que estar húmedo, las semillas no deben encontrarse muy profundas ni muy superficiales para que puedan germinar y la profundidad de la plantación puede superar los 5 cm.

2.7.4 Fertilización

La fertilización se lleva a cabo en el momento de la siembra. Por tal motivo, es necesario realizar un análisis químico del suelo, pues la cantidad de fertilizante depende de las recomendaciones que emita el laboratorio. En caso no de disponer de esta información se

puede aplicar la fertilización basada en la extracción de nutrientes de las plantas de trigo (Tabla 4).

Tabla 4

Requerimientos nutricionales 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

Nota. Adaptado de Ponce-Molina et al. (2022)

2.7.5 Control de las malezas

Las malezas son todas las plantas que no fueron sembradas y que compiten por nutrientes con el cultivo. Si bien pueden controlarse de forma manual (mano de obra) o química (herbicida para hoja ancha, Metsulfuron-metil), la mejor alternativa para prevenir su aparición es por medio de una buena preparación del suelo, aunque previo a ello debe aplicarse glifosato en caso de que exista una alta cantidad de gramíneas (kikuyo y grama).

2.7.6 Cosecha

La recolección ocurre cuando el cultivo ha alcanzado la madurez en el campo (grano cristalino). Cabe aclarar que en áreas pequeñas el proceso es manual: se emplea una hoz para cortar las espigas de trigo y formar gavillas, las cuales son agrupadas en montones.

2.7.7 Trilla

La trilla suele realizarse con una trilladora estacionaria, aunque también se hace de forma manual con animales o con una vara. En caso de utilizarse una máquina, es recomendable limpiarla bien para evitar mezclar variedades o cultivos.

2.6.8 Postcosecha

2.7.8.1 Secado de granos. Tras la cosecha, el grano debe secarse en una plataforma de cemento, tomando en cuenta que la humedad no supere el 13 % para evitar daños en la semilla.

2.7.8.2 Limpieza y clasificación. Las semillas deben limpiarse con una malla de 2.5 mm y clasificarse por tamaño previo a su almacenamiento.

2.7.8.3 Envasado e identificación de semillas. Las semillas secas, limpias y clasificadas tienen que empaquetarse en bolsas en buen estado, limpias y marcadas con una etiqueta que contenga la información básica: nombre del cultivo, fecha de cosecha, nombre del fabricante de la semilla y peso.

2.7.8.4 Almacenamiento. Una vez finalizados los trabajos postcosecha, las semillas tienen que almacenarse en un lugar seco, libre de humedad, bien ventilado y sin riesgo de presencia de roedores. Las bolsas no deben estar en contacto directo con el suelo ni adheridas a las paredes, pues son proclives a absorber la humedad de estas superficies.

2.8 Principales enfermedades del trigo

Las enfermedades más relevantes en el cultivo de trigo en Ecuador son la roya amarilla o lineal (*Puccinia striiformis*), la roya de la hoja o parda (*Puccinia triticina*), la Fusarium de la espiga (*Fusarium spp*.) y el carbón de la espiga (*Ustilago tritici*) (Garófalo et al., 2011).

2.8.1 Roya amarilla

Esta enfermedad es causada por el hongo *Puccinia striiformis*: se caracteriza por pústulas (uredias) amarillas o anaranjadas dispuestas linealmente y paralelas a las nervaduras. Su desarrollo es mayormente favorecido en temperaturas de 10 °C a 15 °C y con una humedad relativa superior al 80 %. La transmisión ocurre por medio de esporas (uredosporas) que el viento transporta a cientos de kilómetros; el impacto es tal que puede provocar pérdidas de rendimiento superiores al 50 %, pues no solo afecta a las hojas, sino también a la mazorca (Lavilla, 2022).

2.8.2 Roya de la hoja

La roya de la hoja o parda es causada por el hongo *Puccinia triticina.* El síntoma principal es la presencia de pequeños nódulos aislados con esporas de color naranja ubicados en las láminas de las hojas; no obstante, en infecciones graves también son visibles en las vainas. El desarrollo y la propagación se ven favorecidos en ambientes húmedos y templados (Huerta et al., 2020).

2.8.3 Fusarium

El Fusarium es consecuencia del hongo *Fusarium spp*., cuya presencia está asociada a entornos con temperaturas de 25 °C a 28 °C y una humedad relativa superior al 80 %. Se caracteriza por tornar a la espiga de color amarilla (como si estuviera madura); además, a lo

largo de ella aparecen masas de conidias de ese mismo color, rosa o morado oscuro; luego, se observan puntos negros asociados a peritecios (Alisaac y Mahlein, 2023).

2.8.4 Virus del enanismo amarillo (BYDV)

El virus se caracteriza por el aparecimiento de un color amarillento en las hojas, desde la parte apical, y se extiende en franjas alargadas; en la cebada, esta tonalidad inicial se vuelve violeta o morado oscuro hasta provocar la muerte de las hojas. En casos severos genera enanismo en las plantas, las cuales no completan su ciclo vital. Vale acotar que son transmitidos principalmente por pulgones y, sobre todo, en climas templados o cálidos, aunque pueden aparecer en casi cualquier ambiente (Ponce et al., 2009).

2.9 Características físicas de calidad de grano

2.9.1 Peso hectolítrico

El peso hectolítrico del trigo representa el de un hectolitro de grano, indicador crucial de densidad y madurez. Un peso alto implica granos densos y pesados, que son altamente valorados en la industria molinera y para la comercialización. Además, no solo significa que ocupan menos volumen por unidad de peso, lo que facilita su almacenamiento y transporte, sino también está asociado con una mayor cantidad de endospermo, fundamental para la calidad y el rendimiento de la harina (Zalba, 2023).

En contraste, un peso hectolítrico bajo sugiere granos menos densos y más livianos, hecho que puede tener un impacto negativo en la eficiencia de la molienda y en la capacidad para cumplir con los estándares de calidad de la industria alimentaria (Tabla 5).

Tabla 5

Parámetros de calidad para trigo nacional requeridos para la industria

Humedad	Impurezas	Peso hectolítrico	Quintal
%	%	Kg hl^{-1}	Kg
13	2	74	43.36

Nota. El peso hectolítrico es el peso volumétrico en kg de una muestra de trigo en un hectolitro.

El precio del trigo se ve afectado cuando los valores de los parámetros de calidad se encuentran entre los siguientes rangos: humedad entre 14 % y 15 %, impurezas entre 2 % y 5 % y un peso hectolítrico de 74 kg hl^{-1} o menos en 1000 kg de trigo (Garófalo et al., 2011).

En lo que respecta al umbral óptimo de peso del trigo, que es medido en kilogramos por hectolitro (kg hl^{-1}), es crucial para evaluar la calidad y la viabilidad de las variedades: para

aquellas mejoradas se establece un rango de peso de 67.2 kg hl^{-1} a 79.2 kg hl^{-1}.En cambio, las líneas promisorias presentan un umbral de peso más bajo, mínimo 66.1 kg hl^{-1} y máximo 74.2 kg hl^{-1}, y aunque pueden ofrecer un rendimiento prometedor, su peso específico tiende a ser ligeramente inferior al de las variedades mejoradas (INIAP, 2023).

2.9.2 Tipo de grano

El peso y la densidad del grano son factores que afectan el rendimiento de la molienda y la eficiencia del proceso. Los granos más grandes contienen más endospermo, esencial para la producción de harina, lo que impacta la cantidad y calidad del producto final. Asimismo, la forma y estructura del grano son vitales en la industrialización y comercialización del trigo, ya que los granos uniformes y compactos son preferidos por la industria molinera, lo que mejora la calidad de la harina y las propiedades de los productos horneados (Llumitaxi, 2024).

2.10 Marco legal

La investigación se llevó a cabo en base de los parámetros de las leyes y artículos que rigen en el Ecuador, como lo declara la constitución reafirmada en el 2021, la cual manifiesta en el Art. 281, “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente”, en cual a su vez resalta que el estado ecuatoriano debe impulsar la producción, pesca, y transformar la agroalimentaria de pequeñas y medianas unidades productivas.

Por otro lado, en el plan de desarrollo del 2021-2025 “Creación de oportunidades”, menciona en el objetivo 3: “Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícolas, industrial acuícola y pesquero, bajo el enfoque de economía circular”, en la que implica mejorar la producción y competitividad en los sectores agropecuarios, de esta manera también se incentiva al acceso a infraestructura, insumos y tecnologías modernas que a su vez impulsan la seguridad y soberanía alimentaria para satisfacer la demanda. Por otro lado, la Asamblea Nacional del Ecuador en la ley Orgánica del Régimen Alimentario, regula los derechos del buen vivir, en el cual se establece políticas para fortalecer la agrobiodiversidad a través de bancos de semillas, protección de cultivos respetando los conocimientos tradicionales y ancestrales como la asociación de cultivos, la investigación y la conservación de especies.

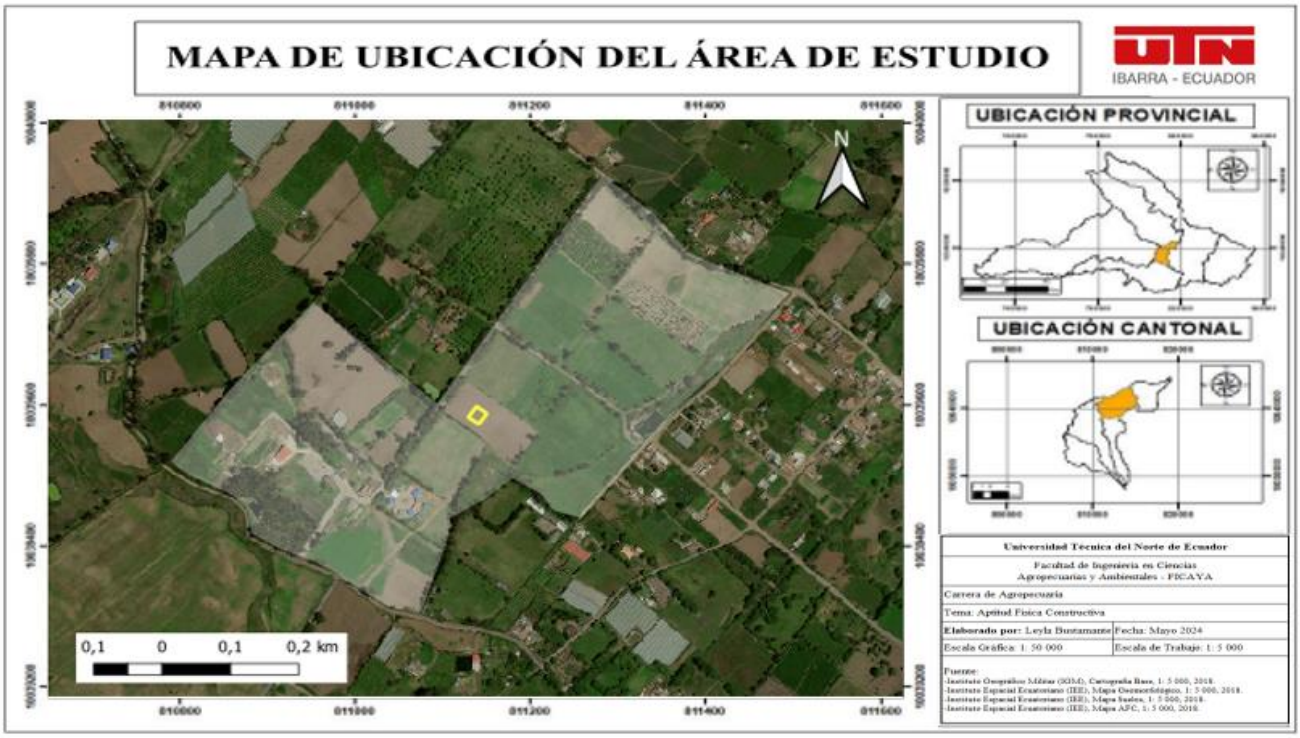
En la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, en el Art. 1 menciona que la ley busca “proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y agricultura, de esta manera asegura 13 la producción y acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable”.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, lugar en el que se realizó la evaluación agronómica de cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero (Figura 1).

