

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**EVALUACIÓN DEL SEGUNDO CICLO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEAS
PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum* sp.) HARINERO Y DURO EN CHALTURA-
IMBABURA**

**Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Agropecuario**

AUTOR:

Wilson Ernesto Loor Benavides

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra-Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL SEGUNDO CICLO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum* sp.) HARINERO Y DURO EN CHALTURA- IMBABURA

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.
DIRECTORA

FIRMA

Ing. Julia Prado, PhD.
ASESORA

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:	1004413645	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Loor Benavides Wilson Ernesto	
DIRECCIÓN:	Av. Cotacachi y República de Cuba	
EMAIL:	wilson199797@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	N/G	TELÉFONO MÓVIL: 0983133496

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	EVALUACIÓN DEL SEGUNDO CICLO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (<i>Triticum</i> sp.) HARINERO Y DURO EN CHALTURA-IMBABURA
AUTOR:	Wilson Ernesto Loor Benavides
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	05 de enero 2026
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 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 05 días del mes de enero de 2026

EL AUTOR:

.....
Wilson Ernesto Loor Benavides

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wilson Ernesto Loor Benavides, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2026

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2026

Wilson Ernesto Loor Benavides: EVALUACIÓN DEL SEGUNDO CICLO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum* sp.) HARINERO Y DURO EN CHALTURA-IMBABURA / Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2026, 89 páginas.

DIRECTORA: Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el segundo ciclo de producción de líneas promisorias de trigo (*Triticum* sp.) harinero y duro en Chaltura-Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran: 1. Determinar las características agronómicas de los materiales de trigo harinero y duro, bajo condiciones agroclimáticas de Chaltura. 2. Comparar la severidad de enfermedades en las diferentes líneas de trigo evaluadas. 3. Analizar la adaptación de los diferentes materiales de trigo harinero y duro.

.....
Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....
Wilson Ernesto Loor Benavides

Autor

AGRADECIMIENTO

En la presente investigación quiero dar un grato agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por acogerme y brindarme 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 (INIAP) 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”, que hicieron posible esta investigación con el apoyo financiero.

Al Ing. Eduardo Rodríguez, técnico de la Universidad Estatal de Bolívar, quien me brindó su confianza y apoyo durante el proceso de investigación.

Por otro lado, agradecer a todos los docentes y trabajadores que conforman parte de la carrera de Agropecuaria, los cuales con firmeza y dedicación fueron forjando mi formación académica al paso de los años, y haciendo énfasis en especial a quienes me ayudaron desde un inicio en la elaboración de este documento: Ing. Doris Chalampunte, PhD., Ing. Julia Prado Beltrán, PhD., e Ing. Magaly Cañarejo, PhD., que con sus observaciones y sugerencias permitieron que este trabajo sobresalga.

También agradecer a todos mis compañeros y amigos más allegados que me brindaron su apoyo y amistad incondicional durante todo este proceso académico.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios por brindarme la salud y fortaleza en cada día transcurrido para superar cada obstáculo que pudo presentarse durante el transcurso de mi vida.

A mí por jamás rendirme ante tantas dificultades que muchas veces me hicieron intentar caer, pero siempre existió la valentía y las ganas para mirar al frente y superarlas.

A mi madre, Nancy Benavides, la cual nunca dudó de mis capacidades y que siempre trabajó y se sacrificó día tras día para que nunca me faltara nada durante mi periodo de formación, siempre brindándome su amor incondicional y forjando los mejores valores que emplearía en el camino de la vida.

A mis hermanos Carlos Loor, Angela Loor y Fernanda Loor, quienes siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo y consejos cuando más los necesité.

A mi hermano Andrés en el cielo, que aunque la vida lo apartó de mi lado a muy temprana edad, sé que siempre me está bendiciendo y protegiendo y que se sentiría muy orgulloso de mí.

Wilson Loor

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema de investigación.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Generalidades del cultivo de trigo.....	6
2.2 Importancia del cultivo de trigo.....	6
2.3 Clasificación taxonómica.....	6
2.4 Descripción botánica del trigo.....	7
2.4.1 Raíz.....	7
2.4.2 Tallo	7
2.4.3 Hojas.....	7
2.4.4 Inflorescencia	7
2.4.5 Flores.....	7
2.4.6 Granos	8
2.5 Etapas fenológicas.....	8
2.5.1 Germinación.....	8
2.5.2 Ahijamiento.....	8
2.5.3 Encañado	8
2.5.4 Espigado.....	9
2.5.5 Maduración.....	9

2.6 Requerimientos en el cultivo de trigo.....	9
2.6.1 Suelo.....	9
2.6.2 Temperatura.....	9
2.6.3 Necesidad de agua.....	9
2.6.4 pH.....	10
2.7 Manejo del cultivo de trigo.....	10
2.7.1 Selección del predio	10
2.7.2 Preparación del suelo.....	10
2.7.3 Desinfección de semillas	10
2.7.4 Siembra.....	10
2.7.5 Densidad de siembra	11
2.6.6 Fertilización.....	11
2.6.7 Control de malezas	11
2.6.8 Cosecha y trilla.....	12
2.7 Postcosecha.....	12
2.7.1 Secado del grano	12
2.7.2 Limpieza y clasificación.....	12
2.7.3 Almacenamiento.....	12
2.8 Principales plagas y enfermedades del trigo.....	12
2.8.1 Incidencia y severidad.....	12
2.8.2 Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>).....	13
2.8.3 Roya de la hoja.....	13
2.8.4 Fusarium.....	13
2.8.5 Virus del enanismo amarillo del trigo	13
2.8.6 Carbon (<i>Ustilago tritici</i>).....	13
2.9 Plagas principales del cultivo de trigo.....	14
2.9.1 Pulgón de la hoja (<i>Schizaphis graminum</i>)	14
2.9.2 Oruga cortadora (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	14
2.10 Clasificación del trigo.....	14
2.10.1 Trigo común.....	14
2.10.2 Trigo duro.....	14
2.11.1 Líneas promisorias	14
2.11.2 Variedades mejoradas.....	15

2.11.3 Variedades de trigo cultivadas en Ecuador: Iniap-Imb-2014 y UEB-Carnavalero	15
--	----

CAPÍTULO III.....16

MARCO METODOLÓGICO.....16

3.1 Descripción del área de estudio.....	16
3.1.1 Ubicación política y geográfica.....	16
3.1.2 Características climáticas	17
3.2 MATERIALES.....	17
3.2.1 Materiales, equipos, insumos y herramientas.....	17
3.3 Métodos.....	17
3.3.1 Factores en estudio	18
3.3.2 Tratamientos.....	18
3.3.3 Diseño experimental para líneas y variedades de trigo	18
3.3.4 Características del experimento.....	19
3.3.5 Características de la unidad experimental	19
3.3.6 Análisis estadístico	20
3.4 Variables evaluadas en el cultivo de trigo duro y harinero.....	20
3.4.1 Días a la emergencia para cultivo de trigo duro y harinero.....	20
3.4.2 Emergencia %, para trigo duro y harinero	21
3.4.3 Vigor de plantas de trigo duro y harinero	21
3.4.4 Hábito de crecimiento en plantas de trigo duro y harinero	22
3.4.5 Días al espigamiento en cultivo de trigo duro y harinero	23
3.4.6 Altura de la planta (cm) en cultivo de trigo duro y harinero.....	23
3.4.7 Tipo de paja en cultivo de trigo duro y harinero	24
3.4.8 Número de espigas por m ² en cultivo de trigo duro y harinero.....	24
3.4.9 Longitud de la espiga (cm) en cultivo de trigo duro y harinero.....	25
3.4.10 Número de granos por espiga en cultivo de trigo duro y harinero	25
3.4.11 Días a la cosecha en cultivo de trigo duro y harinero	26
3.4.12 Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) en cultivo de trigo duro y harinero.....	26
3.4.13 Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹) en cultivo de trigo duro y harinero.....	27
3.4.14 Peso de mil granos (g) en cultivo de trigo duro y harinero	27
3.4.15 Tipo de grano en cultivo de trigo duro y harinero.....	28
3.4.16 Severidad de manchas foliares (%) en cultivo de trigo duro y harinero	29
3.4.17 Severidad Royas (%) en cultivo de trigo duro y harinero	29

3.4.18 Severidad <i>Fusarium</i> (%) en cultivo de trigo duro y harinero.....	30
3.4.19 Incidencia del virus BYDV (%) en cultivo de trigo duro y harinero	30
3.5 Manejo del experimento.....	31
3.5.1 Selección del lote para cultivo de trigo duro y harinero.....	31
3.5.2 Preparación del suelo para cultivo de trigo duro y harinero.....	31
3.5.3 Trazado de parcelas y diseño experimental para cultivo de trigo duro y harinero.....	32
3.5.4 Fertilización en cultivo de trigo duro y harinero	32
3.5.5 Siembra y densidad en cultivo de trigo duro y harinero.....	33
3.5.6 Control de malezas para cultivo de trigo duro y harinero	33
3.5.7 Toma de datos en cultivo de trigo duro y harinero.....	34
3.5.8 Cosecha en cultivo de trigo duro y harinero.....	34
3.5.9 Trilla en cultivo de trigo duro y harinero	35
3.5.10 Secado de líneas y variedades de trigo duro y harinero	36
CAPÍTULO IV.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1 Interpretación de resultados	37
4.2 Trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	37
4.2.1 Días a la emergencia en cultivo de trigo harinero	37
4.2.2 Porcentaje de emergencia (%).....	37
4.2.3 Vigor de la planta	38
4.2.4 Hábito de crecimiento	39
4.2.5 Días al espigamiento	39
4.2.6 Altura de la planta (cm).....	40
4.2.7 Tipo de paja.....	41
4.2.8 Número de plantas por m ²	41
4.2.9 Longitud de la espiga (cm).....	42
4.2.10 Número de granos por espiga.....	43
4.2.11 Días a la cosecha	43
4.2.12 Peso de mil granos (g).....	44
4.2.13 Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	44
4.2.14 Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹).....	45
4.2.15 Tipo de grano	46
4.2.16 Severidad de manchas foliares	47

4.2.17 Porcentaje de Severidad de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>).....	48
4.2.18 Porcentaje de Severidad roya de la hoja (<i>Puccinia triticina</i>).....	48
4.2.19 Porcentaje de Severidad <i>Fusarium</i>	48
4.3 Trigo duro (<i>Triticum durum</i>).....	49
4.3.1 Días a la emergencia en cultivo de trigo duro	49
4.3.2 Porcentaje de emergencia (%).....	50
4.3.3 Vigor de la planta (%)	50
4.3.4 Hábito de crecimiento	51
4.3.5 Días al espigamiento	51
4.3.6 Altura de la planta (cm).....	52
4.3.7 Tipo de paja.....	53
4.3.8 Número de plantas por m ²	54
4.3.9 Longitud de la espiga	55
4.3.10 Número de granos por espiga.....	56
4.3.11 Días a la cosecha	57
4.3.12 Peso de mil granos (g).....	57
4.3.10 Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹).....	58
4.3.12 Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)	59
4.3.13 Tipo de grano	60
4.3.14 Severidad de manchas foliares (%)	61
4.3.15 Porcentaje de severidad roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>)	61
4.3.16 Porcentaje de severidad roya de la hoja (<i>Puccinia triticina</i>).....	61
4.3.17 Porcentaje de severidad <i>Fusarium</i>	62
CAPÍTULO V.....	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1 Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones.....	65
REFERENCIAS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del área designada para el estudio	16
Figura 2 Diseño experimental del estudio.....	19
Figura 3 Días a la emergencia para cultivo de trigo duro y harinero	20
Figura 4 Porcentaje de emergencia en cereales.....	21
Figura 5 Vigor de la planta en cultivo de trigo	22
Figura 6 Hábito de crecimiento del cultivo de trigo.....	22
Figura 7 Días al espigamiento en cultivo de trigo.....	23
Figura 8 Altura de la planta de trigo (cm).....	23
Figura 9 Tipo de paja en cultivo de trigo.	24
Figura 10 Número de espigas por m ²	25
Figura 11 Evaluación de la longitud de espiga en trigo	25
Figura 12 Variable número de granos por espiga en trigo	26
Figura 13 Días a la cosecha del cultivo de trigo	26
Figura 14 Evaluación de la variable rendimiento de grano.....	27
Figura 15 Peso hectolítrico en líneas y variedades de trigo	27
Figura 16 Peso de mil granos en líneas de trigo.....	28
Figura 17 Tipo de grano en trigo.....	28
Figura 18 Escala para determinar la severidad de roya en trigo	29
Figura 19 Escala para evaluación de severidad de <i>Fusarium</i> en trigo	30
Figura 20 Selección del lote, para implementación de la investigación	31
Figura 21 Preparación del lote con maquinaria agrícola.....	31
Figura 22 Implementación de diseño experimental para siembra de líneas de trigo	32
Figura 23 Siembra de trigo harinero y duro en la zona de Chaltura-Imbabura.....	33
Figura 24 Aplicación de herbicida selectivo para arvenses de hoja ancha en cultivo de trigo.....	34
Figura 25 Libro de campo para evaluación de variables en cultivo de trigo	34
Figura 26 Líneas de trigo cosechadas	35
Figura 27 Trillado manual de accesiones de trigo.....	35
Figura 28 Secado de trigo y medición de humedad del grano	36
Figura 29 Datos obtenidos sobre la variable vigor de la planta para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	38
Figura 30 Variable días al espigamiento de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo harinero.....	39

Figura 31 Variable altura de la planta de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	40
Figura 32 Variable número de plantas por m ² de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo harinero	41
Figura 33 Variable longitud de la espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	42
Figura 34 Variable número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero	43
Figura 35 Variable rendimiento del grano kg ha ⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero	44
Figura 36 Variable peso hectolítrico kg hl ⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	45
Figura 37 Datos obtenidos sobre la variable tipo de grano para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero	46
Figura 38 Variable manchas foliares en etapa grano lechoso- pastoso para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	47
Figura 39 Variable severidad <i>Fusarium</i> en etapa grano lechoso- pastoso para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	49
Figura 40 Datos obtenidos sobre la variable vigor de la planta para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro.....	51
Figura 41 Variable días al espigamiento de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo duro.....	52
Figura 42 Variable altura de la planta de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	53
Figura 43 Datos obtenidos sobre la variable tipo de paja para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	54
Figura 44 Variable número de plantas por m ² de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro.....	55
Figura 45 Variable longitud de la espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro.....	56
Figura 46 Variable número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	57

Figura 47 Variable peso mil granos de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	58
Figura 48 Variable rendimiento del grano kg ha^{-1} de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	59
Figura 49 Variable peso hectolítrico kg hl^{-1} de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro.....	60
Figura 50 Datos obtenidos sobre la variable tipo de grano para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro	61
Figura 52 Variable severidad <i>Fusarium</i> para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro en etapa grano lechoso-pastoso en Chaltura, Imbabura.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Densidad de siembra del cultivo trigo.....	11
Tabla 2 Características morfológicas de las variedades Iniap-Imb-2024 y UEB-Carnavalero	15
Tabla 3 Características agronómicas de las variedades Iniap-Imb-2024 y UEB-Carnavalero	15
Tabla 4 Características de calidad de las variedades Iniap-Imb-2024 y UEB-Carnavalero.....	15
Tabla 5 Caracterización del área de estudio para cultivo de trigo.....	16
Tabla 6 Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el estudio.....	17
Tabla 7 Líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero evaluadas	18
Tabla 8 Líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro evaluadas	18
Tabla 9 Características de la unidad experimental.....	19
Tabla 10 Análisis de varianza del experimento.....	20
Tabla 11 Porcentaje de emergencia en cereales	21
Tabla 12 Vigor de la planta en cultivo de trigo.....	21
Tabla 13 Escala de hábito de crecimiento	22
Tabla 14 Escala de evaluación para tipo de paja en cereales	24
Tabla 15 Escala de evaluación para tipo de grano en trigo	28
Tabla 16 Escala para evaluar severidad de manchas foliares en cereales	29
Tabla 17 Escala para determinar el grado de daño por virosis.....	30
Tabla 18 Fertilización para trigo harinero y duro de acuerdo con el proyecto de investigación	32
Tabla 19 Variable porcentaje de emergencia de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero.....	37
Tabla 20 Variable severidad roya de la hoja trigo harinero	48
Tabla 21 Variable porcentaje de emergencia de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro.....	50
Tabla 22 Variable porcentaje de severidad de roya de la hoja en trigo duro	62