Figura 1
Ubicación geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo harinero



3.1.1 Ubicación política y características agroclimáticas

La parroquia San José de Chaltura, del cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura, presenta un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo con una altitud de 2 336.66 m s.n.m., una latitud de 0º21'18.39" N y una longitud de 78º12'18.82" W (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2023). Las características agroclimáticas las detalla la Tabla 6.

Tabla 6

Caracterización edafoclimáticas del área de estudio de la evaluación agronómica

Características edafoclimáticas	Rangos
Temperatura baja	9.5 °C
Temperatura media	16 °C
Temperatura máxima	24 °C
Precipitación media anual	750 mm/año
Humedad relativa	72 %
Tipo de suelo	Franco arcilloso

Nota. INAMHI (2023)

3.2 Materiales

Los materiales de campo, equipos, insumos y herramientas utilizadas durante la investigación los detalla la Tabla 7.

Tabla 7

Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales de campo	Equipos	Insumos	Materiales de oficina	Herramientas
- Lote de terreno - Cinta métrica - Estacas de madera - Piola para trazado de parcelas - Cámara fotográfica - GPS - Tractor con arado y rastra - Ventilador para la limpieza de granos	- Computadora - Calculadora - Impresora - Programa - estadístico - Infostat - Balanza - electrónica - Balanza - hectolítrica - Contadora - eléctrica de granos - Medidor de - humedad de granos	- Semillas de trigo harinero	- Cuaderno - Libro de campo - Lápiz - Esfero	- Herramientas de labranza - Bomba de fumigación

3.3 Métodos

El estudio fue de tipo experimental y de campo en colaboración con el proyecto FIASA-UEB-INIAP. Los datos obtenidos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT versión 2022.

3.3.1 Factor en estudio

En la presente investigación se comparó cuatro líneas promisorias con respecto a una variedad comercial de trigo harinero, estas semillas fueron proporcionadas por el Instituto de

Investigaciones Agropecuarias y la Universidad Estatal de Bolívar, mismas que tienen el siguiente origen y código (Tabla 8).

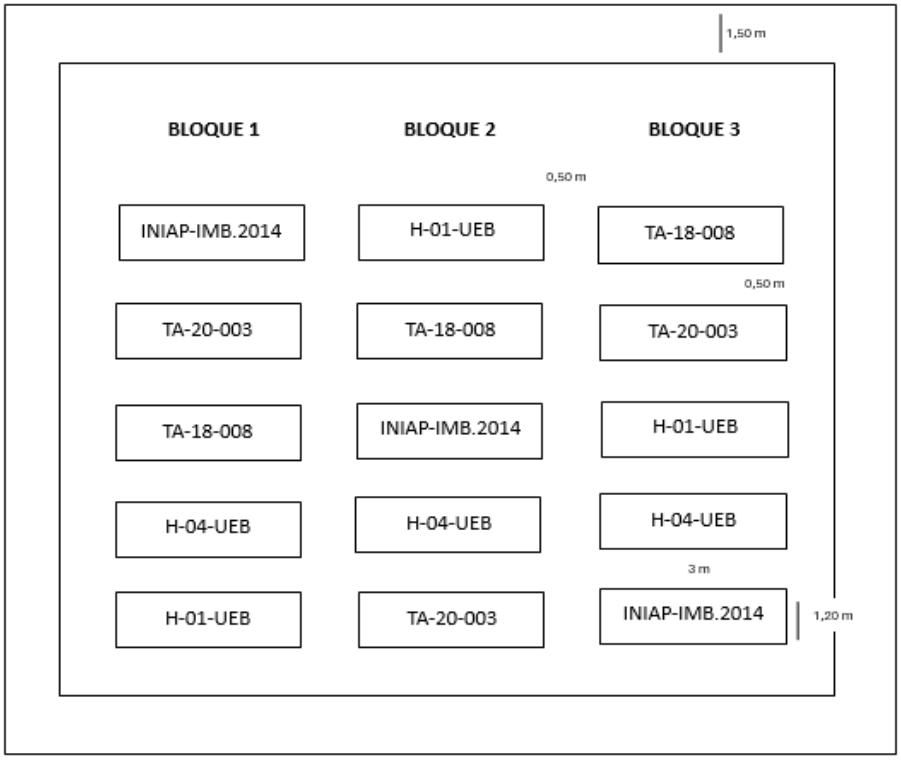
Tabla 8
Variedades, líneas promisorias, origen y código del trigo

Germoplasma	Origen	Código
TA-18-008	INIAP	INIAPCOJITAMBO/5/TINAMOU/LIRA//VIREE#7/4 /BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI
TA-20-003	INIAP	SAUAL/YANAC//SAUAL/3/BECARD/QUAIU #1
H-01-UEB	UEB	E10-20435-1E-0E-2E-0E-9E-0E
H-04-UEB	UEB	CMSS11B00183S-099M-099NJ-099NJ-14WGY-0B
INIAP-IMBABURA.2014	INIAP	EC-INIAP-BEESC-MGC.Quito(INIAP/Pl-412)

3.3.3 Diseño experimental

El proceso requirió implementar un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, aspectos detallados en la Figura 2:

Figura 2
Esquema del diseño experimental



3.3.4 Características del experimento

- Área total del ensayo: 132 m^2
- Número de líneas promisorias: 4
- Número de variedades: 1

- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 15
- Área de la unidad experimental: 3.6 m^2
- Densidad de siembra para el área experimental: 65 g

3.3.4.1 Características de la unidad experimental. Las características de la Tabla 9 se establecieron para la evaluación de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero por parte de proyecto FIASA-UEB-INIAP.

Tabla 9

Medidas del diseño experimental del estudio de líneas promisorias de trigo harinero

Datos	Medidas
Área total de la parcela	132 m²
Área de la parcela neta	1.47 m²
Área de la unidad experimental	3.6 m²
Largo de la parcela	3 m²
Ancho de la parcela	1.20 m²
Distancia entre unidad experimental	0.50 m²
Distancia entre bloques	0.50 m²
Densidad de siembra	65 g

3.3.5 Análisis estadístico

Como se indicó, el análisis requirió utilizar el programa estadístico INFOSTAT versión 2022 y aplicar la prueba de significancia de LSD Fisher al 5 % (Tabla 10).

Tabla 10

Tabla del ADEVA del estudio de líneas promisorias de trigo harinero

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloque	*b-1*	3-1=2
Líneas promisorias de trigo harinero	*a-1*	5 – 1 = 17
Error	*(a-1) (b-1)*	(5-1) (3-1) = 8
Total	*(a)(b)-1*	(5)(3)– 1 = 15

3.4 Variables evaluadas

Se establecieron 11 variables sobre la base del documento del INIAP realizado por Ponce-Molina et al. (2019), *Parámetros de evaluación y selección de cereales. Manual No.111*; cada una está detallada en los siguientes puntos. Cabe acotar que las variables porcentaje de emergencia y vigor fueron determinadas a los 17 días posteriores a la siembra.

3.4.1 Porcentaje de emergencia

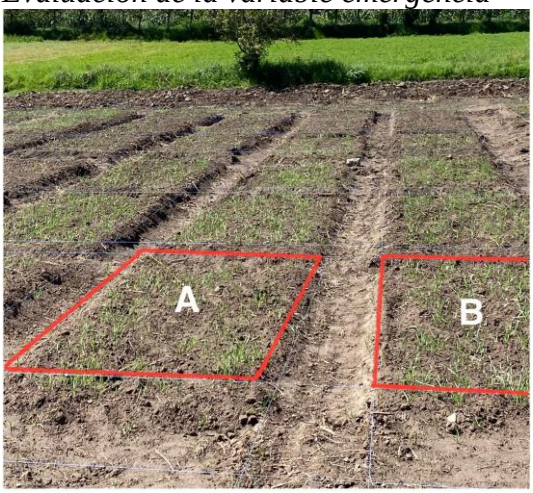
El proceso implicó efectuar una evaluación visual del número de plántulas emergentes en cada unidad experimental, las cuales se clasificaron en tres niveles: bueno, regular o malo (Tabla 11), mientras que en la Figura 3 se muestra la evaluación del % de emergencia de dos parcelas de campo. Las observaciones fueron realizadas durante la etapa de desarrollo Z12, conforme a la escala de Zadoks, caracterizada por la presencia de dos a tres hojas desarrolladas. Los datos son expresados en porcentaje con la finalidad de cuantificar rigurosa y comparativamente el nivel de emergencia.

Tabla 11
Escala de evaluación de germinación en cereales

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

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 3
Evaluación de la variable emergencia



3.4.2 Vigor

Este parámetro se lo evaluó visualmente por medio de una sola toma de cada unidad experimental durante la etapa de desarrollo Z 12. El proceso implicó comparar el desarrollo de las plantas de la parcela con referencia a la escala de 1 a 5, la cual se la expresa como bueno, regular o malo (Tabla 12). En la Figura 4 se ilustra la evaluación del vigor de una planta tomada de la unidad experimental.

Tabla 12
Escala de evaluación de vigor

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Buena	Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas.
2		Escala intermedia.
3	Regular	Plantas y hojas medianamente desarrolladas.
4		Escala intermedia.
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas.

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 4
Evaluación de la variable vigor



3.4.3 Hábito de crecimiento

Esta variable fue evaluada visualmente una vez que el cultivo transitó entre los periodos Z 20 y Z 29, específicamente en la etapa de macollamiento. Se tomó un único dato por cada unidad experimental en función de la escala de evaluación de la Tabla 13 de acuerdo con una escala que va de 1-erecto a 3-postrado. En la Figura 5, se observa la evaluación de hábito de una parcela en campo.

Tabla 13
Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba.
2	Intermedio	Hojas dispuestas diagonalmente y forman un ángulo de 45 grados.
3	Postrado	Hojas dispuestas horizontalmente sobre la superficie del suelo.

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 5

Evaluación de la variable hábito de crecimiento



3.4.4 Días al espigamiento (número de días)

El registro de la variable consistió en detallar el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando las parcelas presentaron el 50 % de espigamiento; según la escala de Zadoks, corresponde al periodo Z 55, mitad de la inflorescencia emergida. Se realizaron así lecturas continúas debido a que los materiales espigan en diferentes días (Figura 6).

Figura 6

Evaluación de la variable días de espigamiento



3.4.5 Altura de planta (cm)

Consiste en el tamaño final de la planta durante su completo desarrollo. Para determinar los centímetros, se midió con una varilla desde la superficie del suelo de la planta hasta el extremo de la espiga, incluyendo las aristas. Esta variable fue evaluada una vez que el cultivo alcanzó la madurez comercial, que corresponde a la etapa Z 91 de la escala de Zadoks (Cariópside duro) (Figura 7).

Figura 7
Evaluación de la variable altura de la planta



3.4.6 Tipo de paja (acame de tallo)

Consiste en la dureza y la flexibilidad del tallo para tolerar el viento y el acame. Este parámetro se lo evaluó durante el desarrollo del cultivo y en función de la Tabla 14, la cual detalla la escala de Zadoks, pertenece al periodo Z 91. En la Figura 8 se visualiza un tipo de paja intermedio.

Tabla 14
Escala de evaluación de tipo de paja en cereales

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Tallo fuerte	Tallos gruesos, erectos y flexibles que soportan el viento y el acame.
2	Tallo intermedio	Tallos no muy gruesos, erectos y medianamente flexibles que soportan parcialmente el viento y el acame.
3	Tallo débil	Tallos delgados e inflexibles que no soportan el viento y el acame.