EVALUACIÓN DEL SEGUNDO CICLO DE PRODUCCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum* sp.) HARINERO Y DURO EN CHALTURA-IMBABURA

Autor: Wilson Ernesto Loor Benavides

Universidad Técnica del Norte

Correo: weloorb@utn.edu.ec

RESUMEN

El trigo tipo harinero y duro son granos de producción mundial y de elevado consumo, jugando un papel fundamental en la seguridad alimentaria de Ecuador, por lo que, para cubrir esta demanda, el país realiza importaciones. El objetivo de la investigación fue evaluar el segundo ciclo de producción y resistencia a enfermedades de líneas de trigo (H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003 e INIAP-IMB-2014) y trigo duro (A-01, A-02, A-03, A-04 y UEB-CARNAVALERO) bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura. Se estableció un diseño de bloques completos al azar (DBCA), en donde se evaluaron 18 variables, entre morfológicas y agronómicas. Los resultados del análisis de varianza evidenciaron que en rendimiento, las líneas de trigo harinero H-04-UEB, H-01-UEB, TA-18-008 y TA-20-003 superaron a la variedad INIAP-IMB-2014 con un promedio general de 2.402 t ha⁻¹; sin embargo, no superaron el peso hectolítrico de la variedad en comparación, obteniendo cerca de 9 kg hl⁻¹ aproximadamente. Por su parte, en materiales de trigo duro, la variedad UEB-CARNAVALERO y la línea A-02 presentaron un promedio de 5.09 y 4.3 t ha⁻¹, superando a las líneas promisorias respecto a la variedad con 0.79 y 1.74 t ha⁻¹ entre las líneas A-01 y A-03, respectivamente, además de superar el valor de peso hectolítrico respecto a las líneas evaluadas con valores entre 1.58 y 8.64 kg hl⁻¹. Respecto a la resistencia a enfermedades, los materiales evaluados presentaron niveles bajos de severidad ($\leq 10\%$). Finalmente, en condiciones edafoclimáticas de Chaltura – Imbabura, los trigos harineros tienden a expresar mayor producción en comparación con los trigos duros, no obstante, es necesario continuar con evaluaciones, incluyendo fertilización y épocas de siembra.

Palabras clave: adaptabilidad del cultivo, soberanía alimentaria, características agronómicas, líneas promisorias, severidad.

EVALUATION OF THE SECOND PRODUCTION CYCLE OF PROMISING BREAD AND DURUM WHEAT (*Triticum* sp.) LINES IN CHALTURA, IMBABURA

Author: Wilson Ernesto Loor Benavides

Universidad Técnica del Norte

E-mail: weloorb@utn.edu.ec

ABSTRACT

Bread wheat and durum wheat are globally produced and widely consumed grains, playing a fundamental role in Ecuador's food security; therefore, to meet this demand, the country imports them. The objective of the research was to evaluate the second production cycle and disease resistance of wheat lines (H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003, and INIAP-IMB-2014) and durum wheat (A-01, A-02, A-03, A-04, and UEB-CARNAVALERO) under the conditions of Chaltura-Imbabura. A randomized complete block design (DBCA) was established, in which 18 morphological and agronomic variables were evaluated. The analysis of variance results showed that, in terms of yield, the bread wheat lines H-04-UEB, H-01-UEB, TA-18-008, and TA-20-003 outperformed the INIAP-IMB-2014 variety, with an overall average of 2.402 t; however, they did not exceed the hectoliter weight of the compared variety, reaching approximately 9 kg ha⁻¹. Meanwhile, in durum wheat materials, the UEB-CARNAVALERO variety and the A-02 line averaged 5.09 and 4.3 t ha⁻¹, exceeding the promising lines by 0.79 and 1.74 t ha⁻¹ for lines A-01 and A-03, respectively, and also surpassing the hectoliter weight of the evaluated lines, which ranged from 1.58 to 8.64 kg hl⁻¹. Regarding disease resistance, the evaluated materials exhibited low severity levels ($\leq 10\%$). Finally, under the edaphoclimatic conditions of Chaltura-Imbabura, bread wheats tend to exhibit higher yields compared to durum wheats; however, further evaluations are necessary, including fertilization and planting dates.

Keywords: crop adaptability, food sovereignty, agronomic traits, promising lines, severity.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El trigo (*Triticum* sp.) es ampliamente reconocido como uno de los granos más producidos y demandados a nivel mundial, superando al maíz y al arroz. Su principal área de cultivo se encuentra en la zona templada del hemisferio sur (Delgado et al., 2014). Según información de Filipenco (2024), en la campaña 2023-2024, la producción mundial de trigo alcanzó un promedio de 785 millones de tm. China lideró con 136 millones de tm, seguida de la Unión Europea con 134 millones, posicionándolos como los principales productores de este cereal en el mundo.

En Ecuador, el trigo desempeña un papel fundamental en la soberanía alimentaria, con una demanda interna de aproximadamente 450 000 toneladas métricas al año (Garofalo et al., 2011). En el año 2022, la superficie cosechada de trigo en el Ecuador fue de 4 395 ha, abarcando una producción de alrededor de 7 431 t. De manera que las provincias que lideraron la producción para ese año, con la provincia del Carchi como pionera, presentaron el 47% de la producción nacional, seguidas por Bolívar (21%) y finalmente Chimborazo (13%). Sin embargo, existió una caída del 32% de la producción en comparación con el año 2021, según lo señala la Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios (2023).

Existen distintas variedades de trigo, de las cuales la de mayor cultivo es el trigo común o harinero (*T. aestivum*), usado básicamente para la fabricación de pan y caracterizado por presentar alto contenido de proteína y gluten. Por otro lado, está el trigo duro (*T. durum*), diferenciado por su dureza, delicioso sabor y excelentes cualidades a la hora de su cocción; este en específico se destina a la elaboración de pastas (Farinango et al., 2024). Una de las variedades que ha presentado buenas características en rendimiento y buena calidad para panificación, además de ser resistente a las principales plagas y enfermedades, es INIAP-Imbabura 2014, una línea de trigo harinero desarrollada en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México y que se ha venido evaluando durante los años, adaptándola a distintas zonas del Ecuador como Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay y Chimborazo, las cuales presentan altitudes de 2 000 y 3 000 m s. n. m. (Falconi et al., 2014).

Por otro lado, la variedad UEB-Carnavalero, que fue desarrollada por la Universidad Estatal de Bolívar, ha presentado excelentes resultados en torno a rendimiento y adaptación en distintas zonas de provincias como Bolívar y Cotopaxi y que en la actualidad es empleada como testigo en distintas evaluaciones, mientras que líneas promisorias harineras como TA-18-008, TA-20-

003 y de trigo duro A-01, A-02, A-03, A-04 son resultado de investigaciones por parte del INIAP en el Ecuador que prometen ser genes con buen potencial productivo en las distintas zonas edafoclimáticas de la sierra ecuatoriana.

Algunos estudios han logrado identificar buenas características tanto de adaptación como de rendimiento en zonas como Chaltura-Imbabura, que por sus condiciones agroclimáticas pueden favorecer el buen desarrollo del trigo. Uno de los estudios es el realizado por Catota (2024) en conjunto con el INIAP, en el cual evaluaron el comportamiento agronómico de cinco líneas promisorias de trigo harinero (*T. aestivum*) en la granja experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura, donde muestra que la línea TA-18-008 presentó mejores características tanto en rendimiento como en resistencia a enfermedades, en comparación con la variedad mejorada INIAP-Imbabura 2014, que se asemejó en algunos aspectos, pero fue mucho más susceptible al virus del enanismo amarillo.

La investigación realizada por Bustamante (2024) en Chaltura-Imbabura evaluó el primer ciclo de siembra de líneas de trigo harinero y una variedad mejorada (INIAP-IMB.2014), en conjunto con la colaboración de la Universidad Estatal de Bolívar y el proyecto FIASA, en la cual buscaban observar el comportamiento agronómico de estas líneas en la zona, donde como resultados se observó que la línea TA-20-003 se consolidó como la de mayor rendimiento, 4 701.5 kg ha⁻¹, además de presentar el espigamiento a los 57 días, pero fue una de las líneas que más tarda en llegar a la etapa de senescencia.

Dentro de la misma campaña y las instituciones antes mencionadas, Guerra (2024) implementó la evaluación del comportamiento agronómico de líneas de trigo duro y variedad mejorada (UEB-CARNAVALERO), observando que la misma variedad mejorada mantuvo sus buenas características de rendimiento 2 532.90 kg ha⁻¹; sin embargo, fue la que más presencia de enfermedades presentó durante el ciclo del cultivo.

Otro estudio realizado por Farinango et al. (2024) sobre el comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad de trigo duro en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP mostró que la variedad UEB-carnavalero superó a las demás líneas promisorias en parámetros de rendimiento, con un promedio de 2 466.66 kg ha⁻¹. La línea promisoriosa A-01 le siguió con un rendimiento de 1 975 kg ha⁻¹. Se destaca que esta variedad mantiene una buena producción a pesar del paso del tiempo.

Por todo lo anteriormente expuesto, es importante mencionar que se pretende realizar un segundo ciclo de producción de líneas de trigo harinero y dura en la zona de Chaltura-Imbabura

como parte de ratificación de resultados presentados en dicha zona y que forma parte de las investigaciones que se están realizando en distintos territorios del país para determinar la adaptación y poder productivo de estas nuevas líneas promisorias.

1.2 Problema de investigación

De acuerdo con Moreno et al. (2001) la producción y cosecha de trigo se convierten en la base sólida e imprescindible para asegurar la autonomía económica y el sustento de múltiples países alrededor del mundo. Además, de ser un componente esencial e imprescindible en la alimentación diaria de las personas, el trigo constituye la base fundamental de las industrias panaderas y de la producción de piensos para animales. Es un alimento altamente energético que aporta una amplia variedad de vitaminas, minerales y nutrientes esenciales tanto a los seres humanos como a los animales.

En los últimos años, Ecuador ha estado enfrentando significativos desafíos en relación con la producción de trigo. Esta situación se debe a las variaciones climáticas significativas que el país ha experimentado en los últimos años. Estos cambios han provocado que las variedades mejoradas sufran pérdidas de rendimiento de hasta un 80 %, lo que impacta negativamente en la economía nacional. Considerando la seguridad alimentaria como una de las principales preocupaciones de la sociedad contemporánea en la actualidad (Heredía, 2022).

Un elemento adicional que incide directamente en el rendimiento de este cultivo son las enfermedades fúngicas, particularmente la roya (*Puccinia* sp.). Esta enfermedad es el principal adversario de los cereales, dado que se manifiesta durante todo el ciclo de cultivo. Por lo tanto, su control o prevención anticipada debe ser llevado a cabo con un alto grado de responsabilidad para prevenir pérdidas significativas. En este contexto, los programas de mejoramiento genético intentan crear variedades más resistentes a esta enfermedad. Esto ayuda a reducir el uso de químicos y a disminuir la frecuencia y gravedad de la enfermedad (Caviedes-Cepeda et al., 2022).

En marzo de 2024, Ecuador importó alrededor de 123.015 t de trigo; de este grano, el 53.5 % es de trigo duro, procedente de Canadá, y el 46.5 % corresponde a trigo suave, adquirido en Estados Unidos y Argentina (Comercio Exterior Nacional, 2024). Esta realidad refleja una problemática para los consumidores y el sector industrial que depende de proveedores internacionales, considerándose incluso un problema de seguridad alimentaria (Yáñez, 2020).

La incapacidad de Ecuador para satisfacer la demanda local resulta en la necesidad de importar este cereal. La nación importa el 98 % de sus requerimientos de trigo, y solamente el 2 % es

suministro local, lo que resulta en una alta dependencia de las importaciones para satisfacer el consumo interno. (Quimbiulco, 2014).

1.3 Justificación

En la actualidad, los programas de mejoramiento genético, como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) están dedicando esfuerzos significativos al desarrollo de nuevas líneas promisorias de trigo. Estas líneas buscan mejorar no solo el rendimiento y la calidad del grano, sino también su adaptabilidad a las diversas zonas productivas del país, así como su resistencia a las plagas y enfermedades más comunes en el cultivo (Nieto et al., 2021).

Considerando al trigo uno de los cereales más importantes y fundamentales como materia prima para la elaboración de pan, pastas y alimento para animales, es de suma importancia comprender a fondo las características de este tipo de cultivo con el fin de garantizar su óptimo crecimiento y desarrollo. Esto implica considerar una amplia gama de factores relacionados con el manejo agrícola, las propiedades del suelo, las condiciones climáticas y las prácticas de cultivo que pueden contribuir al incremento de la productividad y a la utilización eficiente de los recursos disponibles para los agricultores (Moreno et al., 2001).

Con la introducción de nuevas líneas promisorias de trigo harinero y trigo duro, se busca llevar a cabo un exhaustivo proceso de verificación para determinar cómo estas líneas se adaptan y se desenvuelven en un entorno edafoclimático diferente al habitual. Este proceso implica validar los resultados obtenidos a través de la observación y medición de variables relacionadas tanto con la producción como con la incidencia y severidad de las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo a lo largo de todo su ciclo de crecimiento (Camarena et al., 2021).

La presente investigación pretende realizar un segundo ciclo de siembra en las condiciones agroclimáticas específicas presentes en la reconocida Granja Experimental La Pradera, ubicada en la localidad de Chaltura, en la provincia de Imbabura, en colaboración con la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 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”, como parte fundamental en el avance del mejoramiento genético de las líneas de trigo, harinero y duro. Esta iniciativa se presenta como una alternativa innovadora en la creación de nuevas líneas con la capacidad de incrementar significativamente la producción del trigo en el país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el segundo ciclo de producción de líneas promisorias de trigo (*Triticum* sp.) harinero y duro en Chaltura-Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas de los materiales de trigo harinero y duro, bajo condiciones agroclimáticas de Chaltura.
- Comparar la severidad de enfermedades en las diferentes líneas de trigo evaluadas.
- Analizar la adaptación de los diferentes materiales de trigo harinero y duro.

1.5 Hipótesis

- Ho: Los materiales de trigo harinero y duro no se adaptan a las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura.
- Ha: Al menos uno de los materiales de trigo harinero y duro se adapta a las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del cultivo de trigo

El trigo está dentro de la clasificación de las gramíneas más cultivadas en el mundo; con origen asiático, esta especie es uno de los cereales más altos en hidratos de carbono y proteínas de origen vegetal, de alrededor del 12%, además de minerales, vitaminas y algunos macro y microelementos como el fósforo (P), zinc (Zn), manganeso (Mn) y hierro (Fe). Su consumo se realiza simplemente cuando el grano está seco, siendo este la materia prima para dar paso a la elaboración de harinas, pastas, entre otros alimentos, considerándose uno de los principales alimentos que están asociados a programas de seguridad alimentaria (Wrigley, 2015).

2.2 Importancia del cultivo de trigo

El grano se utiliza en la nutrición humana de forma más procesada, comenzando con la molienda para obtener harina y progresando hacia la producción de pan, pasta o productos ultra procesados como pasteles, bebidas energéticas y alcohol. Además, es un componente importante de la dieta familiar debido a su alto contenido en fibra y su aporte energético (Abadía et al., 2017). Las provincias del Ecuador que cultivan arroz son Carchi, Bolívar, Imbabura, Pichincha, Azuay y Chimborazo (Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios, 2023).

Dentro de la clasificación de *Triticum*, el trigo harinero (*T. aestivum*) y el trigo duro (*T. durum*) son las dos especies más cultivadas alrededor del mundo, cubriendo el 90% el trigo harinero y el 9% el trigo duro el resto está distribuido por distintas especies de trigo de baja importancia (Estrada et al., 2016).

2.3 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Quimbiulco (2014), la clasificación taxonómica para el cultivo de trigo es la siguiente:

- **Reino** Plantae
- **División** Magnoliophyta
- **Clase** Liliopsida
- **Orden** Poales
- **Familia** Poaceae
- **Generó** *Triticum*
- **Especie** *aestivum, durum*
- **Nombre científico:** *Triticum* ssp.

2.4 Descripción botánica del trigo

2.4.1 Raíz

Posee un sistema radicular fibroso, el cual se forma primeramente con la germinación de la semilla al salir la radícula, la cual es la primera estructura que emerge del grano en el proceso germinativo. Posteriormente, en la base de la radícula emergen dos o tres raíces seminales laterales que en ocasiones pueden llegar a formarse hasta ocho raíces, formando así el sistema radicular primario que dará fuerza a la emergencia de la plántula, pudiendo profundizar hasta 2.0 m; sin embargo, el máximo de raíces de absorción se encuentra dentro de los primeros 30 a 40 cm de profundidad (Tipanluisa, 2014).

2.4.2 Tallo

La planta de trigo posee un tallo principal, el cual se desarrolla a partir del crecimiento de la plúmula en la germinación; es un tallo erecto, cilíndrico, liso, con nudos sólidos, que puede alcanzar una altura de 60 a 120 cm. Se pueden formar de cuatro a seis hojas en la parte superior o hasta diez hojas en conjunto; presenta una gran capacidad de ramificación, formándose las ramas a partir de los primeros nudos, localizados en la porción basal de la planta. Cada rama también tiene la capacidad de formar nuevas ramas a partir de los nudos basales (Catota, 2024).

2.4.3 Hojas

Las hojas son alargadas, rectas, paralelas, con una longitud de 15 a 25 centímetros. 6 hojas, con forma de cinta, que se originan a partir de los nudos. Estas hojas están compuestas por la vaina, lámina, lígula, cuello y aurículas (Catota, 2024).

2.4.4 Inflorescencia

El tallo principal y los brotes maduros de la planta de trigo se reorganizan en una inflorescencia compuesta (esqueleto de espiga). Esta estructura está compuesta por un tallo principal en el que se insertan varias espigas (18 a 22), y cada espiga está rodeada por un tallo en forma de raquilla donde se insertan las flores (Ávila et al., 2014).

2.4.5 Flores

La flor está compuesta por tres estambres y dos estigmas pinzados que emergen. En el ovario, en la base de la flor, hay dos estructuras transparentes conocidas como lodículas o glumélules,

que están protegidas por dos brácteas de las hojas y el tallo. El trigo es una planta autótrofa, lo que significa que la flor se fertiliza a sí misma antes de que aparezcan las anteras en el exterior (Morfología y Fisiología, 2016).

2.4.6 Granos

Compuesto de un solo grano que tiene forma ovalada con sus extremos redondeados, alcanzando un tamaño normal de 0.3–0.4 cm, la semilla, que a su vez contiene el embrión y el endospermo, contiene gluten, que es una proteína que facilita el trabajo de elaboración de levadura de buena calidad, que es muy importante para la panificación (Morfología y Fisiología, 2016).

2.5 Etapas fenológicas

Las etapas fenológicas están conformadas por tres partes:

- Fase vegetativa: esta fase va desde la siembra hasta el inicio del encañado.
- Fase Reproducción: Se conforma desde la brotación hasta la finalización del empernado.
- Fase de maduración: comprende desde el final del espigado hasta el momento de su cosecha.

2.5.1 Germinación

Esta etapa inicia cuando la semilla presenta absorción de agua, por consiguiente, esta se hincha dando presencia a la radícula que posteriormente se convertirá en la raíz principal. Sobre esta se desarrollan raíces secundarias (Tipanluisa, 2014).

2.5.2 Ahijamiento

El ahijamiento del trigo es el proceso mediante el cual la semilla produce un tallo principal hacia arriba y varias raíces hacia abajo. A partir del tallo principal, la planta produce nuevos tallos laterales que se desarrollan a partir de las yemas axilares que se encuentran en las hojas (AGROPAL, 2020).

2.5.3 Encañado

Etapas donde el tallo empieza a alargarse rápidamente; en esta fase, el número de tallos herbáceos se convierte en el de tallos rematados por espiga.

2.5.4 Espigado

Etapa donde el cultivo presenta su máxima actividad fisiológica y los azúcares presentes en las hojas inferiores se trasladan hasta el grano. Además, en esta fase el cultivo presenta mayor transpiración; por tal motivo necesita de buena humedad y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Delgado et al., 2013).

2.5.5 Maduración

Es la fase donde el cultivo empieza a llegar a su senescencia poco a poco, partiendo desde las hojas inferiores, las cuales se tornan amarillas. A este lapso se lo conoce en grano lechoso; a continuación, se presenta la maduración pastosa, donde toda la planta está amarilla, a excepción de los nudos o gajos, que se mantienen verdes hasta que finalmente los granos toman su respectivo color definitivo (García, 2012).

2.6 Requerimientos en el cultivo de trigo

2.6.1 Suelo

Para el cultivo de trigo, los suelos deben ser franco-arcillosos y franco-arenosos. Un suelo profundo ayuda a que las raíces de las plantas puedan crecer y desarrollarse adecuadamente; además, con un buen drenaje permite que el agua fluya libremente a través del suelo, evitando el encharcamiento (Cherlinka, 2025).

2.6.2 Temperatura

El crecimiento y el desarrollo están significativamente influenciados por la temperatura. En el cultivo de trigo, la temperatura óptima oscila entre 10 y 24 °C. Si la temperatura es inferior a 10 °C, el estado fisiológico de la planta puede verse afectado, mientras que las temperaturas altas pueden causar estrés térmico (Marburger, 2016).

2.6.3 Necesidad de agua

El cultivo de trigo necesita una humedad relativa de entre el 40 y el 70 %. Sin embargo, con láminas de lluvia de 600 a 800 mm, el cultivo se desarrolla de buena manera, precautelando que en la fase de floración es más susceptible a la falta de agua (Rangel et al., 2013).

2.6.4 pH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo. El pH óptimo para trigo está entre 5.4 y 7, un pH inferior a 5.6 produce una disminución del rendimiento del cultivo, mientras que un pH superior a 7.5 puede provocar problemas de absorción de nutrientes (Ministerio de Agricultura, 2011).

2.7 Manejo del cultivo de trigo

Los pasos que se deben hacer para garantizar el buen inicio del cultivo dependen de factores, los cuales menciona Molina et al. (2022).

2.7.1 Selección del predio

En cuanto al sitio de siembra, no debe haber sido cultivado con ningún cereal, ya sea cebada, trigo, avena o centeno, durante el ciclo anterior. Además, la pendiente no debe superar el 5%, siendo recomendable que en el ciclo previo a la parcelación se cultivaran haba (*Vicia faba* L.), papa (*Solanum tuberosum*), chocho (*Lupinus mutabilis*) y otras leguminosas.

2.7.2 Preparación del suelo

Dos métodos de preparación del suelo: manual y mecánico. Estas prácticas permiten el cultivo de un mayor porcentaje de plantas germinadoras, así como una penetración más efectiva de las raíces y del oxígeno. La preparación del suelo se realiza de forma nivelada, evitando la existencia de zonas potencialmente incendiarias, y siempre en sentido inverso. El procedimiento se realiza dos meses antes de la siembra para asegurar que la plantación crezca de manera óptima.

2.7.3 Desinfección de semillas

La desafección de la semilla durante la siembra del trigo puede evitar riesgos de plagas o enfermedades en el suelo. Uso de productos químicos como Vitavax, que contiene dos ingredientes activos: Carboxim, fungicida sistémico, y Thiran, fungicida de acción protectora. La dosis es de 1 a 2 g/kg de semilla.

2.7.4 Siembra

Se realiza al inicio de la temporada de lluvias para que la germinación sea uniforme. Se recomienda planificar con anticipación para que la cosecha coincida con la temporada seca,

asegurando así que el grano alcance el nivel óptimo de humedad para su almacenamiento. En cuanto a los métodos de siembra, se realiza al voleo o con ayuda de maquinaria; para ello, el suelo debe estar húmedo, más encharcado. Las semillas deben enterrarse alrededor de los 5 cm para garantizar su germinación.

2.7.5 Densidad de siembra

Es importante que la semilla utilizada sea de alta calidad, clasificada como “Registrada” o “Certificada”, con una tasa de germinación superior al 85 %, y que sea desinfectada para evitar la transmisión de enfermedades transmitidas por la semilla. La cantidad de semilla, independiente de la técnica empleada (manual o mecánica), es de 150 kg ha⁻¹.

El INIAP nos muestra una tabla de las posibles densidades que se pueden realizar, ya sea para siembra manual o con uso de maquinaria (Tabla 1).

Tabla 1

Densidad de siembra del cultivo trigo

Densidad de siembra			
Superficie		Cantidad	
m²	ha	lb	kg
10 000	1	400	180
5 000	1/2	200	90
1 000	1/4	40	18

2.6.6 Fertilización

Basándose en el análisis de suelo, si no se dispone de este, los requerimientos básicos para el cultivo de trigo incluyen 80 kg de nitrógeno (N), 60 kg de fósforo (P₂O₃), 40 kg de potasio (K₂O) y 20 kg de azufre (S), además de microelementos adicionales (calcio, magnesio, boro y zinc). También es posible utilizar una tabla de fertilización basada en la extracción de nutrientes por una porción del cultivo.

2.6.7 Control de malezas

Control manual: Para lotes pequeños donde con ayuda de peones se puede sacar la maleza manualmente. **Control químico:** Se pueden utilizar herbicidas antes de realizar la siembra. Si el lote es bastante grande, se puede emplear glifosato a dosis de 2 L/ha. Si la maleza es demasiado severa; caso contrario, usar quemantes como el paraquat para malezas que estén en estado juvenil a dosis de 2 L/ha. También se puede hacer uso de herbicidas selectivos para hoja ancha como el Metsulfuron-Metil a dosis de 30 g/400 L de agua.

2.6.8 Cosecha y trilla

La cosecha se lleva a cabo cuando el cultivo ha alcanzado la madurez del campo, y normalmente se usa una trilladora estacionaria. Después de la trilla, el grano se debe secar, limpiar y clasificar para recolectarlo en sacos para su almacenamiento y comercialización.

2.7 Postcosecha

2.7.1 Secado del grano

El grano debe ser secado para que no exceda el 13% de su peso requerido en el sector industrial para prevenir el deterioro de la semilla almacenada (Kabbaj et al., 2017).

2.7.2 Limpieza y clasificación

Es importante que la semilla sea cuidadosamente limpiada y posteriormente clasificada de acuerdo con su tamaño, utilizando mallas de 2,5 mm de tamaño para garantizar la calidad y la integridad de los productos y un óptimo rendimiento en el proceso de siembra (Kabbaj et al., 2017).

2.7.3 Almacenamiento

El objetivo es mantener el trigo en condiciones óptimas durante un período más prolongado. Los factores para tener en cuenta incluyen la temperatura, la humedad, la presencia de hongos y roedores. Las semillas deben ser almacenadas en sacos limpios, los cuales deben ser identificados con sus correspondientes etiquetas que incluyen la siguiente información: el nombre del cultivo, la fecha de cosecha, el nombre del productor y su peso (De Diatomeas, 2023).

2.8 Principales plagas y enfermedades del trigo

2.8.1 Incidencia y severidad

La incidencia facilita la identificación de la presencia de plagas en el cultivo, sin tener en cuenta el daño causado. La severidad se refiere al grado de perjuicio causado por una plaga o enfermedad al cultivo, expresado en porcentaje (Ponce-Molina et al., 2019).

2.8.2 *Roya amarilla* (*Puccinia striiformis*)

La roya amarilla, también conocida como roya lineal o rayada, se caracteriza por su color amarillo; el crecimiento de la enfermedad es de forma rectilínea o estriada, afectando a las hojas como también a las espigas. Las condiciones climáticas que favorecen su desarrollo son una temperatura de 10 a 15 °C y una humedad relativa superior al 80% (Carmona y Sautua, 2020).

2.8.3 *Roya de la hoja*

El hongo causante de la roya de la hoja es *Puccinia triticina*, cuyo principal indicador es la aparición de nódulos aislados con esporas de tonalidad naranja, localizados en las láminas de las hojas. La progresión de la enfermedad se produce cuando las condiciones ambientales, tales como la temperatura, oscilan entre 10 y 20 °C y las uredosporas son transportadas por el viento (Villalobos et al., 2023).

2.8.4 *Fusarium*

La fusariosis de la espiga es propiciada por condiciones térmicas y húmedas durante el período de floración y las fases iniciales del desarrollo del grano. *Fusarium* sp., que se distingue por provocar una coloración amarilla en la espiga, similar a la de una etapa de madurez, seguida de la aparición de masas de conidios de tonalidades amarilla, rosa o morado oscuro a lo largo de la espiga (Scholz et al., 2021).

2.8.5 *Virus del enanismo amarillo del trigo*

Esta patología se distingue por un tono amarillento característico en las hojas que se inicia en la región apical y se propaga en franjas alargadas. La propagación de esta enfermedad puede ocurrir en menos de un día mediante insectos que adquieren el virus de la savia del floema de las plantas ya infectadas, siendo el pulgón uno de los principales vectores (Biurrun et al., 2010).

2.8.6 *Carbon* (*Ustilago tritici*)

Este fenómeno es provocado por el hongo *Ustilago nuda*, distinguible por la presencia de masas de esporas negras que ocupan el espacio destinado a la formación de los granos en la espiga. Esta patología se difunde mediante la transmisión de semillas infectadas de un ciclo a otro, siendo los climas frescos y húmedos factores propicios para su propagación.

2.9 Plagas principales del cultivo de trigo

Dentro de las plagas que afectan directamente al cultivo del trigo, tenemos las siguientes, según lo mencionan Espinoza et al. (2008).

2.9.1 Pulgón de la hoja (*Schizaphis graminum*)

La etapa crítica del cultivo en relación con esta plaga se produce durante el proceso de llenado de los granos. Los pulgones pueden causar problemas de peso de los granos, lo que implica una reducción del rendimiento.

2.9.2 Oruga cortadora (*Spodoptera frugiperda*)

Tiene una preferencia por plántulas o plantas de tamaño reducido, y se nutre de las hojas centrales o de la región del cuello. Se manifiestan con frecuencia cuando las temperaturas se encuentran elevadas, causando daños considerables si no se las controla a tiempo.

2.10 Clasificación del trigo

Dentro de la clasificación del trigo, tenemos los que menciona Yara (2018).

2.10.1 Trigo común

El trigo conocido como *Triticum aestivum* es la variedad de trigo más extendidamente cultivada, también conocido como trigo diseñado para la producción de pan. Generalmente, alberga un alto contenido proteico y gluten, acompañado de un endospermo de consistencia sólida o suave.

2.10.2 Trigo duro

El trigo duro, también denominado *Triticum durum* pasta, se distingue por su dureza, elevado contenido proteico, sabor agradable y propiedades culinarias excepcionales. La cantidad de trigo cosechado cada año varía significativamente, situándose en un rango de 25 a 30 millones de toneladas, lo que representa aproximadamente el 4% de la producción total a nivel mundial.