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 8
Evaluación de la variable tipo de paja



3.4.7 Días a la cosecha

Para la medición de este parámetro se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando las parcelas estuvieron en etapa de maduración fisiológica. Las lecturas fueron continúas debido a que los materiales maduraron en diferentes días (Figura 9).

Figura 9
Maduración del grano del trigo harinero



3.4.8 Reacción a enfermedades

La evaluación de las enfermedades se realizó en tres estados de desarrollo fenológico: 1) la planta con la hoja bandera desarrollada, 2) la etapa de espigamiento y 3) la fase de grano lechoso-pastoso. Los datos fueron tomados de la hoja bandera y de una hoja anterior, al ser responsable del 80 % al 90 % de la materia seca acumulada de los granos.

3.4.8.1 Manchas foliares. -Para la evaluación sanitaria en manchas foliares, se utilizó la escala de severidad propuesta por Hosfall-Barrat, la cual provee una valoración numérica con intervalos según la severidad de la infección (Ponce-Molina et al., 2019) (ver Tabla 15) y en la Figura 10 se muestra una escala de la afectación de la enfermedad en la hoja de la planta.

Tabla 15
Escala para la evaluación de la severidad en manchas foliares

Grado	Porcentaje de enfermedad	Porcentaje de salud	Grado fórmula (%)
0	0	100	1.17
1	0-3	97-100	2.34
2	3-6	94-97	4.68
3	6-12	88-94	9.37
4	12-25	75-88	18.75
5	25-50	50-75	37.50
6	50-75	25-50	62.50
7	75-88	12-25	81.25
8	88-94	6-12	90.63
9	94-97	3-6	95.31
10	97-100	0-3	97.66
11	100	0	98.62

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 10

Escala de severidad (0-9) para manchas foliares

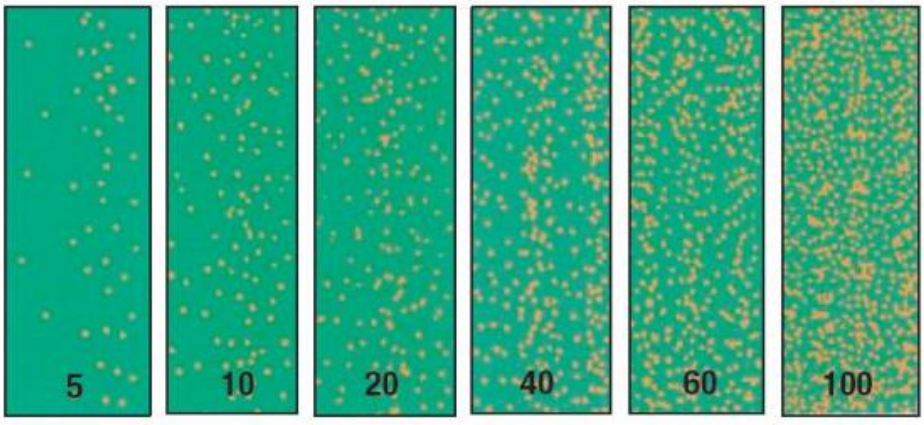


Nota. Tomado de (Máryory et al., 2019)

3.4.8.2 Severidad de roya amarilla *(Puccinia striiformis f.sp.)* **y roya de la hoja** *(Puccinia triticina f.sp.)*. - Se utilizó la escala de severidad (porcentaje de roya en plantas) del Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para determinar la severidad en roya. El proceso requiere de observaciones e intervalos de porcentaje según la severidad de la infección (Ponce-Molina et al., 2019) (Figura 11).

Figura 11

Escala de severidad de roya en porcentajes



Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

3.4.8.3 Tipo de reacción en roya. - El tipo de reacción a la roya se lo determinó mediante la escala de la Tabla 16.

Tabla 16

Escala para determinar el tipo de reacción en royas

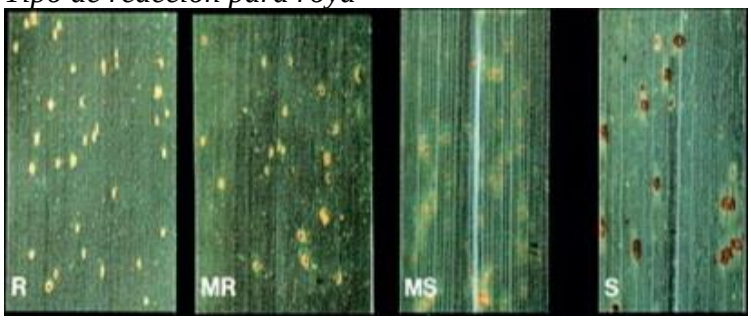
Reacción	Descripción	%
0	Ningún síntoma visible en la planta.	0
R	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias.	1-4
MR	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.	5-29
MS	Uredias de tamaño medio, posiblemente rodeados de clorosis.	30-49
S	Grandes uredias, generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.	Mayor al 50

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

La Figura 12 muestra de manera más detallada el tipo de reacción para roya de la hoja.

Figura 12

Tipo de reacción para roya

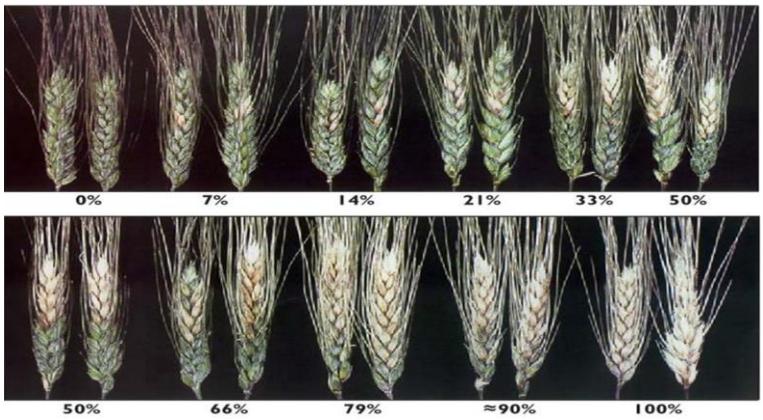


Nota. Tomado de Roelfs et al. (1992)

3.4.8.4 Severidad en Fusarium *(Fusaruim spp)*. - La evaluación de la enfermedad se la determinó en tres etapas de desarrollo: espigamiento, grano lechoso-pastoso y grano pastoso. Para tal efecto, fue necesario emplear la escala diagramática propuesta por Stack y McMullen (2011), la cual permite determinar visualmente el nivel de afección en la espiga (Figura 13).

Figura 13

Escala de severidad por Fusarium



Nota. Tomado de Stack y McMullen (2011)

3.4.8.5 Virus del enanismo amarillo *(Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).* La evaluación visual se realizó en función de la escala descrita por Schaller y Qualset (1980), con el fin de determinar el grado del daño causado por virosis (Tabla 17), En la Figura 14 se muestra el aspecto de la incidencia del virus del enanismo amarillo *BYDV* en el cultivo de trigo.

Tabla 17
Escala para la evaluación de la incidencia en virus BYDV

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; mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1 y más hojas decoloradas.
3	Amarillamiento de cantidad moderada a baja y sin 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 y cierto enanismo.
6	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado y apariencia pobre de la planta.
7	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado u apariencia pobre de la planta.
8	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado y apariencia pobre de la planta.
9	Enanismo severo, amarillamiento completo, espigas escasas, considerable esterilidad, madurez acelerada o secamiento de la planta antes de la madurez.

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 14
Aspecto del virus del enanismo amarillo (BYDV)



Nota. Tomado de Villamayor y Diez (2021)

3.4.9 Rendimiento de grano

El parámetro indica la producción potencial en grano de cada material; su valor está dado en gramos por parcela, en este caso no se tomó en cuenta el 10% de pérdida en postcosecha,

debido a que se lo realizó de manera mecanizada; además se lo transformó a kg ha^{-1}. La producción de cada unidad experimental se pesó con la ayuda de una balanza electrónica, para lo cual debía el grano estar totalmente limpio y con el 13 % de humedad (Figura 15).

Figura 15
Evaluación de la variable rendimiento de grano



3.4.10 Peso hectolítrico

Tras disponer los granos de trigo harinero dentro de un contenedor cilíndrico de 1 litro, con una regla de madera se niveló el borde superior y, posteriormente, el envase se colocó en una balanza electrolítica; dado que la unidad de medida era g l^{-1}, tuvo que transformarse a kg hl^{-1}. Hay que tener en cuenta que, cuanto mayor peso se alcanza, mejor es la calidad del producto Ponce-Molina et al. (2022) (Figura 16).

Figura 16
Evaluación de la variable peso hectolítrico



3.4.11 Tipo de grano

Se clasificaron los granos por color, tamaño, forma, uniformidad o daño en función de la escala de la Tabla 18. Todos los granos debían estar totalmente secos y con el 13 % de humedad para ser evaluados (Figura 17).

Tabla 18
Escala de evaluación para tipo de grano en trigo

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

Nota. Tomado de Ponce-Molina et al. (2019)

Figura 17
Evaluación de la variable tipo y color de grano



3.5 Manejo del experimento

El experimento estuvo alineado al manual del INIAP (Ponce-Molina et al. 2020), *La Cebada (Hordeum vulgare L.): generalidades y variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana.*

3.5.1 Selección del terreno

Las consideraciones del lote fueron dos: no haber sido cultivado con ningún cereal el ciclo anterior y de preferencia que no tenga más del 5 % de pendiente (Figura 18).

Figura 18
Selección del lote para la investigación



3.5.2 Trazado de parcelas

Previo a la preparación del suelo, se delimitaron las parcelas con piolas y estacas, tal como lo indica la Figura 19.

Figura 19
Delimitación de parcelas



3.5.3 Preparación del suelo

La preparación del suelo requirió efectuar el arado del disco para que esté suelto y nivelado, permita una correcta aireación y el desarrollo de las raíces de las plantas de trigo, favorezca la germinación y facilite el establecimiento del cultivo (Figura 20).

Figura 20
Preparación del lote con maquinaria agrícola



3.5.4 Manejo nutricional (fertilización)

El manejo nutricional para el trigo harinero se realizó en base a los requerimientos generales del trigo detallados en la Tabla 19 utilizado en otras provincias, como Bolívar, Tungurahua y Cotopaxi, que forman parte del mismo proyecto. Para ello se aplicó una fertilización a la siembra con 110 g de 10-30-10 y 40 g de Sulphomag, una fertilización al ahijamiento con 18 g de Urea y 9 g de 10-30-10 y finalmente una fertilización al macollamiento con 18 g de Urea. Esto permitió evaluar la adaptabilidad del cultivo bajo diferentes condiciones

climáticas sin que el manejo nutricional influyera en los resultados. Se aplicó una dosis uniforme por unidad experimental de 3.6 m² (ver Tabla 20, y Figura 21).

Tabla 19

Aporte nutricional según los requerimientos del trigo

Descripción	N	P	K	Ca	Mg	S
Requerimiento por hectárea (kg ha^{-1})	104	17	66	10	14	17
Requerimiento por lote (kg/lote)	104	17	66	10	14	17
Aportado con nutrición mineral	79.06	99.17	57.50	0.00	18.89	14.44
Balance	-24.94	82.17	-8.50	-10.00	4.89	-2.56

Tabla 20

Fertilización de acuerdo con el proyecto de investigación

Descripción	g/UE	Kg ha^{-1}
Fertilización a la siembra		
10-30-10	110	305.56
Sulphomag	40	111.11
Fertilización en ahijamiento		
Urea	18	50.00
10-30-10	9	25.00
Fertilización al macollamiento		
Urea	18	50.00

Figura 21

Fertilización al macollamiento



La fertilización se realizó bajo las recomendaciones del International Plant Nutrition Institute (IPNI, 2018), que proporciona los requerimientos nutricionales para cereales sobre la base de investigaciones efectuadas en Latinoamérica.