2.11 Variedades de trigo

2.11.1 Líneas promisorias

Son especies las cuales no son liberadas y están siendo evaluadas en diferentes entornos para verificar el potencial productivo que estas presentan, además de su resistencia a las distintas plagas y enfermedades.

2.11.2 Variedades mejoradas

Las cuales fueron exhaustivamente evaluadas y demostraron resultados sobresalientes tanto en términos de rendimiento y calidad de grano, como en su resistencia a diversas plagas y enfermedades que afectan los cultivos.

2.11.3 Variedades de trigo cultivadas en Ecuador: Iniap-Imb-2014 y UEB-Carnavalero

Falconi et al. (2014) muestra las características morfológicas, agronómicas y de calidad de grano en las variedades más cultivadas en el territorio ecuatoriano INIAP-IMB.2014 y UEB-CARNAVALERO (Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2

Características morfológicas de las variedades Iniap-Imb-2014 y UEB-Carnavalero

Característica	Iniap-Imb.2014	UEB-Carnavalero
Numero de granos por espiga	45	39-45
Tipo de espiga	Compacta	Barba
Tipo de grano	Oblongo	Oblongo
Color de grano	Rojo	Rojo
Tipo de tallo	Resistente al acame	Resistente al acame
Altura de planta (cm)	105	70-80
Tamaño de espiga (cm)	10-11	8-9

Tabla 3

Características agronómicas de las variedades Iniap-Imb-2014 y UEB-Carnavalero

Característica	Iniap-Imb.2014	UEB-Carnavalero
Ciclo del cultivo (días)	160-180	135-150
Días al espigamiento	85	60-70
Rendimiento (t/ha)	4.0	2.5-4.0
Peso de 1000 granos (g)	45	45
Reacción de enfermedades		
Roya amarilla	Resistencia parcial	Resistencia parcial
Roya de la hoja	Resistencia parcial	Resistencia parcial
Fusarium	Resistencia parcial	Resistencia parcial

Tabla 4

Características de calidad de las variedades Iniap-Imb-2014 y UEB-Carnavalero

Característica	Iniap-Imb.2014	UEB-Carnavalero
Proteína (%)	12.7	13.61
Fibra (%)	3.6	4.35
Peso hectolitrito (kg hl ⁻¹)	79.5	81- 82 puntos
Rendimiento harinero (%)	Bueno (72%)	Bueno (80%)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Experimental La Pradera, ubicada en la parroquia San José de Chaltura del cantón Antonio Ante en la provincia de Imbabura (Figura 1).

Figura 1

Mapa del área designada para el estudio



3.1.1 Ubicación política y geográfica

Las características específicas y la ubicación geográfica exacta del lugar de estudio se detallan minuciosamente en la (Tabla 5).

Tabla 5

Caracterización del área de estudio para cultivo de trigo

Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Lugar	Granja Experimental La Pradera
Altitud	2336 m.s.n.m

3.1.2 Características climáticas

La parroquia de San José de Chaltura se distingue por poseer un clima de tipo ecuatorial mesotérmico semihúmedo, caracterizado por una temperatura media anual estable y una precipitación moderada a lo largo del año (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2023). A continuación, se presentan los parámetros correspondientes a la zona en cuestión.

- Temperatura mínima: 9.5 °C
- Temperatura media: 15 – 16 °C
- Temperatura máxima: 24 °C
- Precipitación media anual: 750 mm/año
- Humedad relativa: 72-75 %

3.2 MATERIALES

3.2.1 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales de campo, equipos, insumos y herramientas utilizados en la implementación de la investigación se detallan a continuación (Tabla 6).

Tabla 6

Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el estudio

Materiales de campo	Equipos/ material oficina	Insumos	Semilla
Lote de terreno	Computadora	Fertilizantes	Trigo harinero (60g)
Tractor con arado y rastra	Calculadora	10-30-10	H-01-UEB
Cinta metrica	Impresora	Sulphomag	H-04-UEB
Estacas de madera	Celular	Urea	TA-18-008
Piola	Programa InfoStat	Insecticida	TA-20-003
GPS	Balanzas	Deltametrina	INIAP-IMB.2014
Herramientas manuales	Medidor de humedad	Herbicida	Trigo Duro (60g)
Bomba de mochila	Libro de campo	Metsulfuron methyl	A-01
Sistema de riego			A-02
			A-03
			A-04
			Carnavalero-UEB

3.3 Métodos

La presente investigación fue un estudio de tipo experimental en el cual se evaluaron cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo harinero y trigo duro pertenecientes al proyecto UEB-FIASA en la Granja Experimental La Pradera.

Para el desarrollo del estudio, se consideró un total de 5 variables cualitativas y 13 cuantitativas que fueron meticulosamente evaluadas a lo largo de las distintas etapas fenológicas del cultivo.

3.3.1 Factores en estudio

El factor determinante del estudio se basó en la ejecución de un experimento en un entorno de campo abierto, en el cual se llevaron a cabo evaluaciones exhaustivas de distintos materiales de trigo, los cuales fueron cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada, tanto para trigo harinero como para trigo duro. Todo esto se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera bajo las condiciones de Chaltura-Imbabura.

3.3.2 Tratamientos

A continuación se presentan las diferentes líneas que fueron evaluadas en este estudio, tanto para el trigo harinero como para el trigo duro (Tablas 7 y 8).

Tabla 7

Líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero evaluadas

Código	Material
H-01-UEB	Línea Promisoria
H-04-UEB	Línea Promisoria
TA-18-008	Línea Promisoria
TA-20-003	Línea Promisoria
INIAP-IMBABURA 2014	Variedad Mejorada

Tabla 8

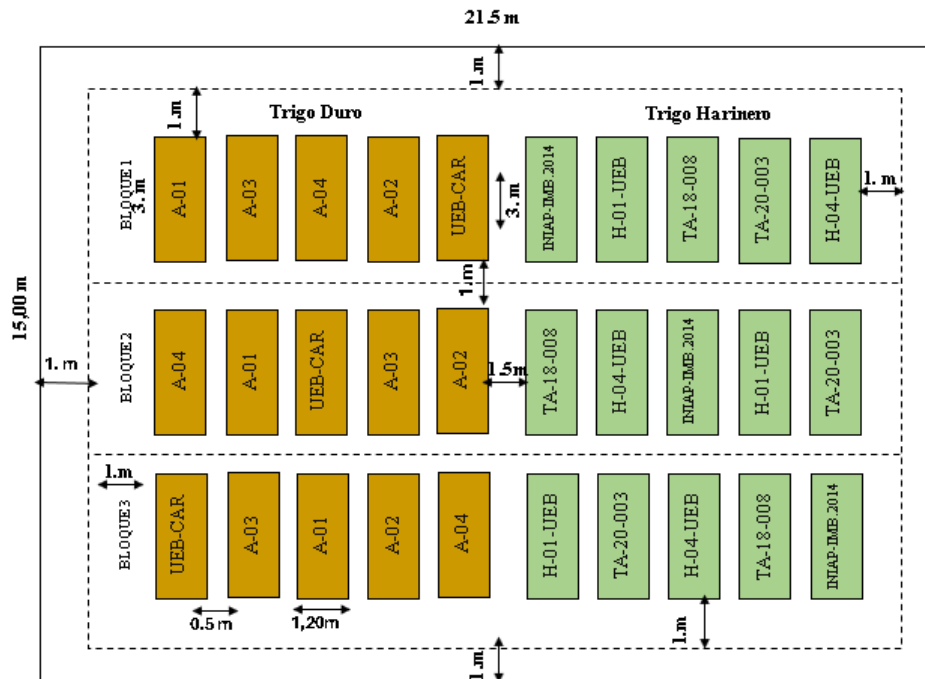
Líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro evaluadas

Código	Material
A-01	Línea Promisoria
A-02	Línea Promisoria
A-03	Línea Promisoria
A-04	Línea Promisoria
UEB-CARNAVALERO	Variedad Mejorada

3.3.3 Diseño experimental para líneas y variedades de trigo

Se llevó a cabo la implementación de un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) de 5x3 para cada variedad de trigo. En cada bloque, se seleccionarán aleatoriamente cuatro líneas promisorias de trigo, junto con la variedad mejorada, esto para trigo harinero como para trigo duro (Figura 2).

Figura 2
Diseño experimental del estudio



3.3.4 Características del experimento

- Niveles: 10
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 30
- Área total del ensayo: 322.5 m².

3.3.5 Características de la unidad experimental

En la Tabla 9 se presentan de manera detallada las características específicas de la unidad experimental utilizada en el estudio del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero y trigo duro.

Tabla 9
Características de la unidad experimental

Datos	Medidas
Área total de la parcela:	322.5 m ²
Área de la unidad experimental:	3.60 m ²
Largo de la parcela:	3.00 m
Ancho de la parcela:	1.20 m
Distancia entre unidad experimental:	0.5 m
Distancia entre bloques:	1 m
Densidad de siembra:	60 g/3.60 m ²

3.3.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat versión 2020, un análisis de varianza (ADEVA) con pruebas de media LSD Fisher ($\alpha=0.05$) si cumple los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de varianza del experimento

Fuentes de variación	Fórmula	GL
Bloques	(t-1)	2
Líneas promisorias de trigo	(R-1)	9
Error experimental	(t-1)(R-1)	18
Total	(t x R) - 1	29

3.4 Variables evaluadas en el cultivo de trigo duro y harinero

En el segundo ciclo de producción de líneas promisorias de trigo harinero y duro en Chaltura-Imbabura, se midieron algunas variables; para ello se utilizó el Manual No. 111 de Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales, publicado por el INIAP en el año (2019), el cual detalla las etapas de desarrollo del cultivo de cereales. Además, muestra los criterios para evaluar y seleccionar los parámetros necesarios para medir y analizar diversas características de las plantas (Ponce-Molina et al., 2019).

3.4.1 Días a la emergencia para cultivo de trigo duro y harinero

Variable que será registrada y evaluada de manera visual, durante los días transcurridos, desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas presenten emergencia del coleóptilo en la parcela total, según la escala de Zadoks, es la Z 07 (Figura 3).

Figura 3

Días a la emergencia para cultivo de trigo duro y harinero



3.4.2 Emergencia %, para trigo duro y harinero

Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes (Tabla 11). Este parámetro se evalúa en la etapa de desarrollo Z 12 o Z 13 según la escala de Zadoks, dos o tres hojas desarrolladas o a partir de los 20 días después de la siembra (Figura 4).

Tabla 11

Porcentaje de emergencia en cereales

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

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 4

Porcentaje de emergencia en cereales



3.4.3 Vigor de plantas de trigo duro y harinero

Este parámetro fue objeto de evaluación visual durante la fase de desarrollo Z14 a Z15, utilizando la escala de Zadoks. Los datos fueron recolectados a los 35 y 45 días, cuando las plantas presentaron entre cuatro y cinco hojas desarrolladas. Este análisis comparó el desarrollo de las plantas de la parcela, utilizando una escala que se ilustra a continuación en la (Tabla 12, Figura 5).

Tabla 12

Vigor de la planta en cultivo de trigo.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Bueno	Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas.
2	Regular	Plantas y hojas medianamente desarrolladas
3	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas.

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 5

Vigor de la planta en cultivo de trigo



3.4.4 Hábito de crecimiento en plantas de trigo duro y harinero

Para esta variable se evaluaron plantas seleccionadas al azar una vez que el cultivo esté pasando entre los periodos Z 20 y Z 29, específicamente en la fase de macollamiento. La toma de datos se realizó según la siguiente escala. (Tabla 13, Figura 6).

Tabla 13

Escala de hábito de crecimiento

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

Fuente: Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 6

Hábito de crecimiento del cultivo de trigo harinero, escala 1



3.4.5 Días al espigamiento en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable fue objeto de evaluación visual, registrándose la cantidad de días transcurridos desde el momento de la siembra hasta que las parcelas alcanzaron el 50% de espigamiento. Se llevaron a cabo mediciones continuas dado que los materiales espigan en diferentes días. De acuerdo con la escala de Zadoks, la cifra Z 55 corresponde a la mitad de la inflorescencia que ha emergido (Figura 7).

Figura 7

Días al espigamiento en cultivo de trigo



3.4.6 Altura de la planta (cm) en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable se evaluó según la escala de Zadoks Z 91. En la madurez fisiológica, se mide la distancia en centímetros desde el suelo hasta la parte superior más larga de la planta, excluyendo los bordes o aristas. Se tomaron muestras al azar de 10 plantas; para esto se utilizó una regleta (Figura 8).

Figura 8

Altura de la planta de trigo (cm)



3.4.7 Tipo de paja en cultivo de trigo duro y harinero

Para la evaluación de esta variable se necesitó suficiente criterio técnico. Para esta variable se empleó una escala de 1 a 3, según la escala de Zadoks Z91, descrita a continuación (Tabla 14, Figura 9).

Tabla 14

Escala de evaluación para 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 flexible, que soportan parcialmente el viento y el acame.
3	Tallo débil	Tallos delgados y flexibles que no soportan el viento y el acame.

Fuentes: (Ponce-Molina et al. 2019).

Figura 9

Tipo de paja en cultivo de trigo.



3.4.8 Número de espigas por m² en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable se registró cuando la planta de trigo alcanzó su madurez comercial; se la tomó de manera visual al contar el número de espigas por metro cuadrado. Se tomaron 4 muestras al azar de cada una de las parcelas netas; esto se realizó con la ayuda de un cuadrante de 0.25 m (Figura 10).

Figura 10

Número de espigas por m²



3.4.9 Longitud de la espiga (cm) en cultivo de trigo duro y harinero

El tamaño de espiga se midió desde el punto de inserción hasta la punta de la espiga, sin incluir aristas, con una regla y se expresó en centímetros. Esto se realizó en 10 muestras elegidas al azar por cada unidad experimental según la escala de Zadoks en Z 92 (Figura 11).

Figura 11

Evaluación de la longitud de espiga en trigo



3.4.10 Número de granos por espiga en cultivo de trigo duro y harinero

Se trata de un parámetro visual evaluado durante la etapa de madurez fisiológica, donde se contabilizó el número de granos en una muestra de 10 espigas seleccionadas aleatoriamente dentro de cada unidad experimental de acuerdo con la escala Zadoks en Z 92 (Figura 12).

Figura 12

Variable número de granos por espiga en trigo



3.4.11 Días a la cosecha en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable fue evaluada una vez que el grano llegó a la fase de madurez fisiológica. Se llevó a cabo una prueba con las manos, la cual consistió en presionar con las uñas el grano y este no debería causar daños en este. Esta evaluación confirmará que el cultivo está preparado para la corte conforme a la escala de Zadoks Z92 (Figura 13).

Figura 13

Días a la cosecha del cultivo de trigo



3.4.12 Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) en cultivo de trigo duro y harinero

Es un parámetro sumamente relevante y significativo para la evaluación, ya que determina el potencial de producción en grano de cada material genético utilizado en el estudio. Este valor se expresa en gramos/parcela y se convierte en kg ha^{-1} , con el fin de calcular el costo del rendimiento potencial estimado. En este cálculo se tuvo en cuenta una pérdida del 10% debido a la postcosecha. Para esta variable en particular, es fundamental que el grano se encuentre con un nivel de humedad del 13% y en un estado de limpieza óptimo (Figura 14).