3.5.5 Siembra

La siembra del trigo se realizó manualmente al voleo, distribuyendo las semillas de manera uniforme sobre el terreno. Posteriormente, se taparon con rastrillos para nivelar la tierra y

azadones para compactar ligeramente el suelo, asegurando el buen contacto de las semillas con la tierra (Figura 22).

Figura 22
Siembra manual de trigo



3.5.6 Densidad de siembra

La densidad de siembra de cada línea promisoria y variedad se calculó según las indicaciones de los técnicos del proyecto FIASA-CA-23-010, por parte de la Universidad Estatal de Bolívar: 65 g de semilla por parcela la cual contó con 3.6 m^2.

3.5.7 Control de malezas

El control consistió en aplicar el herbicida específico para malezas de hoja ancha, Metsulfurón metil, en dosis de 0.39 g para 132 m² durante el macollamiento (etapa de Zadoks Z 20).

3.5.8 Cosecha

La cosecha fue manual. El producto se colocó en sacos etiquetados según la unidad experimental correspondiente asegurando así un manejo cuidadoso del producto. Esta práctica facilitó la organización y el seguimiento de los resultados, garantizando una identificación clara durante el análisis posterior (Figura 23).

Figura 23
Cosecha manual



3.5.9 Trilla

El proceso se llevó a cabo de forma mecánica mediante una trilladora experimental. El grano trillado fue almacenado en fundas de tela con el código correspondiente a la información del ensayo (Figura 24).

Figura 24
Trilla del trigo



3.5.10 Controles fitosanitarios

Parte del ensayo implicó evaluar la incidencia y severidad de las principales enfermedades, por lo que no se realizó aplicación alguna de agroquímicos.

3.5.11 Secado de la semilla

Posterior a la cosecha y trilla, se procedió al secado de la semilla hasta obtener una humedad de grano de máximo el 13 % y almacenado en fundas de tela (Figura 25).

Figura 25
Secado y medición de la humedad de la semilla



CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

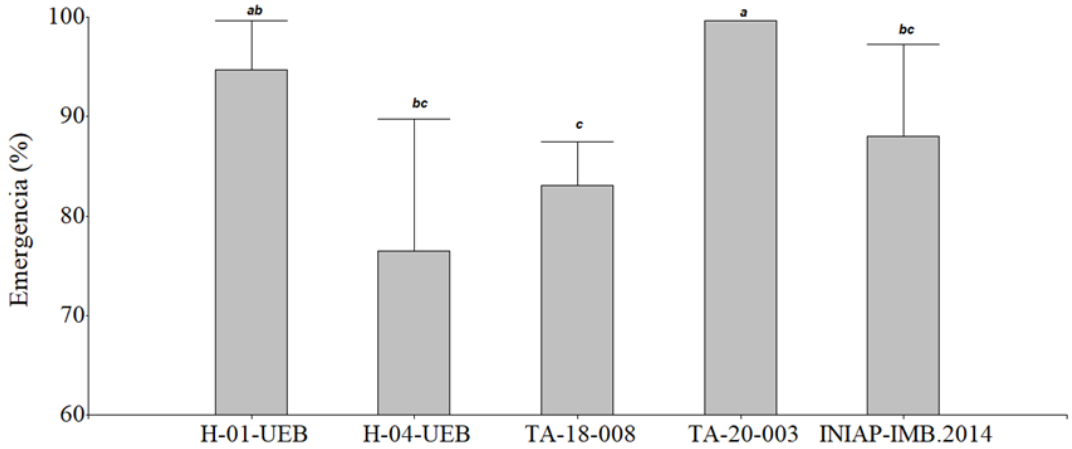
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de 4 líneas promisorias y una variedad mejorada de *Triticum aestivum* L. bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, en donde se evaluaron 11 variables agronómicas y morfológicas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo durante la campaña noviembre 2023 – marzo 2024, las condiciones climáticas se caracterizaron por temperaturas moderadas, con mínimas entre 10 y 15 °C y máximas entre 20 y 25 °C. La precipitación fue variable, con un promedio de 184 mm, lo que favoreció el desarrollo del cultivo, aunque se registraron algunas sequías temporales que exigieron un manejo adecuado del riego.

4.1 Porcentaje de emergencia

Los datos se recopilaron a los 17 días después de la siembra. En este contexto, se pudieron identificar diferencias estadísticamente significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero ($F=196$; $gl=1.8$; $p<0.0001$). A través de la prueba estadística LSD de Fisher con el 5 % de significancia, se observó que la línea promisoria TA-20-003 mostró el porcentaje más alto de germinación con un 100 %, seguida de la línea H-01-UEB. En cambio, la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 y la línea promisoria H-04-UEB presentaron porcentajes de germinación inferiores al 90%, en contraste con TA-18-008, que tuvo el porcentaje de germinación más bajo de todas (Figura 26).

Figura 26

Resultados obtenidos para porcentaje de emergencia de líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



La escala de evaluación de emergencia en cereales indica que valores entre el 81 % y 100 % de plantas germinadas se considera como un nivel bueno (Ponce-Molina et al., 2021). En este sentido, los resultados de la presente investigación indican que la variable evaluada se mantiene en un rango bueno. Vargas (2023) menciona que un buen porcentaje de germinación puede incidir en el rendimiento, ya que refleja la capacidad de las semillas para establecerse efectivamente, sin embargo, es fundamental considerar que este porcentaje puede estar sujeto al tiempo de almacenamiento; condiciones inadecuadas pueden comprometer la viabilidad de las semillas (Hernández-Muñoz et al., 2017). Por lo tanto, las semillas pudieron haber experimentado respuestas distintas. Lo que explicaría la diferencia en la línea TA-18-008 de germinación, la cual se sitúa en el límite inferior del rango considerado bueno por lo que podría impactar negativamente el rendimiento final, ya que sugiere una menor capacidad de establecimiento.

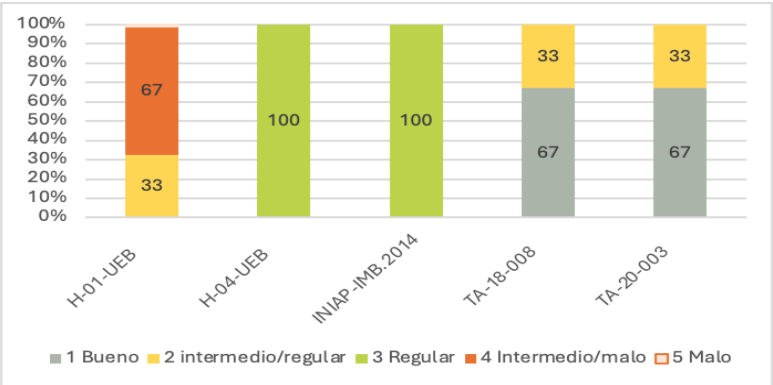
4.2 Vigor

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que si existe asociación entre las líneas evaluadas y el vigor de la planta (gl=12; χ^2=0.0148). El vigor fue medido mediante parámetros descriptivos basado en una escala gradual: el valor de 1 muestra un estado bueno y 5 corresponde a un estado malo (no se identificó material evaluado a este nivel). En la Figura 27 se observa que las líneas TA-18-008 Y TA-20-003 presentan el 67 % de plantas con buena vigorosidad.

Por otro lado, la variedad INIAP-IMBABURA.2014 y la línea H-04-UEB presentan el 100 % de las parcelas evaluadas con características de vigor tipo regular, mientras que la línea H-01-UEB presentó el 67 % en la escala de vigor intermedio-malo.

Figura 27

Resultados del vigor de líneas promisorias y una variedad mejorada del trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



El vigor, es la capacidad de una planta para crecer y adaptarse a su entorno, varía significativamente según la genética de cada línea Voisin y Uranga (2022). Esto propone que las diferencias en vigor se deben principalmente a factores genéticos. En este contexto, la línea H-01-UEB mostró un 67 % en la escala de vigor intermedio-malo, probablemente por su menor capacidad de adaptación a las condiciones evaluadas.

El estudio de Pichucho (2022), llevado a cabo en el Centro de Experimentación Académica de la provincia de Cotopaxi, caracterizada por una T° media de 10 °C a 18 °C y una altitud de 2 850 m s.n.m. evaluó cuatro líneas promisorias y la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014, la cual presentó vigor 2 (intermedia regular), mientras que en la presente investigación la misma variedad alcanzó el nivel 3 (regular), lo que podría estar relacionado con las deficientes condiciones hídricas en Chaltura.

Dado que, durante el establecimiento del cultivo (diciembre-2023) las precipitaciones llegaron a 186 mm (INAMHI, 2023). Muy por debajo del rango óptimo de 300 mm a 400 mm recomendado para el desarrollo del trigo (Melion et al., 2023). Aunque se implementó un sistema de riego, este pudo no haber sido suficiente para satisfacer las necesidades hídricas, por lo que posiblemente limitó la expresión completa del potencial genético de las variedades.

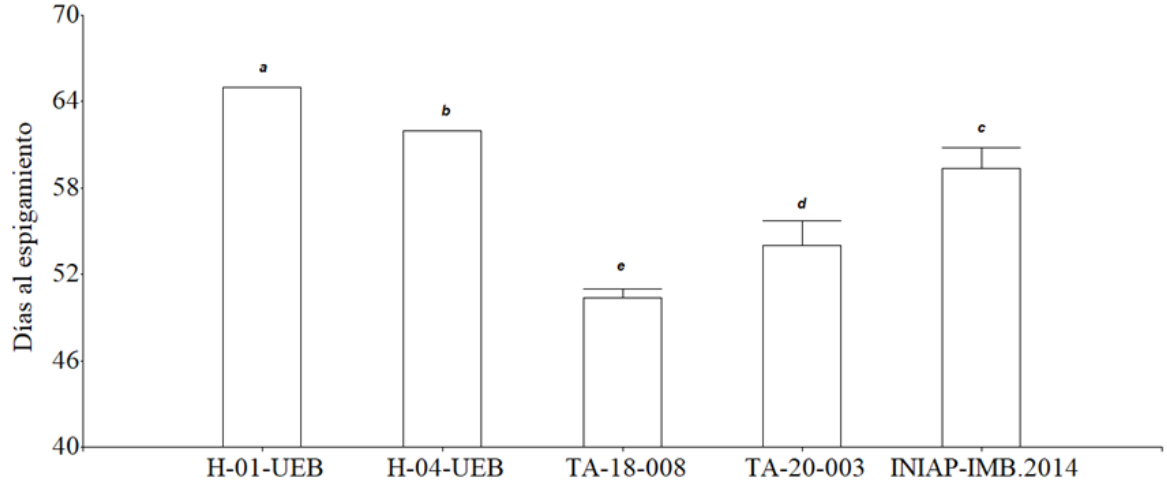
4.3 Días al espigamiento

Existen diferencias estadísticas significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero ($F=14622.76$; $gl=4.8$; $p<0.0001$) entre las líneas evaluadas y los días al espigamiento. Por medio de la prueba de LSD de Fisher al 5 %, se identificó que las líneas H-04-UEB y H-01-UEB fueron las que más tardaron en espigar: 62 y 65 días, respectivamente. En cambio, las líneas que espigaron entre los 50 y 54 días fueron TA-18-008 y TA-20-003 respectivamente; en promedio, siete días menos que la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 (Figura 28).

El estudio de Pichucho (2022) evidenció que la línea TA-18-008 alcanzó la etapa de espigado a los 56 días en la provincia de Cotopaxi, valor relativamente similar al obtenido en la presente investigación (50 días). No obstante, difiere del trabajo de Galarza (2023), en el que el espigamiento ocurrió a los 63 días en Tungurahua.

Figura 28

Resultados de días al espigamiento de la evaluación de una variedad y líneas promisorias de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



Hortelano et al. (2013) resalta que las variedades de trigo se comportan de manera diferente en función del ambiente de producción. Por lo que, TA-18-008 pudo haber obtenido una adecuada adaptación a las condiciones ambientales predominantes de Chaltura, lo que facilita una respuesta fisiológica más rápida en comparación con las demás líneas.

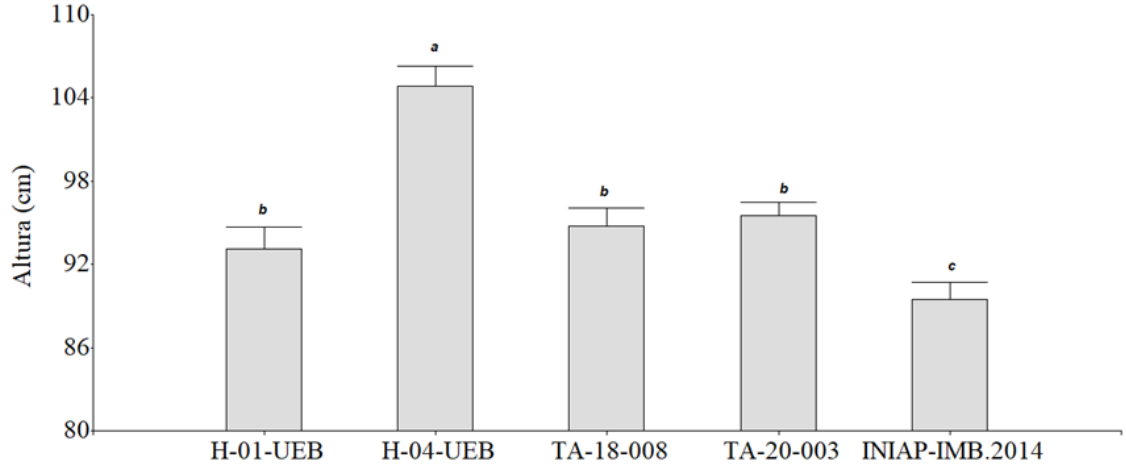
4.4 Altura de planta

Los resultados indican diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de trigo ($F=19.52$; $gl=4.143$; $p<0.0001$). La prueba estadística LSD de Fisher con 5 % de significancia demostró que la línea promisoria H-04-UEB obtuvo la mayor altura con un promedio de 104.87 cm, seguida de TA-20-003, TA-18-008 y H-01-UEB que presentaron resultados similares sobre los 96 cm, mientras que la variedad INIAP-IMBABURA.2014 obtuvo una altura aproximada de 90 cm (Figura 29).

La investigación de Sotaminga (2023), llevada a cabo en el campus Querochaca del cantón Cevallos en Tungurahua evidenció que la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 alcanzó un promedio de 78.33 cm, lo que representa 11 cm menos que el promedio registrado en el presente estudio. En contraste, la línea de mayor tamaño en la investigación de Sotaminga fue TA-20-003, con 97.67 cm, mientras que, en este estudio, la línea H-04-UEB destacó con una diferencia de 7 cm.

Figura 29

Resultados de la altura de planta en líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



Las variedades mejoradas del INIAP generalmente presentan alturas promedio que oscilan entre 85 y 105 cm; de hecho, estudios realizados en la Estación Experimental Santa Catalina han reportado un crecimiento de 103.5 cm (Garófalo et al., 2021). Estas cifras reflejan las características genotípicas y fenotípicas en el desarrollo del trigo harinero, tal como lo han señalado Ponce-Molina et al. (2019) y Márquez et al. (1992). En este contexto, la línea H-04-UEB, al haber alcanzado la altura más elevada, podría ser atribuido a un perfil genético que favorece el crecimiento.

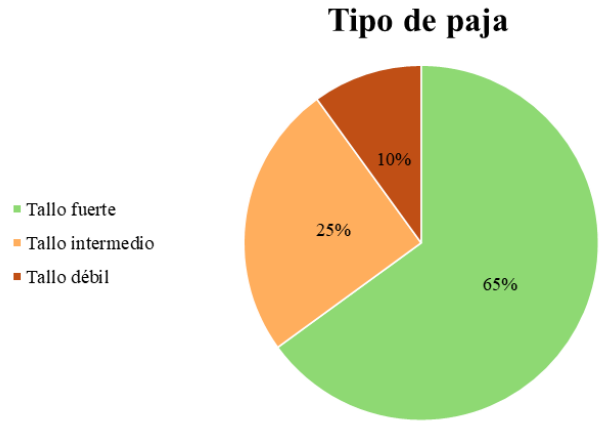
4.5 Tipo de paja

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación (gl=8; $\chi 2$=0.33) entre las todas las líneas evaluadas y el tipo de paja. En la Figura 30 se puede observar que el 25 % del material está en la categoría de tallo intermedio, mientras que el 65 % restante es tallo fuerte.

Al comparar los valores con el trabajo de Sotaminga (2023), llevado a cabo en Querochaca, se observa que no coinciden los datos, pues este último presenta una escala de valorización de tallos débiles del 30% (3). No obstante, sí hay una similitud en las líneas TA-18-008 y TA-20-003, al ubicarse en la escala de valorización 2 (tallo intermedio) y cuyos porcentajes varían en 35 %. Además, en Querochaca, el germoplasma que mayor resultado obtuvo fue TA-18-008, con tallos relativamente fuertes, a diferencia de lo que ocurrió en Chaltura.

Figura 30

Resultados del tipo de paja de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024

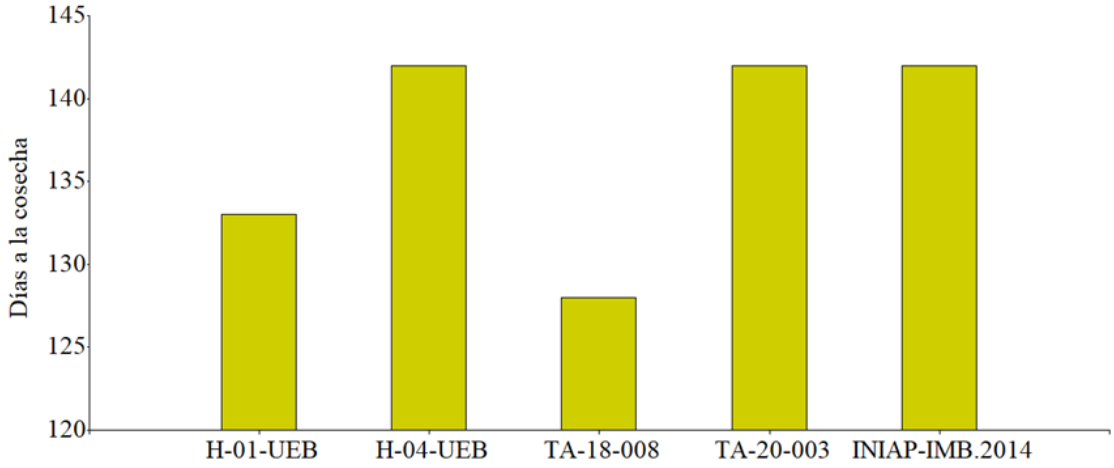


4.6 Días a la cosecha

Los resultados indican diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero (F=5.01; gl=6.513; p<0.0001). La prueba estadística LSD de Fisher con 5 % de significancia mostró que las líneas H-04-UEB y H-01-UEB y la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 requieren el mismo número de días para alcanzar la madurez fisiológica (142 días), lo que constituye el mayor tiempo en comparación con los demás materiales evaluados, es así como las líneas promisorias TA-18-008 y TA-20-003 se cosecharon 12 días antes (Figura 31).

Figura 31

Resultados con respecto a días a la cosecha de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



El estudio realizado por Ramírez et al. (2016) quienes evaluaron agronómicamente ocho variedades liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y dos líneas candidatas a variedades: para la variable días a la madurez fisiológica, los genotipos mostraron respuestas diferenciales al ser trasladados de una localidad a otra. En efecto, Hernández (2017) resalta que el cultivo de trigo y la duración del ciclo de crecimiento están influenciados por la temperatura; por lo tanto, el ciclo de desarrollo más corto observado en H-04-UEB y H-01-UEB puede atribuirse a la interacción entre los factores genéticos y ambientales.

4.7 Porcentaje de severidad en enfermedades

En la tabla 21 se presentan los valores estadísticos respectivos en cuanto a la evaluación de la variable porcentaje de severidad en enfermedades.

Tabla 21
Caracteres cuantitativos de la evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas y una variedad mejorada de trigo harinero

Enfermedades %	Medias	p-Valor
Manchas foliares	26.61	0.2683
Roya amarilla	26.24	0.4388
Roya de la hoja	11.21	0.4830
Fusarium	23.75	0.0009
Virus del enanismo amarillo	20	0.0067

4.7.1 Manchas Foliares

Los resultados demuestran que no existen diferencias numéricas significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero (F=1.58; g=4,8; p=0.2683). En la Tabla 22 se puede observar que la línea TA-20-003 obtuvo un promedio de un 15.49 %, H-04-UEB obtuvo un 21.86 %, TA-18-008 y H-01-UEB presentaron el 34.96 % y el 36.07 %, respectivamente y la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 alcanzó el 24.70 %.

Tabla 22
Porcentaje de severidad en manchas foliares en los materiales en estudio de Triticum aestivum L. *en la granja experimental La Pradera.*

Código	Media	± E.E.
H-01-UEB	36.07	4.91
H-04-UEB	21.86	3.74
INIAP-IMBABURA.2014	24.70	2.91
TA-18-008	34.96	13.77
TA-20-003	15.49	2.80

El rango óptimo de severidad de manchas foliares para un rendimiento normal en trigo harinero es inferior al 20 %, mientras que por encima del 30 % se producen efectos negativos más severos (Martínez et al., 2014).

Dentro de estos rangos, las líneas H-04-UEB, TA-20-003 y la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 se encuentran en el rango óptimo, mientras que las líneas H-01-UEB y TA-18-008 superan el 30 %, lo que indica un riesgo de impacto negativo en su desarrollo.

Las manchas foliares, son causadas principalmente por hongos como *Septoria* y *Pyrenophora*, que prosperan en condiciones de alta humedad y afectan más a plantas con heridas o estrés (Carmona y Sautua, 2018). Por lo que la similitud en los porcentajes de infección entre las diversas líneas y variedades podrían indicar que, a pesar de los avances en la mejora genética, las condiciones ambientales continúan siendo un factor crítico en el desarrollo de esta enfermedad en los cultivos evaluados.

4.7.2 Roya amarilla (Puccinia striiformis f. sp)

El análisis evidencia que no existen diferencias numéricas significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero (F=1.05; gl=4.8; p=0.4388). Demuestra que TA-18-008 y TA-20-003 tienen un promedio de 30.83 % y 29.67 %, respectivamente, mientras que INIAP-IMBABURA.2014 y H-04-UEB presentan un promedio de 24.42 % y 17.40 %, respectivamente (Tabla 23).

Tabla 23
Porcentaje de severidad en roya amarilla en los materiales en estudio de Triticum aestivum L. *en la granja experimental La Pradera.*

Código	Media ± E.E.	
H-01-UEB	28.92	6.09
H-04-UEB	17.40	3.15
INIAP-IMBABURA.2014	24.42	3.96
TA-18-008	30.83	4.04
TA-20-003	29.67	8.08

Al comparar estos resultados con los de Otacama (2022) realizados en la provincia de Cotopaxi en el cual se evaluó el mismo germoplasma, se encontró que la línea TA-18-008 presentó un 10 % de severidad para roya amarilla (*Puccinia striiformis*), mientras que en el presente estudio la misma línea presentó un valor de mayor de incidencia con una diferencia del 20.83 %.