Figura 14

Evaluación de la variable rendimiento de grano



3.4.13 Peso hectolítrico (kg hl⁻¹) en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable fue estimada en kilogramos por hectolítrico (kg hl⁻¹), para ello se empleó una balanza para peso específico o hectolítrico. Para evitar errores, se realizaron al menos tres mediciones al azar (Figura 15) (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 15

Peso hectolítrico en líneas y variedades de trigo



3.4.14 Peso de mil granos (g) en cultivo de trigo duro y harinero

El experimento consistió en medir el peso promedio alcanzado por una muestra de 1000 granos seleccionados al azar de la cosecha. A medida que aumenta el peso de los elementos utilizados en la producción agrícola, también lo hace el rendimiento potencial de los cultivos. Para llevar

a cabo este proceso, se emplearon balanzas electrónicas especialmente configuradas en gramos, lo cual garantizó la precisión de las mediciones realizadas (Figura 16).

Figura 16

Peso de mil granos en líneas de trigo



3.4.15 Tipo de grano en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable fue evaluada cuando el grano se encontraba totalmente seco, hecho que se ha documentado mediante la utilización de la siguiente escala (Tabla 15, Figura 17).

Tabla 15

Escala de evaluación para tipo de grano en trigo

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

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2019).

Figura 17

Tipo de grano en trigo



3.4.16 Severidad de manchas foliares (%) en cultivo de trigo duro y harinero

Esta variable fue documentada a lo largo del desarrollo del cultivo, con especial énfasis en la fase de presencia de la hoja bandera, espigamiento y en el estado de grano lechoso. Para ello, se empleó una escala de severidad (Tabla 16) propuesta por Horsfall-Barrat (1945).

Tabla 16

Escala para evaluar severidad de manchas foliares en cereales

Grado	% de enfermedad	% 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	94-100	0-3	97,66
11	100	0	98,62

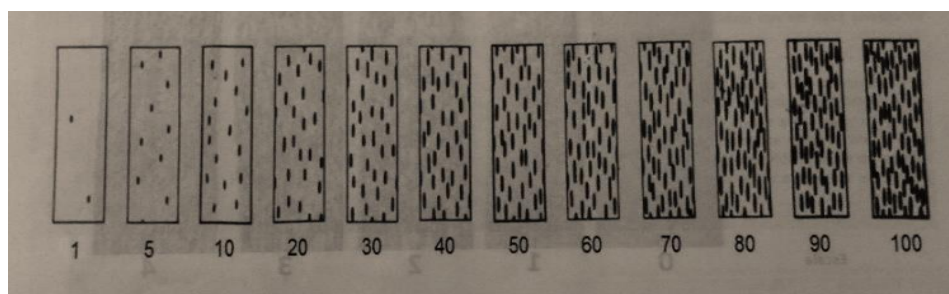
Fuente: Horsfall-Barrat (1945).

3.4.17 Severidad Royas (%) en cultivo de trigo duro y harinero

Para la determinación de la severidad de roya se utilizó la escala propuesta por Cobb modificada (Figura 18), la cual es adecuada para esta determinación. Esta escala diagramática se empleó para comparar la imagen de la escala con la observada en la hoja de la planta en estudio, en este caso, la hoja bandera en el trigo.

Figura 18

Escala para determinar la severidad de roya en trigo

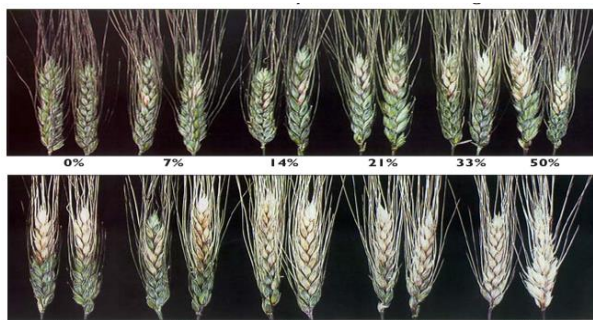


3.4.18 Severidad *Fusarium* (%) en cultivo de trigo duro y harinero

En el caso del trigo, una de las enfermedades más complejas por nivel de afectación en el grano es la causada por el patógeno *Fusarium* sp. (Figura 19). Generalmente, el daño se presenta en la espiga; por tal motivo, para el proceso de evaluación de esta enfermedad, se hizo uso de la escala diagramática propuesta por Stack et al. (2011).

Figura 19

Escala para evaluación de severidad de Fusarium en trigo



Fuente: (Stack et al., 2011).

3.4.19 Incidencia del virus BYDV (%) en cultivo de trigo duro y harinero

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

Tabla 17

Escala para determinar el grado de daño por virosis

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

Fuente: Schaller y Qualset (1980).

3.5 Manejo del experimento

3.5.1 Selección del lote para cultivo de trigo duro y harinero

La elección del lote es muy importante debido a que es donde se implementó el ensayo, y este debe cumplir con los siguientes parámetros. El lote no debe haber sido cultivado con ningún cereal en el ciclo anterior. Es recomendable que no haya más del 5% de pendiente (Figura 20).

Figura 20

Selección del lote, para implementación de la investigación



3.5.2 Preparación del suelo para cultivo de trigo duro y harinero

Para la adecuada preparación del terreno se solicitó el uso de maquinaria agrícola especializada, en este caso el tractor, el cual se usó para de esta manera eliminar de forma efectiva los restos del cultivo anterior, logrando así que el suelo quede completamente suelto y listo para favorecer la implementación del nuevo cultivo y facilitar la germinación de la semilla de manera óptima (Figura 21).

Figura 21

Preparación del lote con maquinaria agrícola



3.5.3 Trazado de parcelas y diseño experimental para cultivo de trigo duro y harinero

Realizada la preparación de terreno, se procedió a realizar la implementación del diseño experimental; en este caso se hizo uso de un diseño en bloques completos al azar con área total de 322.5 m² y 3.60 m² por unidad experimental (Figura 22).

Figura 22

Implementación de diseño experimental para siembra de líneas de trigo



3.5.4 Fertilización en cultivo de trigo duro y harinero

Para esta investigación en particular, no se llevó a cabo un análisis exhaustivo del suelo antes de proceder con la siembra, ya que el enfoque adoptado se asemejaba al de un agricultor convencional; no obstante, al momento de la siembra, se procedió a realizar una fertilización edáfica empleando una combinación de 10-30-10 + Sulpomag. Posteriormente, luego de transcurrir un lapso de 42 días, se efectuó una segunda aplicación basada en una mezcla de urea + 10-30-10, culminando con una tercera y última aplicación de urea a los 70 días posteriores al proceso de siembra (Tabla 18).

Tabla 18

Fertilización para trigo harinero y duro 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

3.5.5 Siembra y densidad en cultivo de trigo duro y harinero

La siembra para esta investigación se realizó manualmente con la técnica de voleo. Se utilizó una densidad de 60 gramos de semilla por unidad experimental. Cabe destacar que la semilla fue sometida a un tratamiento con diferentes productos agrícolas, tales como el Vitavax, un fungicida compuesto por Carboxim (200 g/L) y Thiran (200 g/L), en dosis de 10 ml/kg semilla con el fin de prevenir la posible infección por patógenos que podrían encontrarse en el suelo, también se utilizó Engeo, un insecticida que tiene Lambda Cihalotrina (106 g/L) y Thiametoxan (141 g/L), en dosis de 15 ml/kg de semilla con la finalidad de proteger la semilla de larvas o insectos masticadores que podrían dañarla y afectar su germinación (Figura 23).

Figura 23

Siembra de trigo harinero y duro en la zona de Chaltura-Imbabura



3.5.6 Control de malezas para cultivo de trigo duro y harinero

Para el manejo de las malezas en cereales, existen herbicidas selectivos para hoja ancha y hoja delgada. No obstante, en el caso del trigo, solo se dispone de un herbicida selectivo para hoja ancha, el Metsulfuron Methyl 600 g/kg. Este se aplicó en una única instancia a los 42 días posteriores a la siembra, a una dosis de 1.5 g/20 L de agua. En lo que respecta a la maleza de hoja angosta, se efectuaron controles manuales (Figura 24).

Figura 24

Aplicación de herbicida selectivo para arvenses de hoja ancha en cultivo de trigo



3.5.7 Toma de datos en cultivo de trigo duro y harinero

La recopilación de datos se llevó a cabo utilizando un libro de campo diseñado exclusivamente para este estudio, el cual incluía todas las variables a evaluar a lo largo de todo el ciclo de cultivo, tanto aquellas de tipo cualitativo como las de tipo cuantitativo que fueron analizadas a lo largo de todo el ciclo de cultivo (Figura 25).

Figura 25

Libro de campo para evaluación de variables en cultivo de trigo



3.5.8 Cosecha en cultivo de trigo duro y harinero

La cosecha se llevó a cabo de manera manual y se realizaron pequeños atados de acuerdo con cada unidad experimental correspondiente. Dado que se evaluaron distintas líneas, los días de cosecha se distribuyeron en diferentes momentos. Se decidió realizar una prueba manual basada en introducir la uña para comprobar que el trigo se encontraba en su estado óptimo de cosecha (Figura 26).

Figura 26

Líneas de trigo cosechadas



3.5.9 Trilla en cultivo de trigo duro y harinero

La trillada se llevó a cabo de forma manual, ya que los períodos de recolección variaban considerablemente; por consiguiente, esta labor se ejecutó con la colaboración de estudiantes pertenecientes a la carrera de agropecuaria, como parte de las actividades programadas en el recinto universitario (Figura 27).

Figura 27

Trillado manual de accesiones de trigo



3.5.10 Secado de líneas y variedades de trigo duro y harinero

Para llevar a cabo las actividades de secado de manera adecuada, se decidió colgar los atados de trigo que habían sido cosechados previamente a la realización de la trillada. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de permitir que el grano se fuera secando de manera progresiva y natural, hasta alcanzar el nivel de humedad deseado, que se sitúa en torno al 13% o incluso valores inferiores a este porcentaje (Figura 28).

Figura 28

Secado de trigo y medición de humedad del grano



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Interpretación de resultados

La presente investigación realizada en La Granja Experimental La Pradera sobre la evaluación del segundo ciclo de producción de líneas promisorias de trigo (*Triticum* sp.) harinero y duro en Chaltura-Imbabura muestra los siguientes resultados.

4.2 Trigo harinero (*Triticum aestivum* L.)

4.2.1 Días a la emergencia en cultivo de trigo harinero

Los datos observados para la variable días a la emergencia en trigo harinero mostraron que las líneas promisorias H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003 y la variedad mejorada INIAP-IMB-2014 presentaron intervalos entre 8 y 9 días para completar su proceso de germinación a partir de la fecha de siembra.

4.2.2 Porcentaje de emergencia (%)

El análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia en trigo harinero muestra que existen diferencias significativas entre líneas y la variedad mejorada ($gl = 4$; $F = 5.38$; $p=0.0212$). Una vez que se aplicó la prueba estadística LSD de Fisher con el 5 % de significancia, se observó que la línea promisorio TA-18-008 mostró el 100 % de germinación, mientras que el resto de líneas, incluidas las variedades (H-04-UEB, H-01-UEB, TA-20-003 e INIAP-IMB, 2014), presentaron porcentajes de emergencia entre el 66.67 y el 73.33 % (Tabla 19).

Tabla 19

Variable porcentaje de emergencia de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero

Líneas	Emergencia (%)	E.E
TA-18-008	100.00 ± 0.00	a
H-04-UEB	73.33 ± 6.76	b
INIAP-IMB,2014	73.33 ± 6.76	b
H-01-UEB	66.67 ± 6.67	b
TA-20-003	66.67 ± 6.67	b

Los datos recopilados por Caiza (2024) en relación con las líneas evaluadas de trigo harinero en la provincia de Tungurahua revelan que todos los materiales se situaron dentro de un intervalo de 81 al 100 % de emergencia (Categoría: Bueno). Por otro lado, los resultados

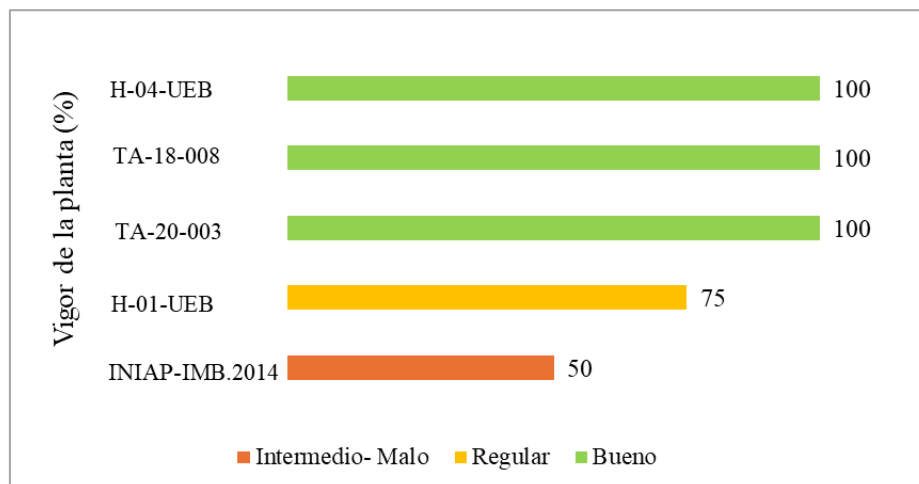
presentados por Bustamante (2024) en la evaluación del primer ciclo del cultivo indican que la línea TA-20-003 presentó el mayor porcentaje de germinación, mientras que TA-18-008 fue la línea de menor promedio. Estos resultados, comparados con nuestro estudio, indican diferencias entre ciclos de evaluación. No obstante, se infiere que los datos pueden verse influenciados por distintos factores edafoclimáticos presentes durante el período de evaluación, según mencionan Ponce-Molina y otros (2019).

4.2.3 Vigor de la planta

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que existe asociación entre las líneas evaluadas y el vigor de la planta en trigo harinero ($gl=8$; $\chi^2=0.0002$). La variable vigor de la planta fue evaluada con parámetros descriptivos basándonos en una escala gradual detallada en la parte inferior de la (Figura 29) donde como resultados se obtuvo que las líneas H-04-UEB, TA-18-008 y TA-20-003 presentaron el 100 %, que representa una categoría 1 (Bueno), seguido por la línea H-01-UEB y la variedad mejorada INIAP-IMB-2014 en los lugares 3 y 4 (regular, intermedio - malo).

Figura 29

Datos obtenidos sobre la variable vigor de la planta para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



Nota: Escalas propuestas por Ponce-Molina et al. (2019): 1 = Bueno (plantas y hojas grandes, bien desarrolladas); 2 = Intermedio; 3 = Regular (plantas y hojas medianamente desarrolladas); 4 = Intermedio; 5 = Malo (plantas pequeñas y hojas delgadas).

Los resultados de la evaluación del primer ciclo de producción de trigo harinero por parte de Bustamante (2024) en la zona de Chaltura, se asemejan a los obtenidos dentro del segundo ciclo de evaluación, donde las líneas TA-18-008 y TA-20-003 se situaron dentro de la categoría

1. Bueno (plantas con vigorosidad buena), mientras que la variedad INIAP-IMB.2014 se situó dentro de la categoría 3 regular (vigor intermedio).