Garófalo-Sosa et al. (2023) mencionan que, en Ecuador, la severidad de la roya en cultivos de trigo harinero puede variar, pero generalmente en rangos inferiores al 20% permiten un

desarrollo aceptable, no obstante, a medida que la severidad aumenta, especialmente por encima del 40%, se observan efectos adversos en la producción. Según estos rangos, todos los materiales promisorios se encuentran dentro del umbral óptimo, sin embargo, la línea TA-18-008 se sitúa cerca del umbral del 40%, lo que indica que, aunque aún no ha alcanzado un nivel crítico, podría empezar a experimentar efectos adversos en el rendimiento si la severidad aumenta.

4.7.3 Roya de la hoja (Puccinia triticina f.sp.)

Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre las variedades y las líneas promisorias de trigo harinero ($F=14.19$; $gl=1.8$; $p<0.48$). En la Tabla 24 se observa que la variedad mejorada INIAP-Imbabura.2014 y la línea H-04-UEB presentan una incidencia de roya de 15.25 % y 14.28 %, respectivamente, mientras que H-01-UEB y TA-20-003 tienen 8.08 % y 7.25 %, respectivamente.

Tabla 24
Porcentaje de severidad en roya de la hoja en los materiales en estudio de Triticum aestivum L. *en la granja experimental La Pradera.*

Código	Media ± E.E.	
H-01-UEB	7.25	1.66
H-04-UEB	14.48	1.68
INIAP-IMBABURA.2014	15.25	8.54
TA-18-008	11.00	4.13
TA-20-003	8.08	1.99

En la investigación de Galarza (2023), la variedad INIAP-IMBABURA.2014 presentó una de las menores severidades de roya, con un promedio del 27.5%, mientras que en Chaltura la misma variedad mostró una reducción del 12.25 %. En comparación, con el estudio realizado por Pichucho (2022) destacó a la línea TA-20-003 como altamente resistente, ya que no se observó presencia de roya.

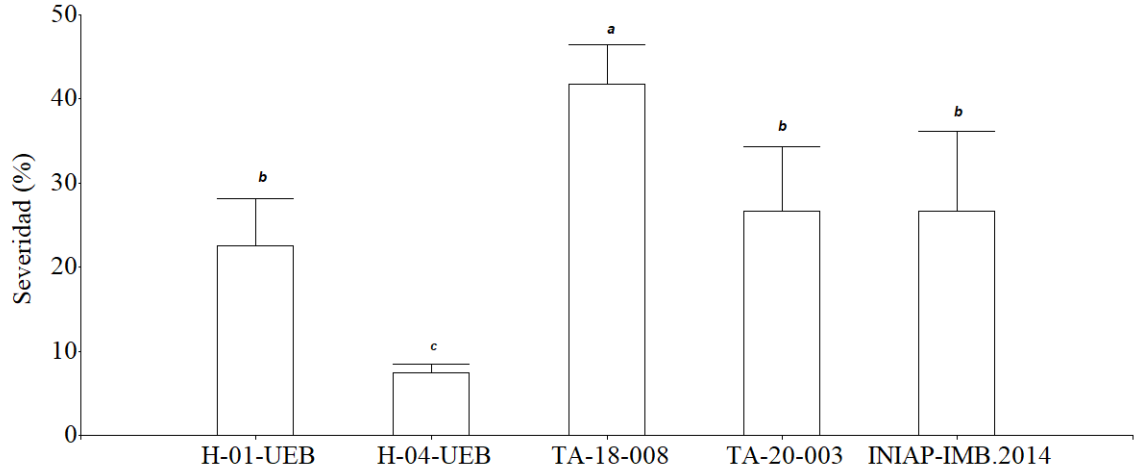
Sin embargo, en la investigación actual, TA-20-003 sí presentó roya, aunque mantuvo un desempeño notable al ubicarse como la segunda línea con menor severidad. Respecto al umbral óptimo de roya antes mencionado por Garófalo, indican que estas líneas están en condiciones favorables para su desarrollo, ya que ninguna supera el 40 %. Los resultados sugieren que la alta presencia de esta enfermedad en la investigación se debe a la excesiva humedad y a los cambios climáticos repentinos.

4.7.4 Fusarium

Los resultados del análisis estadístico demuestran diferencias estadísticas significativas entre las variedades y líneas promisorias de trigo harinero (F=26.05; gl=1.8; p<0.0009). La línea H-04-UEB mostró la menor incidencia, con solo el 7.45 %, mientras que INIAP-IMBABURA.2014, TA-20-003 y H-01-UEB obtuvieron cerca del 38 %. No obstante, TA-18-008 fue la más susceptible, al registrar una incidencia del 41 %, lo que indica una pérdida de producción al encontrarse por debajo del umbral óptimo del 10 % (Figura 32).

Figura 32

Resultados obtenidos para Fusarium de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



Al comparar los resultados obtenidos con la investigación de Pogo (2022), realizada en Cotopaxi (14.2 °C y 3 000 m s.n.m.), se observa una severidad del 0 % en Fusarium en todo el material genético evaluado. El resultado podría ser producto del clima templado-seco, pues esta enfermedad es más propensa a desarrollarse en condiciones de humedad. Sin embargo, a pesar de tener un clima favorable para Fusarium en el presente estudio, la línea promisoria H-04-UEB mostró una incidencia de 7.45 %.

Martins y Hammond (2012) señalan que una planta más alta favorece la creación de microclimas que promueven una evaporación más rápida del exceso de humedad, dificultando el crecimiento del patógeno. Además de mejorar la circulación del aire, lo que reduce la humedad en la base, un área vulnerable a la infección por *Fusarium*, un hongo destacado por prosperar en condiciones húmedas.

La menor severidad observada en la línea H-04-UEB posiblemente esté relacionada con la presencia de genes de resistencia que activan defensas internas en la planta. Esto sugiere que

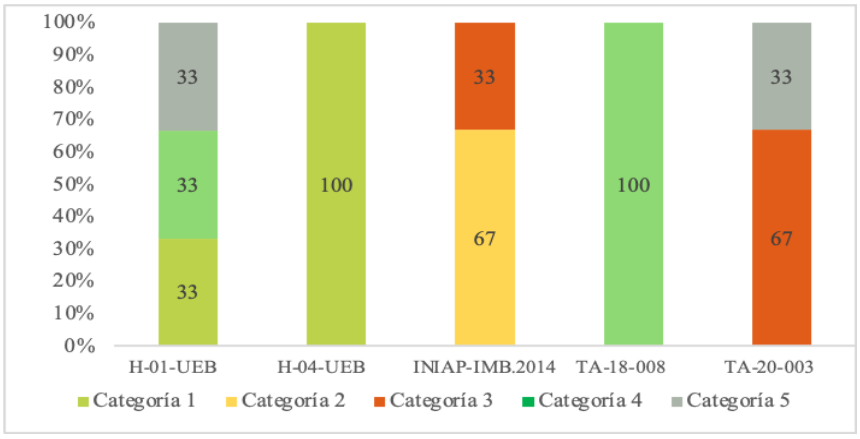
tanto su morfología como sus características genéticas podrían ser factores clave en su desempeño frente a esta enfermedad.

4.7.5 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus) BYDV

Los análisis demuestran que no existe asociación alguna (gl=16; $\chi 2$=0.0067) entre las líneas evaluadas y el virus del enanismo. La Figura 33 expone la presencia de cinco categorías: 1) trazas de amarillamiento en la punta de pocas hojas y plantas de apariencia vigorosa; 2) amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas y 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, pero sin enanismo; 5) amarillamiento más extenso, vigor de la planta moderado o pobre y cierto enanismo.

Figura 33

Variable BYBV de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



La línea H-04-UEB presenta una incidencia al amarillamiento de las hojas, pero sin enanismo, con un 100 % en la categoría 1. Por otro lado, INIAP-IMBABURA.2014 se posiciona en la categoría 2 con el 67 %, presentando amarillamiento moderado y sin enanismo. Finalmente, H-01-UEB y TA-20-001 tienen amarillamiento más extenso y enanismo en 33 % cada una.

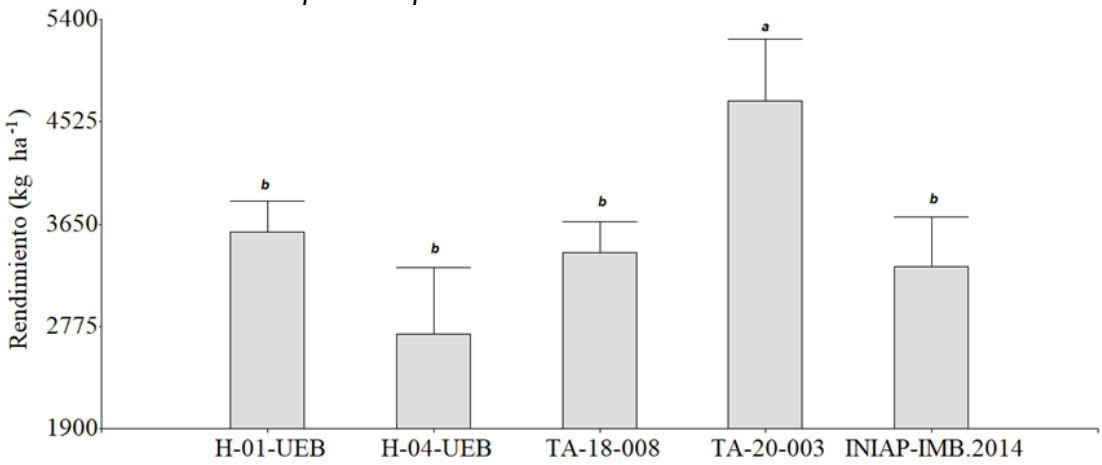
González et al. (2015) destacan que la alta estabilidad genética de cada material genético ayuda a minimizar la variabilidad entre las cepas. Esta homogeneidad genética, junto con condiciones ambientales uniformes, puede haber influido en la respuesta consistente al virus, lo que a su vez reduce la variabilidad en los síntomas y en la manifestación de la infección. Como resultado, esto podría haber dificultado la identificación de diferencias significativas.

4.8 Rendimiento de grano

Los resultados de la variable de rendimiento en kg ha^{-1} indican diferencias significativas entre las variedades y las líneas promisorias de trigo harinero (F=89.6; gl=1.8; p<0.0001). La línea TA-20-003 presenta valores superiores a 4 701.5 kg ha^{-1}, mientras que el resto de las líneas y variedades presentan un rendimiento promedio cercano a los 3500 kg ha^{-1}, Esto implica que TA-20-003 supera a los demás materiales en un promedio del 30 % (Figura 34).

Figura 34

Resultados del rendimiento de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



El estudio de Llumitaxi (2024), realizado en Cotopaxi, demuestra que TA-20-003 supera significativamente a INIAP-IMBABURA.2014 con una diferencia de 2 157.40 kg ha^{-1}, mientras que en el presente estudio se observa una diferencia menor, de solo 1 417.19 kg ha^{-1}. Por otro lado, Pichucho (2022) reporta que TA-20-003 presenta un rendimiento de 4 038.1 kg ha^{-1}, que es inferior al valor registrado en la presente investigación, con una diferencia de 663.61 kg ha^{-1}.

Según Ponce-Molina et al. (2021), el rendimiento óptimo para las variedades mejoradas oscila entre 3 100 kg ha^{-1} y 10 100 kg ha^{-1}, destacando la variedad INIAP-IMBBURA.2014 con un rendimiento de 6 000 kg ha^{-1} determinado en su ficha técnica. En este contexto, los resultados de esta investigación muestran que la línea INIAP-IMBABURA.2014 alcanzó un rendimiento de 3 284.52 kg ha^{-1}, lo que la sitúa dentro del rango óptimo para variedades mejoradas.

Por otro lado, las líneas H-01-UEB y TA-18-008 se acercan al límite mínimo del rango óptimo para líneas promisorias, que va de 4 100 kg ha^{-1} a 7 800 kg ha^{-1} (Unda, 2022). Mientras que, la línea H-04-UEB se encuentra por debajo de este umbral, lo que indica un

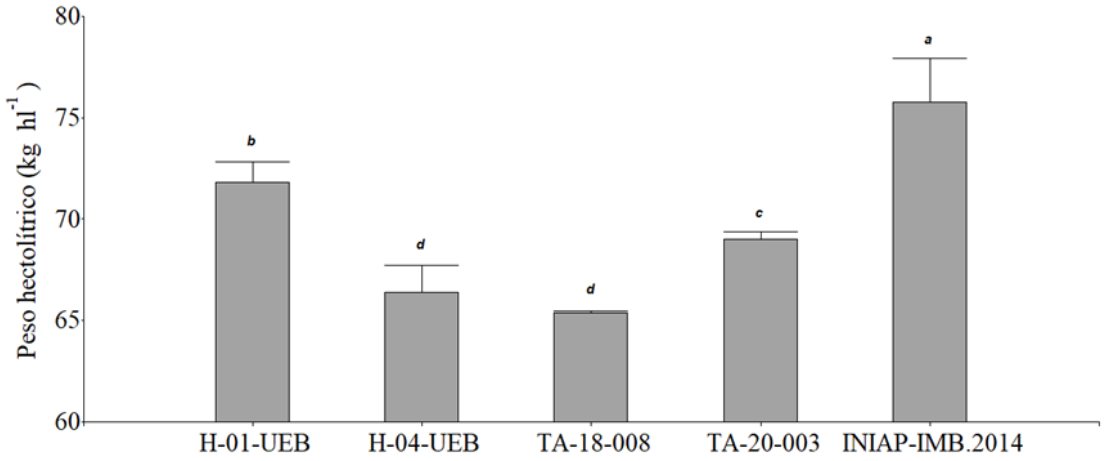
margen de mejora para todas las líneas en las condiciones de cultivo evaluadas a excepción de la línea TA-20-003 quien logró el mayor rendimiento frente a las demás líneas.

4.9 Peso hectolítrico

Los resultados indican diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de trigo harinero (F=6979.95; gl=1.8; p<0.0001). Al aplicar la prueba estadística de LSD de Fisher al 5 % de significancia, se logra apreciar que todos los materiales evaluados presentan distintos valores de peso hectolítrico, siendo la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 la que presenta un valor mayor con una media de 75.79 kg hl^{-1} mismo que supera con 9.9 kg hl^{-1} respecto a la línea TA-18-008 y H-04-UEB que son las que menos valor presentan (Figura 35).

Figura 35

Resultados de peso hectolítrico de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



En la investigación de Pichucho (2022), la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 mostró el mayor peso hectolítrico, alcanzando un valor de 79.13 kg hl^{-1}. Mientras que, en el presente estudio, esta misma variedad presentó un peso hectolítrico inferior, con una diferencia de 3.34 kg hl^{-1}. Es importante señalar que, en ambos estudios, las variedades mejoradas obtuvieron los valores más altos en comparación con el resto de las líneas promisorias, lo que resalta su superioridad en esta característica.

El peso hectolítrico es un indicador clave de la calidad del trigo, ya que refleja la densidad y el tamaño del grano (Zalba, 2023). La variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 presenta un peso de 79.5 kg hl^{-1} en su ficha técnica (Barrios, 2020). Mientras que en el presente

estudio se observó una diferencia de 4 kg hl^{-1}. Esta variación puede atribuirse a factores bióticos que afectan el llenado del grano, como la disponibilidad de agua.

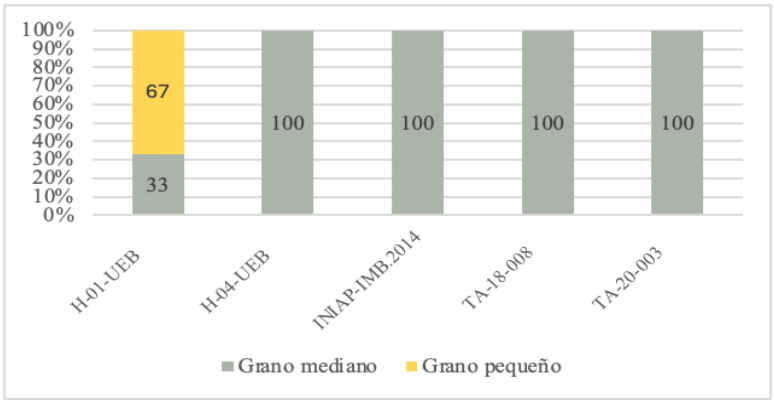
Sin embargo, la menor diferencia indica que, a pesar de las condiciones hídricas, la genética sigue siendo un factor determinante. Las variedades mejoradas están diseñadas para optimizar el tamaño y la densidad del grano, lo que les permite alcanzar su potencial incluso en condiciones deficientes (Ponce-Molina et al., 2019). Por lo tanto, aunque las variaciones pueden ser influenciadas por el ambiente, la genética establece un marco fundamental que influye en la calidad del grano.

4.10 Tipo de grano

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación (gl=4; $\chi 2$=0.0556) entre las líneas evaluadas y el tipo de grano. En efecto, en la Figura 36 se observa que las líneas promisorias y la variedad mejorada están al 100 % en la categoría de grano mediano, a excepción de H-01-UEB, que obtuvo el 67 % en la categoría de grano pequeño, mientras que el 33 % corresponde a grano mediano.

Figura 36

Resultados para el tipo de grano de las líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero durante la campaña de producción noviembre 2023-marzo 2024



Los estudios de Ponce-Molina et al. (2022) y Pichucho (2022) afirman que la línea promisoria TA-18-008 se ubica en la categoría de grano grueso, mientras que en la presente investigación el 100 % corresponde a grano mediano. Ponce-Molina et al. (2019) resaltan que, el nitrógeno es crucial para la síntesis de proteínas y almidón, durante la fase de llenado del grano, ya que la acumulación de almidón en el endospermo determina el tamaño final. En este contexto, la falta de el nitrógeno podría haber limitado el desarrollo del grano. Además, la presencia de *Fusarium* puede haber interferido en la absorción de nutrientes y agua, afectando negativamente el llenado y tamaño de los granos.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En cuanto a las características morfoagronómicas de las líneas y variedad mejorada de trigo que fueron evaluadas en Chaltura-Imbabura, se identificó que los materiales evaluados presentaron buen porcentaje de emergencia con valores superiores al 80%, lo que demuestra que hubo buena viabilidad de las semillas empleadas en la investigación. Respecto a la altura de la planta, todas las líneas presentaron un tamaño moderado entre 90 y 104 cm, lo que podría ser una ventaja, para evitar problemas de acame en las zonas altas y con fuertes vientos.

Respecto a las variables relacionadas con los tiempos de desarrollo fenológico del cultivo, se evidenció que la línea H-18-008 mantiene características de precocidad para la variable días al espigamiento y días a la cosecha, sin embargo, en las demás líneas, no necesariamente, esta condición de precocidad se mantiene, ya que líneas como la TA-20-003 presentó el espigado a los 57 días, pero fue de las tres líneas más tardías a la cosecha (140 días), cabe recalcar que, todas las líneas bajo las condiciones de Chaltura presentan ciclos ligeramente más cortos que en el resto del país.

Durante la campaña noviembre 2023 - marzo 2024 en Chaltura la línea H-04-UEB ha demostrado ser altamente resistente a Fusarium, con una incidencia del 30 % menor que los materiales genéticos INIAP-IMBABURA.2014, TA-20-003 y H-01-UEB, lo que evidencia la presencia de genes de resistencia en la línea H-04-UEB. Sin embargo, aunque H-04-UEB es resistente, su potencial en rendimiento se encuentra entre los más bajos con 3500 kg ha^{-1} lo que indica una mejora en sus características morfoagronómicas.

La línea TA-20-003 sobresale por su rendimiento de 4 701.5 kg ha^{-1}, superando en un 30% al resto de materiales genéticos evaluados. En cuanto a calidad de grano, la variedad mejorada INIAP-IMBABURA.2014 resalta en comparación a las demás líneas promisorias con un peso hectolítrico de 75.79 kg hl^{-1}, superando con 9 kg hl^{-1} el rango mínimo aceptable para parámetros de calidad. Esto señala que, la genética de las variedades mejoradas sigue determinando la calidad del grano.

5.2 Recomendaciones

Se requiere llevar a cabo nuevos ciclos de evaluación para validar y confirmar los resultados obtenidos e incrementar el número de variables evaluadas como: número de granos por espiga, número de espigas y medición de espigas incluyendo las aristas en cm para poder observar y tener una percepción más eficiente del comportamiento y adaptación de los materiales genéticos bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura.

Optimizar el manejo de riego para asegurar que las líneas genéticas se expresen en su máximo potencial y evaluar diferentes densidades de siembra para maximizar el uso del terreno y mejorar el rendimiento de las líneas con menor capacidad germinativa como la línea H-04-UEB.

Implementar diferentes tipos de fertilización e incorporar innovaciones tecnológicas en el manejo fitosanitario para determinar qué prácticas nutricionales ayudan a la síntesis de proteínas y almidón, durante la fase de llenado del grano para optimizar los parámetros de calidad del grano como peso hectolítrico y de esta manera ayudar a desarrollar programas de mejora en nutrición.

REFERENCIAS

Albuja, R. (2020). *Plan de negocios para la Federación de Granos Andinos Fegrandinos* [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10764/2/PG%20796%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Alisaac, E. y Mahlein, A. (2023). Fusarium head blight on wheat: biology, modern detection and diagnosis and integrated disease management. *Toxins*, *15*(3). https://doi.org/10.3390/toxins15030192

Barrios, L. (2020). *Evaluación de la calidad de los cereales*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/263196356/EVALUACION-DE-LA-CALIDAD-DE-LOS-CEREALES

Carmona, M. y Sautua, F. (2018). Epidemias de roya amarilla del trigo. Nuevas razas en el mundo, monitoreo y decisión de uso de fungicidas. *Agronomía y Ambiente*, *38*(1), 37-58. http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2018carmonamarcelo.pdf

Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (2016). *Mejoramiento de cultivos*. https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/?lang=es

Chuquitarco, P. (2015). Evaluación de la adaptabilidad de seis variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L). mediante el apoyo de investigación participativa en las localidades El Chan y San Ramón del Cantón Latacunga, Cotopaxi. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2516/1/T-UTC00051.pdf

Enríquez, M., Cornelio, R. y Uvidia, H. (2022). Índice de calidad de la harina de trigo de tres variedades (Cotacachi, Zhalao y Cojitambo) y su efecto en la comercialización. *ECASINERGIA*, *13*(2), 7-16. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v13i2.3378

Estrada, D., Zúñiga, C., Hernández, M. y Marinero, E. (2016). Cultivo de Trigo harinero Triticum aestivum, una alternativa para la soberania nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. *Revista Iberoamericana de Bioeconomia y Cambio Climático*, *2*(1), 346-362. https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5705

Fuertes, T. (2008). *Fisiología del cultivo de trigo y calidad del grano bajo diferentes regímenes de fertilización nitrogenada* [Tesis de doctorado, Universidad del País

Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea]. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=212068

Galarza, E. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de dieciocho variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) liberadas por el INIAP en el Campus Querochaca, Cevallos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38376/1/049%20Agronom%c3%ada%20-%20Galarza%20Tenesaca%20Edisson%20Roberto.pdf

Garófalo-Sosa, J., Noroña, P., Ponce-Molina, L., Nieto, M., López, V., Jiménez, C., Vacacela, H. y Silva, D. (2023). *Evaluación agronómica de líneas promisorias de trigo (Triticum aestivum L.) en la Sierra ecuatoriana*.