4.2.4 Hábito de crecimiento

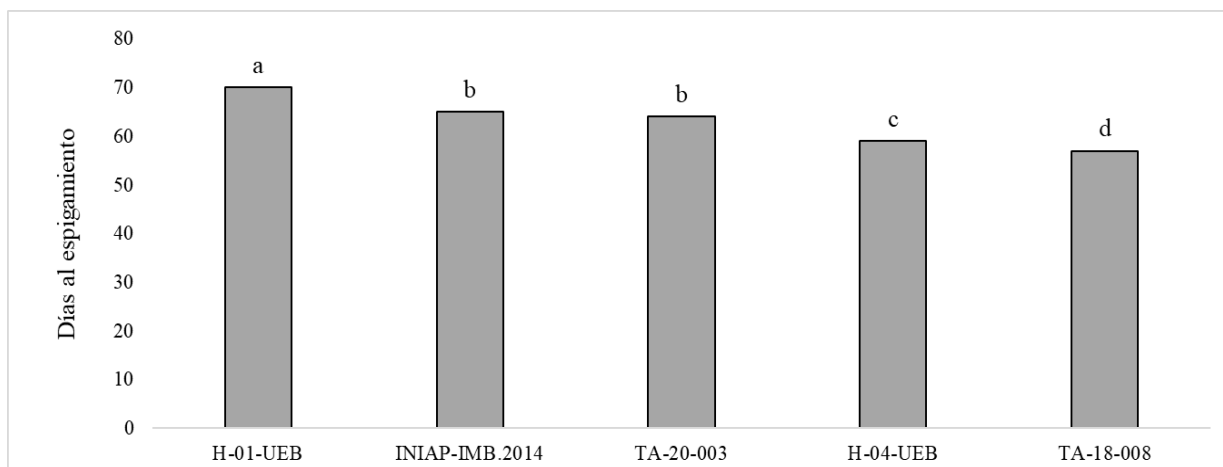
Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación entre las líneas evaluadas y el hábito de crecimiento en trigo harinero ($\chi^2=0.9999$), en donde se observó que el 100 % del material en estudio H-01-UEB, H-04-UEB, TA-18-008, TA-20-003 e INIAP-IMB.2014 presentó la categoría erecta (hojas dispuestas verticalmente hacia arriba).

4.2.5 Días al espigamiento

Los resultados del análisis de varianza para la variable días al espigamiento indican que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias evaluadas ($gl = 4$; $F = 107.84$; $p < 0.0001$), identificando que las líneas TA-18-008 y H-04-UEB tuvieron presencia de la espiga a los 57 y 59 días. Por otro lado, la línea TA-20-003 y la variedad INIAP-IMB.2014 sostuvieron un promedio de 65 días, dejando a la línea H-01-UEB como la que más se demoró, 70 días (Figura 30).

Figura 30

Variable días al espigamiento de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo harinero



Los resultados obtenidos se relacionan con la información proporcionada por Caiza (2024) en su estudio en la provincia de Tungurahua, donde la línea TA-18-008 fue la línea de menor tiempo al espigado, con 69 días, presentando una diferencia de 12 días con nuestros resultados (57 días). Sin embargo, los datos presentados por Bustamante (2024) en su estudio llevado a cabo en la Granja Experimental La Pradera en Chaltura dentro del primer ciclo de producción

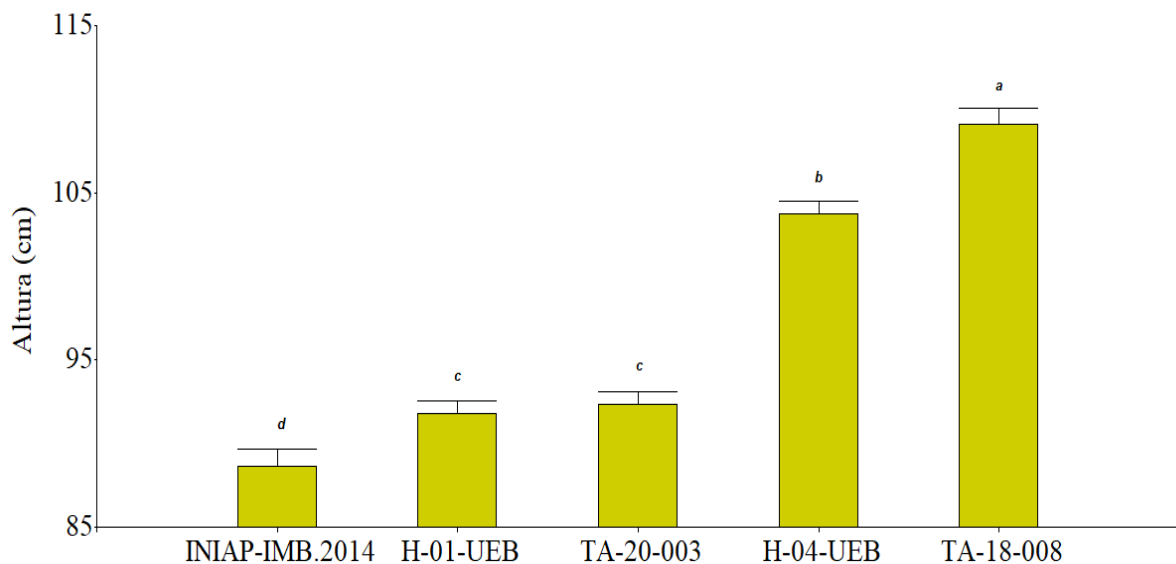
validan nuestros resultados donde la línea TA-18-008 presentó la espiga a los 50 días, mientras que la línea que más tardó fue H-01-UEB con 65 días. Según Ponce-Molina et al. (2019), este parámetro se ve afectado por factores tales como elevación altitudinal, entornos meteorológicos, condiciones de sequía o cambios abruptos en las temperaturas.

4.2.6 Altura de la planta (cm)

Los resultados del análisis estadístico para la variable altura de la planta indican que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero evaluadas ($gl= 4$; $F= 103.71$; $p < 0.0001$). La prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5 % demostró que las líneas promisorias TA-18-008 y H-04-UEB tuvieron los promedios más elevados en altura de planta con valores de 109.07 y 103.73 cm, respectivamente. Por otro lado, las líneas H-01-UEB y TA-20-003 presentaron una notable similitud en cuanto a su tamaño, con intervalos de 91.80 y 92.37 cm. Finalmente, la variedad INIAP-IMB.2014 se posicionó con la menor longitud de la planta, mostrando una diferencia de 20.4 cm en comparación con la línea que obtuvo el primer lugar (Figura 31).

Figura 31

Variable altura de la planta de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



El estudio realizado por Llumitaxi (2024) en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP, situada en la provincia de Pichincha, reveló que las líneas TA-18-008 y H-04-UEB presentaron un promedio de altura de 100 cm, un valor similar al registrado en nuestra evaluación. Por otra parte Bustamante (2024), durante el primer ciclo de evaluación en Chaltura-Imbabura indican que la línea H-04-UEB presentó la mayor altura con 104.87 cm, mientras que en nuestro estudio

TA-18-008 sostuvo la mayor altura con un promedio de 109.07 cm seguida por H-04-UEB que no difiere con los resultados del primer ciclo manteniendo un promedio de 103.73 cm, mientras que la variedad INIAP-IMB.2014 registró el promedio más bajo en ambos estudios.

4.2.7 Tipo de paja

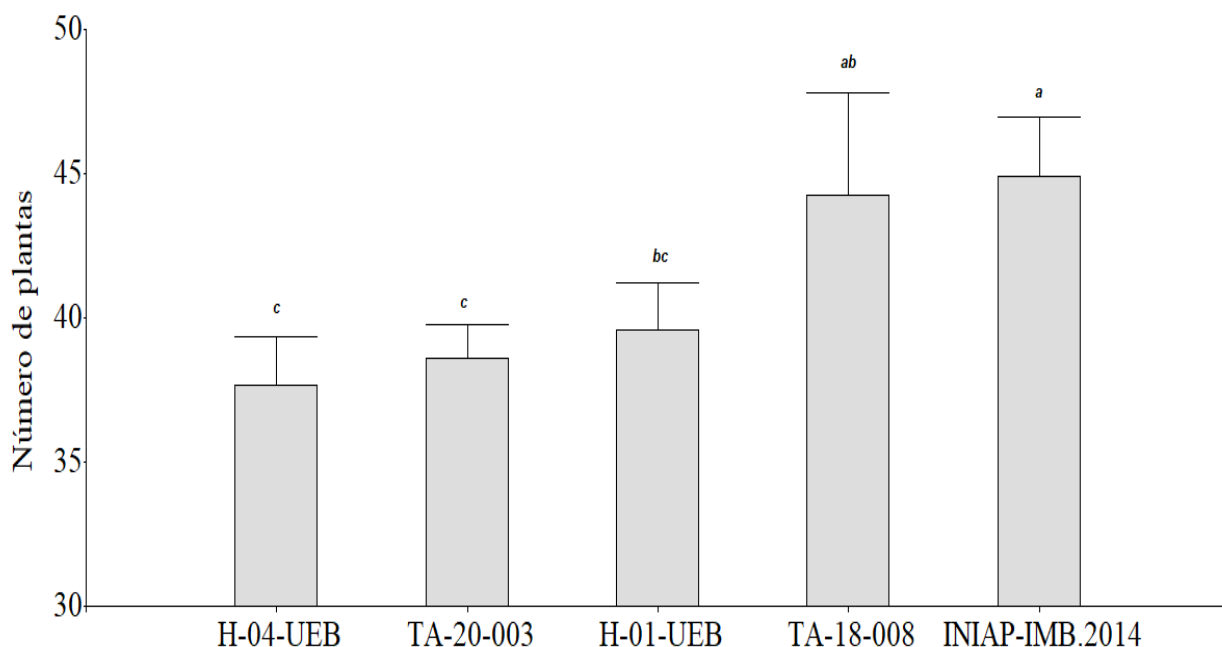
Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación ($\chi^2=0.9999$) entre las líneas evaluadas y el tipo de paja en trigo harinero, presentando tallos fuertes que soportan el viento y el acame.

4.2.8 Número de plantas por m²

Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero evaluadas (gl= 4; F= 2.42; p=0.0400). La prueba de medias LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5 %, identifica que la variedad INIAP-IMB.2014 y la línea TA-18-008 presentan el mayor número de plantas por m², 44, mientras que las líneas promisorias H-01-UEB, TA-20-003 y H-04-UEB muestran intervalos entre 37 y 39 plantas por m² (Figura 32).

Figura 32

Variable número de plantas por m² de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo harinero



Los datos presentados por Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua sobre la cantidad de plantas por metro cuadrado en los mismos materiales de trigo harinero, revelaron de manera

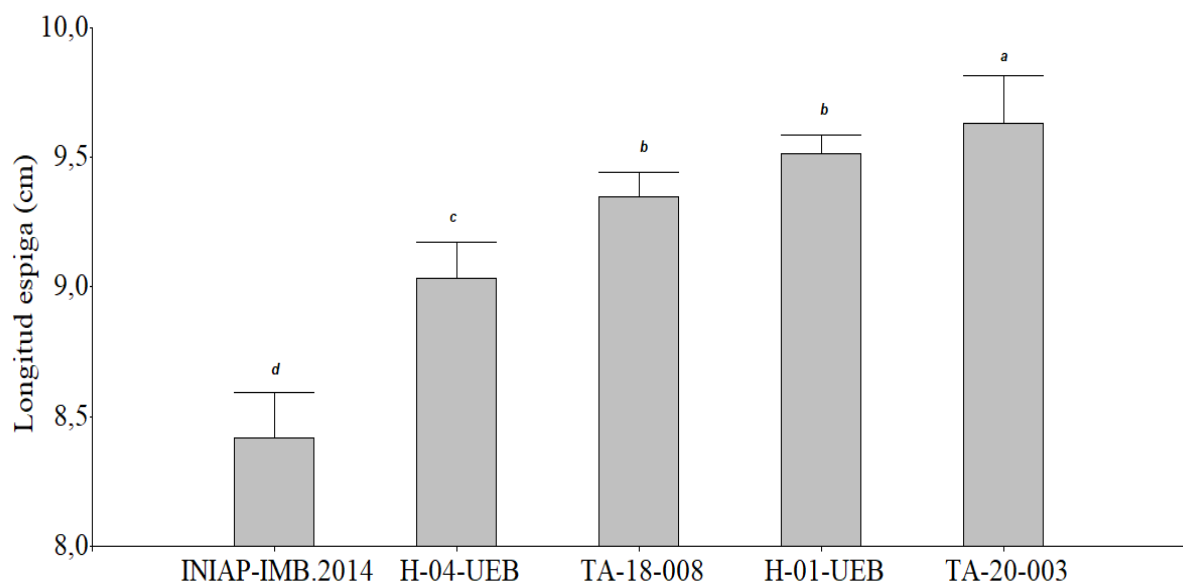
clara que los datos no presentaron diferencias importantes. Estos cambios pueden verse comprometidos por el manejo agronómico, la calidad de la semilla y el porcentaje de emergencia.

4.2.9 Longitud de la espiga (cm)

El análisis de varianza evidenció que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero evaluadas ($gl= 4$; $F= 12.20$; $p< 0.0001$). La prueba estadística LSD de Fisher, con un valor de significancia del 5%, mostró cuatro rangos de significancia para la variable longitud de espiga, donde las diferencias con la variedad INIAP-IMB.2014 son de 1.1 cm para la línea TA-20-003 seguido por las líneas H-01-UEB y TA-18-008 con 0.98 cm y mientras que la línea H-04-UEB presenta una diferencia de 0.61 cm (Figura 33).

Figura 33

Variable longitud de la espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



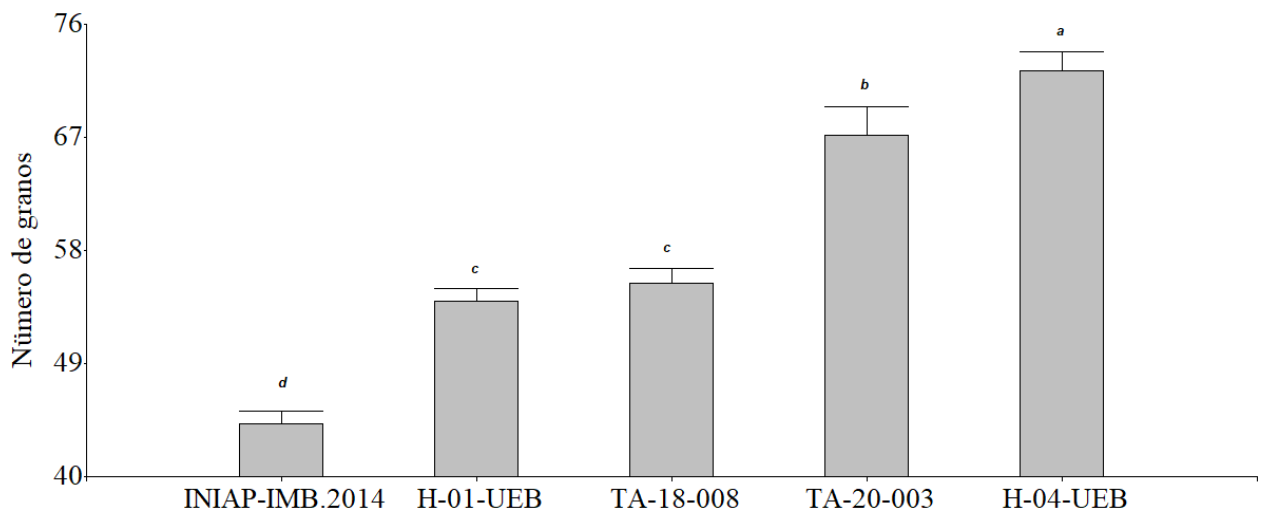
Con base en los resultados conseguidos, se puede indagar la información con los datos obtenidos por (Llunitaxi, 2024) en su investigación realizada en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, ubicada en la provincia de Pichincha, donde se muestra que la línea TA-20-003 presentó el promedio más alto en longitud de la espiga con 16.2 cm. Mientras que Caiza (2024) en su ensayo en la provincia de Tungurahua, obtuvo como resultado que no existieron diferencias significativas entre los materiales evaluados, donde el promedio fue de 9.42 a 10.13 cm. Según Ponce-Molina et al. (2019) el tamaño de espiga se ve afectado por la disponibilidad de nutrientes, condiciones climáticas, pisos altitudinales, temperatura y precipitaciones.

4.2.10 Número de granos por espiga

Los resultados del análisis de varianza para la variable número de granos por espiga dieron a conocer que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo harinero evaluadas ($gl= 4$; $F= 58.37$; $p < 0.0001$). La prueba de medias LSD de Fisher con el 5 % de significancia indica que las líneas promisorias superan en cantidad a la variedad INIAP-IMB.2014, presentando diferencia de 28 granos para la línea H-04-UEB, seguida por TA-20-003 con 23 granos, a continuación, la línea TA-18-008 con 11 granos, mientras que H-01-UEB mostró 9 granos, respectivamente (Figura 34).

Figura 34

Variable número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



Con base en los datos alcanzados, se corrobora con los resultados obtenidos en el estudio realizado por Llumitaxi (2024) en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, ubicada en la provincia de Pichincha, donde se obtuvo que, de igual manera, la línea H-04-UEB presentó el mejor promedio de 66 granos por espiga. Esta información la recalcan los datos expuestos por Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua, donde H-04-UEB presentó valores de 47 granos, considerándose como la mejor línea dentro del estudio.

4.2.11 Días a la cosecha

Para los días a la cosecha en los materiales de trigo harinero se evidenció la línea que alcanzó la madurez fisiológica más pronto fue TA-18-008 con 124 días, seguida por TA-20-003 con 131 días, a continuación la línea H-01-UEB con 138 días, mientras que la variedad INIAP-IMB.2014 y la línea H-04-UEB tardaron 143 días.

El estudio realizado por Bustamante (2024) dentro de la evaluación del primer ciclo de trigo harinero muestra que las líneas H-01-UEB, H-04-UEB y variedad INIAP-IMB-2014 presentaron un intervalo de 142 días a la cosecha, considerándose las más tardías, mientras que las líneas TA-18-008 y TA-20-003 presentan su ciclo de cosecha alrededor de los 130 días, estos resultados son similares a los obtenidos dentro del segundo ciclo donde H-01-UEB y H-04-UEB completaron su ciclo fenológico a los 143 días, mientras que las líneas TA-18-008 y TA-20-003 con un promedio de 124 y 131 días considerándolas como las líneas más precoces.

4.2.12 Peso de mil granos (g)

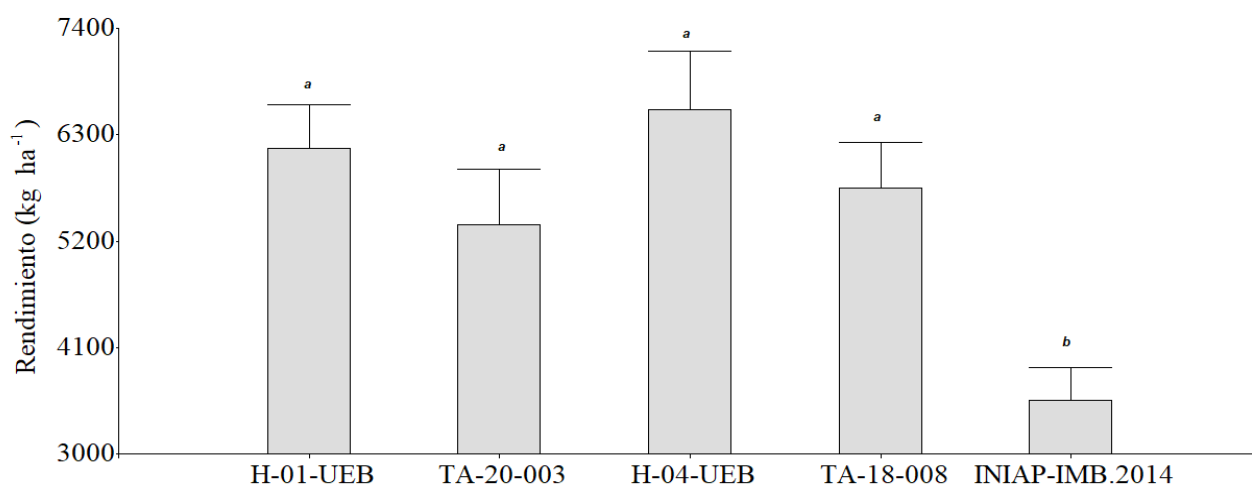
Los datos obtenidos demostraron que dentro de la variable peso de mil granos en líneas de trigo harinero presentando valores de 50 y 51 g.

4.2.13 Rendimiento de grano (kg ha^{-1})

El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre líneas promisorias y variedad mejorada a partir de los datos obtenidos y analizados ($gl = 4$; $F = 5.42$; $p < 0.0207$). Una vez realizada la prueba estadística LSD de Fisher, que tiene un nivel de significancia del 5 %, se observó que todas las líneas promisorias demostraron ser superiores a la variedad mejorada INIAP-IMB.2014 ($3\ 555.33 \text{ kg ha}^{-1}$), mostrando diferencias donde H-04-UEB muestra $3\ 000.96 \text{ kg ha}^{-1}$, seguida por H-01-UEB con $2\ 602.63 \text{ kg ha}^{-1}$, y mientras que las líneas TA-18-008 y TA-20-003 presentaron diferencias de $2\ 192.9$ y $1\ 812.8 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente (Figura 35).

Figura 35

Variable rendimiento del grano kg ha^{-1} de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



El estudio de Caiza (2024) muestra en su investigación realizada en la provincia de Tungurahua en colaboración con la Universidad Estatal de Bolívar y el proyecto FIASA, con el manejo de las mismas líneas de trigo harinero, donde se evidencio que la línea H-04-UEB registró el rendimiento más elevado, con una media de 3 017.2 kg ha⁻¹.

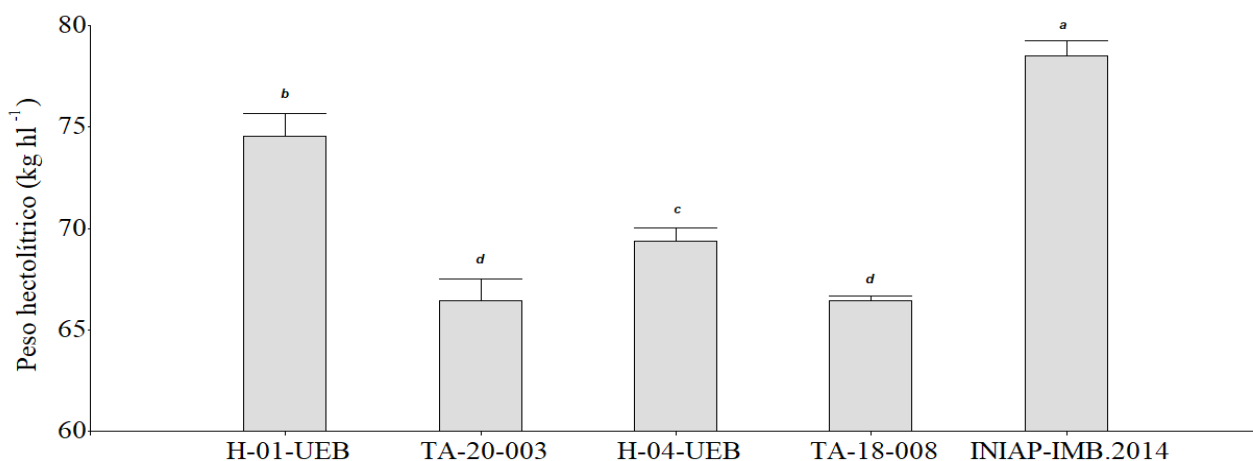
Por otro lado, en los resultados proporcionados por Bustamante (2024) en el primer ciclo de evaluación muestra que la línea TA-20-003 fue la de mayor producción con un valor de 4 701.5 kg ha⁻¹, mientras que el resto de líneas presentó un promedio de 3 500 kg ha⁻¹, estos datos al compararlos dentro del segundo ciclo de evaluación demuestran un incremento de rendimiento considerable para las líneas promisorias, mientras que la variedad INIAP-IMB-2014 mantuvo un promedio de 3 555.33 kg ha⁻¹. Cabe resaltar que según información de Ponce-Molina et al. (2019), que este parámetro se ve afectado por factores tanto bióticos (plagas y enfermedades) como abióticos (clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes, pH).

4.2.14 Peso hectolítrico (kg hl⁻¹)

Los resultados del análisis estadístico para la variable peso hectolítrico (kg hl⁻¹) indican que existen diferencias significativas entre la variedad y líneas promisorias de trigo harinero evaluadas (gl= 4;F= 46.30; p <0.0001). La prueba LSD de Fisher al 5% de significancia evidenció una superioridad de la variedad mejorada INIAP-IMB-2014 en peso hectolítrico con una media de 78.52 kg hl⁻¹ contrariamente a las líneas promisorias H-01-UEB y H-04-UEB que presentan diferencias de 3.95 y 9.14 kg hl⁻¹. En última instancia, las líneas TA-18-008 y TA-20-003 registraron una diferencia equivalente a 12.1 kg hl⁻¹ (Figura 36).

Figura 36

Variable peso hectolítrico kg hl⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



El estudio realizado por Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua destaca que la variedad y la línea promisoría INIAP-IMB-2014 y H-01-UEB registraron los valores más elevados, con 77.67 y 76.33 kg hl⁻¹. Por otro lado, Bustamante (2024), en el primer ciclo de siembra, corrobora que la variedad INIAP-IMB-2014 fue la que mostró el mayor valor en comparación con el resto de líneas, con una media de 75.79 kg hl⁻¹, existiendo un aumento de 2.73 kg hl⁻¹ para el segundo ciclo de siembra. Según información de Ponce-Molina et al. (2019), este parámetro se ve afectado por factores tanto bióticos (plagas y enfermedades) como abióticos (clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes y humedad del grano).

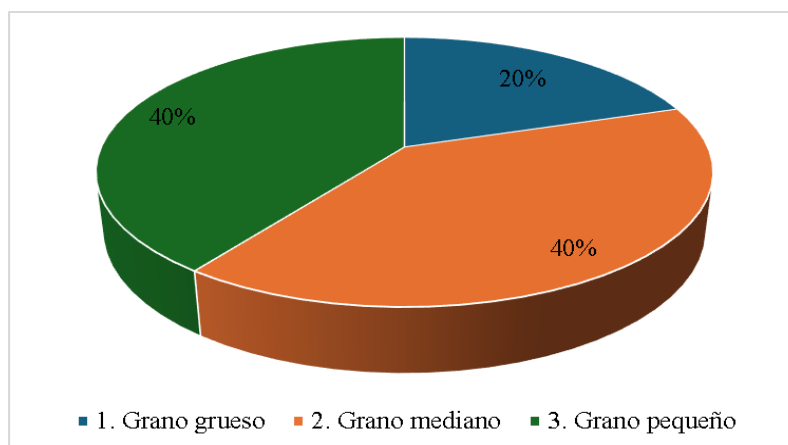
4.2.15 Tipo de grano

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que existe asociación ($\chi^2=0.0002$) entre las líneas evaluadas y el tipo de grano en trigo harinero.

La Figura 37 muestra que las líneas H-01-UEB y H-04-UEB se encuentran con el 40 % en la categoría 2 (grano mediano); de la misma manera, con un 40 % las líneas TA-18-008 y TA-20-003 presentan categoría 3 (grano pequeño), y con el 20 % en categoría 1 se encuentra la variedad mejorada INIAP-IMB-2014 que destaca con presencia de grano grueso.

Figura 37

Datos obtenidos sobre la variable tipo de grano para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



Nota: Escalas propuestas por Ponce-Molina et al. (2019, p. 35): 1 = Grano grueso, grande, bien formado, limpio. 2 = Grano mediano, bien formado, limpio. 3 = Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.

Los resultados de Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua dan a conocer que el 60% presentó grano mediano y el 40% grano grueso INIAP-IMB-2014 y H-04-UEB. Mientras que Bustamante (2024) durante el primer ciclo de siembra muestra que no existió asociación entre

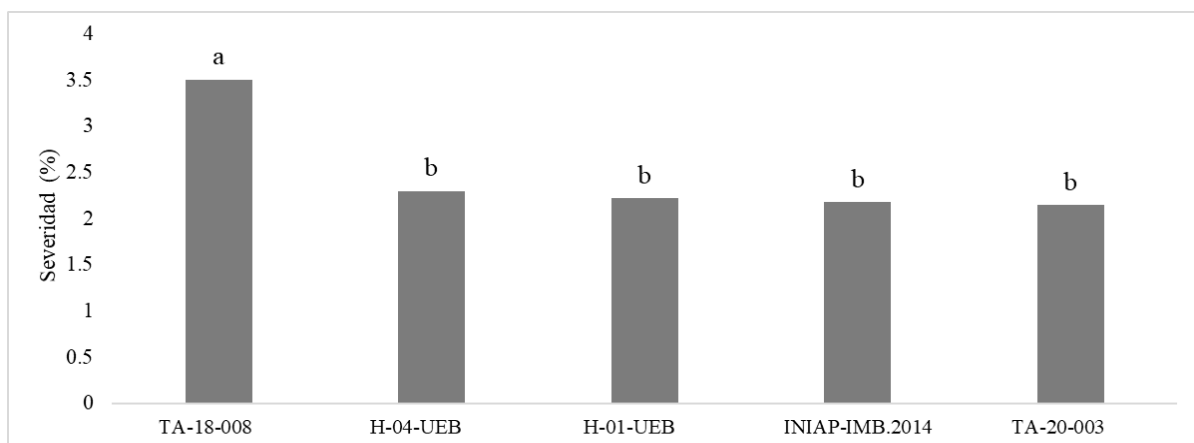
líneas evaluadas y tipo de grano presentando la mayor parte un grano mediano. Esta información es muy objetiva porque va a depender mucho de los parámetros bióticos y abióticos presentados durante el desarrollo del cultivo según la información presentada por Ponce-Molina et al. (2019).

4.2.16 Severidad de manchas foliares

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de manchas foliares indican que existen diferencias significativas entre la variedad mejorada y líneas promisorias de trigo harinero en la etapa de grano pastoso, la cual es donde existe mayor presencia de las enfermedades ($gl = 4$; $F = 4.90$; $p < 0.0271$). Por consiguiente, la prueba de LSD de Fisher con 5 % de significancia muestra que la línea TA-18-008 presentó el porcentaje de severidad más alto con 3.51 %, presentando una diferencia de 1.21 % de manchas foliares respecto al resto de líneas y variedad mejorada TA-20-003, H-01-UEB, H-04-UEB y INIAP.IMB.2014 las cuales comparten los mismos valores (Figura 38).

Figura 38

Variable manchas foliares en etapa grano lechoso- pastoso para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



Con base en los datos obtenidos por Bustamante (2024) en el desarrollo del primer ciclo de siembra de líneas de trigo harinero muestra que no existieron diferencias significativas entre líneas y variedad mejorada donde la línea H-01-UEB presentó el valor más alto con 36.07 % de severidad mientras que la línea de menor severidad fue TA-20-003 con el 15.49 %. Considerando estos resultados, podemos resaltar que durante el segundo ciclo de siembra se obtuvo valores inferiores al 10% el cual según la escala propuesta por Horsfall-Barrat (1945), porcentajes inferiores están considerados en intervalos entre 94 y 100 % de salud de la planta y

estos valores pueden verse influenciados directamente a parámetros climáticos, calidad de semilla según menciona Ponce-Molina et al. (2019).

4.2.17 Porcentaje de Severidad de roya amarilla (*Puccinia striiformis*)

Durante el estudio no se evidenció presencia de roya amarilla en el cultivo de trigo harinero.

4.2.18 Porcentaje de Severidad roya de la hoja (*Puccinia triticina*)

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de roya de la hoja indican que no existen diferencias significativas entre la etapa grano lechoso-pastoso y líneas de trigo harinero evaluadas ($gl = 4$; $F = 3.15$; $p > 0.0782$), presentando valores inferiores al 5 %, el cual es un valor que no se considera de importancia económica dentro del rendimiento (Tabla 20).