Garófalo, J., Ponce, L. y Abad , S. (2011). Guía del Cultivo de Trigo. Boletín Divulgativo N.º 411. INIAP. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/381/4/iniapscbd411.pdf

González, L., Vergara, F., Grabowski, C., González, R., Arias, O. y Ayala, S. (2015). Incidencia del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en cultivos de trigo (Triticum spp) en la región sur del Paraguay. Investigación Agraria, 17(1), 60-64. https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2015.junio.60-64

Guambuguete, B. (2022). *Determinación del incremento del rendimiento en 18 variedades de trigo (Triticum aestivum) provenientes del banco de semillas del INIAP-Santa Catalina en la localidad de Naguán, provincia Bolívar* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar]. https://dspace.ueb.edu.ec/browse?type=author&value=Guambuguete+Guambuguete%2C+B%C3%A9lgica+Olimpia

Guzñay, L. (2022). Caracterización del sistema de producción de semilla certificada de trigo (triticum vulgare L.). https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/4581/1/TESISLEONOR%20GUZ%c3%91AY.pdf

Heredia, D. (2022). *Análisis de las importaciones de trigo en el Ecuador durante el periodo 2015-2019.*

Hernández-Muñoz, S., Pedraza-Santos, M., López, P., De La Cruz-Torres, E., Martínez-Palacios, A., Fernández-Pavía, S. y Chávez-Bárcenas, A. (2017). Estimulación de la germinación y desarrollo in vitro de Laelia autumnalis con rayos gamma. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *40*(3), 271-283. https://www.redalyc.org/journal/610/61050549003/html/

Hernández, A. y Carballo, A. (2017). *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion. https://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/Almacenamiento-de-semillas.pdf

Holguín B. y Alvarado, A. (2017). Comportamiento de la producción de harina de trigo en Ecuador, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.* http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.html

Hortelano, R., Villaseñor, H., Martínez, E., Rodríguez, M., Espitia, E. y Mariscal, L. (2013). Estabilidad de variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en los Valles Altos de la Mesa Central. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(5), 713-725. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500005

Huerta-Espino, J., Villaseñor-Mir, H. E., Carranza-González, S., Hortelano-Santa Rosa, R., Martínez-Cruz, E., & P. Singh, R. (2023). Evolución del hongo *puccinia striiformis* W. causante de la roya amarilla del trigo en méxico e identificación de fuentes de resistencia. Revista Fitotecnia Mexicana, 46(2). https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.167

Huerta, J., Singh, R., Villaseñor, H., Rodríguez, M., Solís, E. y Espitia, E. (2020). Habilidad competitiva de razas de roya de la hoja provenientes de trigos cristalinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(1), 97-109. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000100097

INMHI. (2023). Anuario meteorológico de Chaltura.

Iglesias, J., García, J. y Melero, M. (Coords) (2021). *Ciudades atlánticas del sur de España. La construcción de un mundo nuevo (siglos XVI-XVIII).* Editorial Universidad de Sevilla.

Instituto Nacional LAutónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2011). *La guía del cultivo de trigo*. http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Gu%C3%ADa_del_Cultivo_

Instituto Nacional Nde Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2023). R*ed de estaciones automáticas. Condiciones actuales del tiempo para las últimas 24 horas*.

International Plant Nutrition Institute [IPNI] (2018). *Informaciones agronómicas de hispanoamérica.* http://nla.ipni.net/

Janeta, P. (2011). *Evaluación Agronómica de cinco materiales promisorios de trigo (Triticum vulgare) en dos localidades de la provincia de Chimborazo y una en la provincia de Bolivar* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/784/1/13T0706%20.pdf

Lavilla, M. (2022). Efecto sobre el rendimiento del trigo (Triticum aestivum) de la roya amarilla causada por Puccinia striiformis f. sp. tritici. *Agronomía Mesoamericana*, *33*(1), 1-9. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8218082.pdf

Lizarzaburo, G. (20 de febrero de 021). La demanda encarece el trigo. *Expreso*. https://www.expreso.ec/actualidad/economia/demanda-encarece-trigo-99197.html

Llumitaxi, A. (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad de trigo harinero (triticum aestivum l.) bajo las condiciones agroclimáticas de la estación experimental Santa Catalina–INIAP* [Tesis d pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a2c9a6cd-a8e4-4e14-9d33-7da30ec232bf/content

Manuel, P. (2022). Universidad Técnica de Cotopaxi. Sistema Biodigestor. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265

Márquez, A., García, L. y Kohashi, J. (1992). Número de plantas por mata en la fenología, crecimiento y rendimiento de Zea mays L. var. Olotón. *Turrialba*; *42*(4). https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9916

Martínez, E., Espitia, E., Villaseñor, H., Hortelano, R., Rodríguez, M. y Peña, R. (2014). La calidad industrial de la masa y su relación con diferentes loci de gluteninas en trigo harinero (Triticum aestivum L.). *Agrociencia*, *48*(4), 403-411. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000400005&lng=es&tlng=es.

Martins, N. y Hammond, K. (18 de octubre de 2012). *Estudos avancados para deteccao de genes diferencialmente expressos em trigo infectado por Fusarium graminearum. s*. Abstracts 1st Meeting EMBRAPA Researchers and Engineers in Europe, Montpellier. https://repository.rothamsted.ac.uk/item/8qv37/estudos-avancados-para-deteccao-de-genes-diferencialmente-expressos-em-trigo-infectado-por-fusarium-graminearum

Máryory, M., Maricela, C.-G., García, M., Buitrago, D., Morales-Montero, S., & Castro, E. (2019). Adaptation of ten cultivars of *Lolium* sp. in the high tropic of Nariño,

Colombia. *Agronomía Mesoamericana, 30*, 165-178. https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34094

Mateo, J. (2005). *Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas*. Ediciones Mundi-Prensa.

Melion, D., Perez, G., Rillo, S. y Torrens, L. (2023). Relevamiento del contenido de agua en lotes agrícolas al inicio de la siembra de trigo: región Norte Centro de Buenos Aires. EEA Pergamino, INTA.

Pichucho, C. (2022). *Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (Tritucum aestivum L.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, provincia de Cotopaxi 2021-2022* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/items/e573c690-ccb0-46c1-bd63-42b6321d8bcd

Plana, R., Álvarez, M. y Varela, M. (2006). Evaluación de una colección del género Triticum: trigo harinero (Triticum aestivum ssp aestivum), trigo duro (Triticum turgidum ssp. durum) y triticale (X Triticum secale Wittmack) en las condiciones del occidente de Cuba. *Cultivos Tropicales*, *27*(4), 49-52. https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912008.pdf

Pogo, A. (2022). *Evaluación De Las Variedades Mejoradas De Trigo (Triticum aestivum L.) Del Iniap Bajo Condiciones Agroecológicas Del Campus Salache, UTC 2021 – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/874d980e-0e0e-4d50-addd-19eeff50eeae/content

Ponce-Molina, L., Garófalo, J. y Noroña, P. (2022). *Trigo (Triticum aestivum L.). Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. Boletín Divulgativo No. 004*. INIAP. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5975

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de evaluación y selección de cereales. Manual No.111*. INIAP.

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P. Y Jiménez, C. (2022). Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana. INIAP-FIASA.

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Noroña, P. y Campaña, D. (2021). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2020*. INIAP. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5973

Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jimenez, C. y Cruz, E. (2020). *La cebada (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Manual No. 116*. (1ra ed.). INIAP.

https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf

Ponce, L., Abad, S., Garófalo, J. y Falconí, E. (2009). *Guía para la producción artesanal de semilla de cereales.* https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2627/1/iniapscpl310.pdf

Pozo Chulde, J. D. (2024). Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) del INIAP, en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura (Tesis de licenciatura).

Quimbiulco Farinango, S. G. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (Triticum aestivum L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 3484 msnm Cangahua-Cayambe, 2012 (Tesis de licenciatura).

Rajam, S. y Braun, H. (2009). Wheat Yield Potential. En M. Reynolds, J. Pietragalla y H. Braun (Eds.), *International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding*, (pp. 103-107). CIMMYT.

Ramírez, J., Santa Rosa, R., Villaseñor, H., López, E., Martínez, E. y Espitia, E. (2016). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Alto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *7*(3). https://doi.org/10.29312/remexca.v7i3.325

Roelfs, A., Saari, E. y Singh, R. (1992). *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades.* CIMMYT. https://repository.cimmyt.org/entities/publication/ae5e0fac-82c2-4dc2-a182-07ac8aab8551

Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S., Esker, P., McRoberts, N. y Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 430-439. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y

Schaller, C. y Qualset, C. (22 de mayo a 3 de junio de 1980). Breeding for resistance to barley yellow dwarf virus. }Third International Wheat Conference, Madrid, Spain.

Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA]. (2023). *Información Productiva Territorial.* Obtenido de Sistema de Información Pública Agropecuaria: http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Solà-Oriol, D. (18 de abril de 2019). *Ficha técnica trigo blando*. 3tres3 Comunidad Profesional Porcina. https://www.3tres3.com/articulos/trigo-blando_40962/

Solís, E., Huerta, J., Pérez, P., Villaseñor, H., Ramírez, A. y de la Cruz, M. (2016). Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *7*(5), 1225-1229. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501225

Sotaminga, J. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo (Triticum aestivum L.) del INIAP, sector Querochaca* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/bitstream/123456789/39759/1/063%20Agronom%c3%ada%20-%20Sotaminga%20Cueva%20Jamilex%20Tatiana.pdf

Soto, F., Hernández, N. y Plana, R. (2009). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (Triticum aestivum ssp. aestivum) y triticale (X Triticum secale Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, *30*(3), 32-36. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000300014&script=sci_abstract

Unda, J. (2022). *Evaluación de líneas diferenciales para royas (Puccinia graminis) en avena (Avena sativa L.), trigo (Triticum aestivum L.) Y cebada (Hordeum vulgare L.) del INIAP, bajo las condiciones ambientales en el campus Salache UTC 2021-2022* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/99ec9707-240f-4dab-a364-67c50a21175a/content

Vargas, N. (2023). Facultad De Ciencias Empresariales Facultad De Ciencias Empresariales. Proceso de Gestion de Compras de La Empresa Cencosud S.A. Metro, 1, 67. https://bit.ly/3BXwq5b

Villamayor, G. y Diez, M. (2021). Evaluación de variedades de trigo blando en Castilla y León. Resultados de la campaña 2019/2020 (I). Tierras: Agricultura, (300), 86-104. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094166

Villaseñor Mir, H. E., Santa Rosa, R. H., Martínez Cruz, E., Ariscal Amaro, L. A. M., Leyva Mir, S. G., & Huerta Espino, J. (2018). Control químico de las enfermedades: una alternativa para la producción de trigo de temporal en Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(3). https://doi.org/10.29312/remexca.v3i3.1452

Voisin, A. I., & Uranga, J. P. (2022). *Trigo: Manejo de malezas*. Libros de Cátedra.

Pérez, T. (21 de abril de 2016). Escala Zadoks, descripcción de las fases de desarrollo de cereales . Obtenido de https://borauhermanos.com/escala-zadoks-descripcion-de-lasfases-de-desarrollo-de-cereales

Zalba, C. (2023). *Análisis de calidad de granos en trigo candeal y cebada cervecera* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional del Sur]. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/6696/ZALBA.pdf?sequence