Tabla 20

Variable severidad roya de la hoja trigo harinero

Líneas	Severidad (%) E.E
INIAP-IMB.2014	0.67 ± 0.23 a
H-01-UEB	0.23 ± 0.23 a
H-04-UEB	0.00 ± 0.00 b
TA-18-008	0.00 ± 0.00 b
TA-20-003	0.00 ± 0.00 b

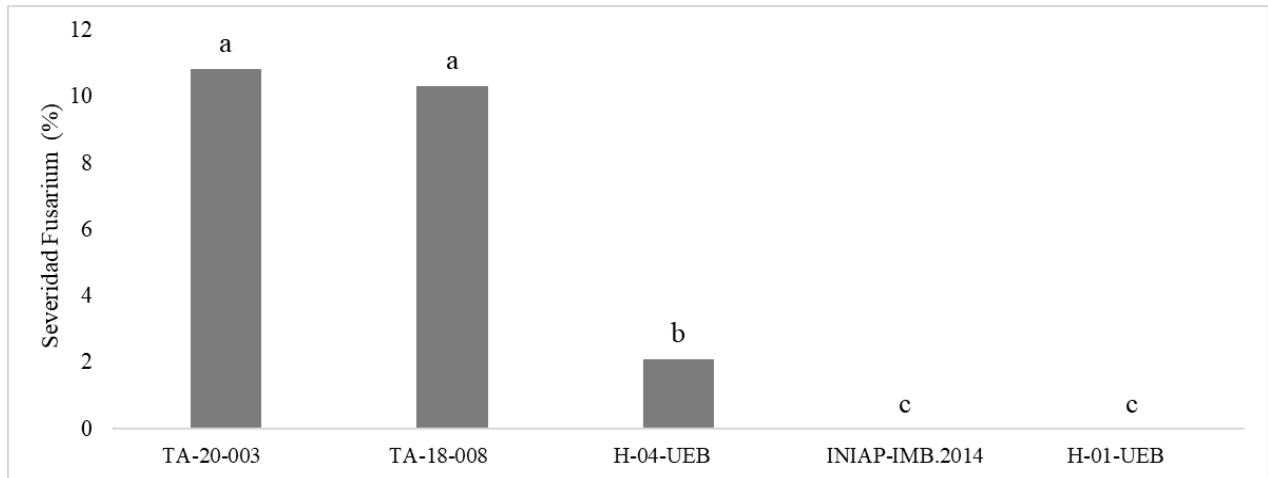
En los resultados presentados por Bustamante (2024), se evidenció que tanto *Puccinia striiformis* como *P. triticina* no presentaron porcentajes de severidad mayores al 40%, dato que es considerado dentro del umbral para considerar que puede presentar pérdidas económicas, según mencionan Garófalo-Sosa et al. (2023), por lo cual se considera que las líneas demuestran resistencia media-alta a dichas enfermedades.

4.2.19 Porcentaje de Severidad de *Fusarium*

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de *Fusarium* indican que existen diferencias significativas en la etapa grano lechoso-pastoso en líneas de trigo harinero evaluadas ($gl = 4$; $F = 157.59$; $p < 0.0001$). Las pruebas de medias LSD de Fisher al 5% evidenció que la línea TA-20-003 y TA-18-008 mostraron un promedio de 10.59 % considerándolas como las más susceptibles, seguida de la línea H-04-UEB que obtuvo un 2.10 % valor que no es considerado de importancia económica y destacando a la línea H-01-UEB y variedad INIAP-IMB.2014 que presentaron resistencia a la enfermedad (Figura 39).

Figura 39

Variable severidad *Fusarium* en etapa grano lechoso- pastoso para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo harinero



Los resultados por parte de Bustamante (2024) para el primer ciclo de producción evidencian que la línea H-04-UEB mostró la menor incidencia de *Fusarium*, mientras que la línea TA-18-008 fue la más susceptible a dicha enfermedad, coincidiendo con lo obtenido durante el segundo ciclo. Por otro lado se muestra un cambio en la línea H-01-UEB y variedad INIAP-IMB-2024 que no tuvieron presencia de la enfermedad durante el segundo ciclo al contrario del primero donde existió un 38 % de severidad, estos cambios de incidencia de la enfermedad están vinculados por cambios climáticos por realizar siembras en sitios donde la enfermedad se manifestó con anterioridad.

Es crucial poseer variedades resistentes a esta patología, dado que el *Fusarium* puede ser un agente patógeno potencialmente perjudicial, que puede disminuir la capacidad de la planta para la acumulación de nutrientes y puede tener un impacto negativo en su desarrollo, calidad del grano, peso y su contenido proteico y por ende pérdidas económicas (Guerrero, 2022).

4.3 Trigo duro (*Triticum durum*)

4.3.1 Días a la emergencia en cultivo de trigo duro

Los datos observados para la variable días de emergencia para trigo duro mostraron que las líneas promisorias A-01, A-02, A-03, A-04 y variedad mejorada UEB-CARNAVALERO presentaron la germinación a los 8 y 9 días después de la siembra.

4.3.2 Porcentaje de emergencia (%)

El análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia en trigo duro muestra que existen diferencias significativas entre líneas y la variedad mejorada ($gl= 4$; $F= 7.27$; $p < 0.0090$) después de aplicar la prueba de LSD de Fisher al 5 % evidenciando que las líneas promisorias A-01, A-02 y A-03 lograron un desempeño sobresaliente, alcanzando un promedio de emergencia del 86.67% y el 93.33%. Mientras que, la línea y variedad A-04 y UEB-CARNAVALERO mostraron valores significativamente inferiores, con intervalos entre 60 y 73 % respectivamente los cuales se presentan a continuación (Tabla 21).

Tabla 21

Variable porcentaje de emergencia de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro

Líneas	Emergencia (%) E.E
A-01	93.33 ± 6.76 a
A-02	86.67 ± 6.76 a
A-03	86.67 ± 6.76 a
UEB-CARNAVALERO	73.33 ± 6.67 b
A-04	60.00 ± 0.00 c

Los hallazgos de Herrera (2024), al evaluar las mismas líneas de trigo duro en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP, en la provincia de Pichincha, indican que la mayoría de las líneas evaluadas alcanzaron el 100% de emergencia, con la excepción de las líneas A-03 y A-04, que registraron un 90%. Mientras que en el primer ciclo de siembra, los resultados presentados por Guerra (2024) en la provincia de Imbabura, la variedad CARNAVALERO presentó el mayor valor de emergencia, 75 %, dato que es similar al presentado en el segundo ciclo; sin embargo, no fue la de mejor promedio.

En la escala mencionada por Ponce et al. (2019), se considera que la germinación es óptima en valores de 81 y el 100%. Esto demuestra que, en los resultados que se obtuvieron, las líneas A-01, A-02 y A-03 estuvieron dentro de estos intervalos, presentando una excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona de Chaltura.

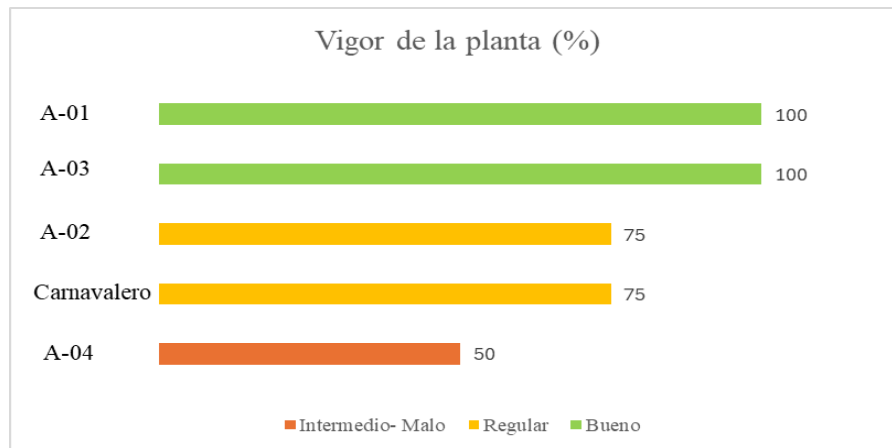
4.3.3 Vigor de la planta (%)

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que existe asociación entre las líneas evaluadas y el vigor de la planta en trigo duro ($gl=8$; $\chi^2=0.0002$) Los resultados muestran que las líneas A-01, y A-03 presentan el 100 %, que representa un vigor bueno,

seguido por la línea A-02 y la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO con un vigor regular y otro lado, la línea A-04 presentó un desarrollo intermedio – malo (Figura 40).

Figura 40

Datos obtenidos sobre la variable vigor de la planta para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Nota: Escalas propuestas por Ponce-Molina et al. (2019): 1 = Bueno (plantas y hojas grandes, bien desarrolladas); 2 = Intermedio; 3 = Regular (plantas y hojas medianamente desarrolladas); 4 = Intermedio; 5 = Malo (plantas pequeñas y hojas delgadas).

Los resultados obtenidos por Llumitaxi (2024) en la Estación Experimental Santa Catalina- INIAP, localizada en la provincia de Pichincha, muestran que el 80% de las líneas presentaron un vigor bueno (plantas y hojas grandes y bien desarrolladas), a diferencia de la variedad UEB-CARNAVALERO, que presentó una escala intermedia. Por otro lado, Caiza (2024) en su estudio menciona que el 100% de las líneas presentaron vigor categoría 1 (plantas y hojas grandes y bien desarrolladas). Según menciona Ponce-Molina et al. (2019), el vigor de la planta está directamente vinculado e influenciado por el tamaño y calidad de la semilla, la disponibilidad de nutrientes y la humedad del terreno.

4.3.4 Hábito de crecimiento

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que no existe asociación entre las líneas evaluadas y el hábito de crecimiento en trigo duro ($\chi^2=0.9999$), donde tanto líneas como testigo A-01, A-02, A-03, A-04 y UEB-CARNAVALERO tuvieron un hábito de crecimiento erecto (hojas dispuestas verticalmente hacia arriba).

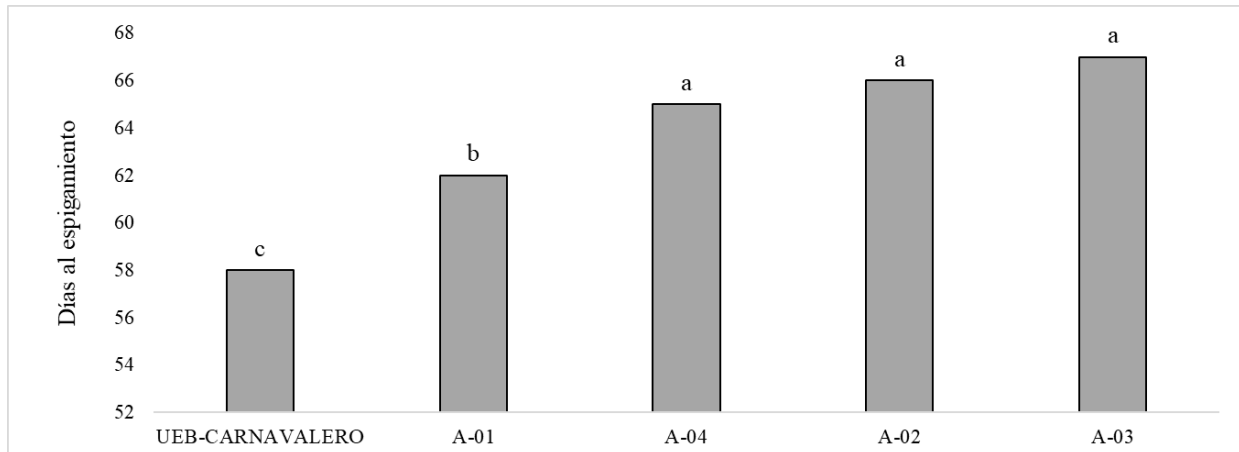
4.3.5 Días al espigamiento

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre la variedad y líneas promisorias de trigo duro evaluadas ($gl= 4;F= 43.36; p<0.0001$). La prueba de LSD de Fisher

con 5 % de significancia muestra que la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO presentó el promedio más bajo con 58 días, seguida por la línea A-01, que presentó una diferencia de 4 días. Posteriormente, las líneas A-04, A-02 y A-03 fueron los materiales que mayor tiempo tardaron en presentar el espigamiento, 65–67 días (Figura 41).

Figura 41

Variable días al espigamiento de líneas promisorias y variedad mejorada en trigo duro



Los resultados obtenidos se relacionan con la información proporcionada por Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua; sus valores demuestran que la variedad UEB-CARNAVALERO presentó el valor más bajo en espigado, con 69 días. Mientras que la información que nos proporciona Guerra (2024) para el primer ciclo de siembra de trigo duro en la zona de Chaltura-Imbabura corrobora los resultados obtenidos, mostrando que la variedad CARNAVALERO y la línea A-02 sostuvieron un intervalo de 50 a 57 días, mientras que el resto de líneas fue de 64 y 65 días, respectivamente.

De acuerdo con Ponce-Molina et al. (2019), este parámetro es influenciado por diversos factores, incluyendo la altitud, las condiciones meteorológicas, las condiciones de sequía, las fluctuaciones abruptas en las temperaturas, las elevadas y bajas temperaturas, la humedad elevada, la presencia de nubosidad y el fotoperiodo.

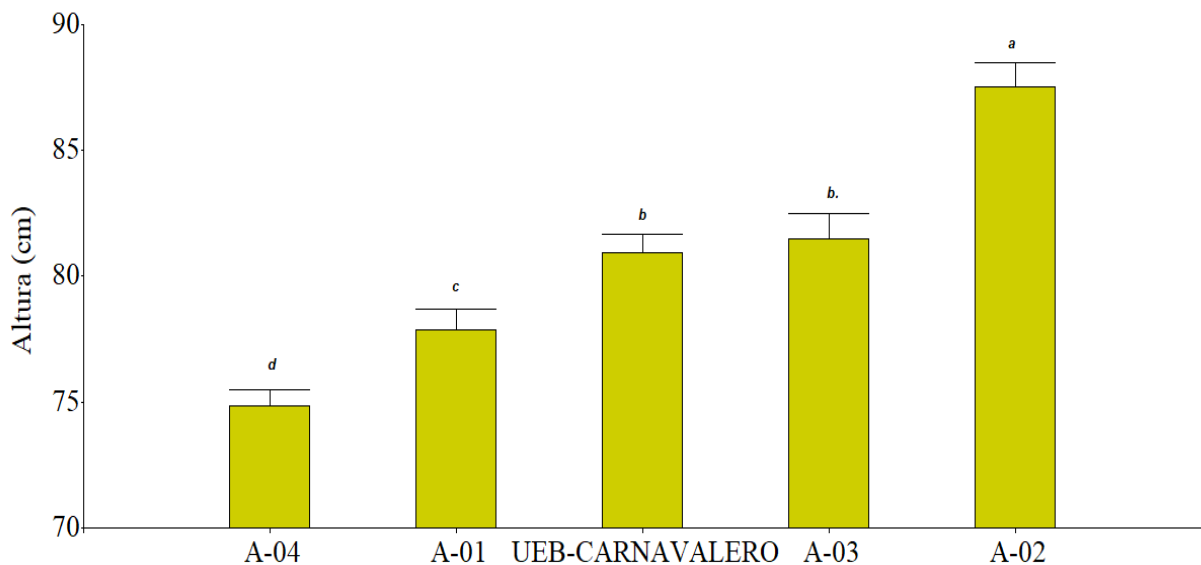
4.3.6 Altura de la planta (cm)

Los resultados del análisis estadístico para la variable altura de la planta indican que existen diferencias significativas entre la variedad y las líneas promisorias de trigo duro evaluadas ($gl = 4$; $F = 31.20$; $p < 0.0001$). La prueba estadística LSD de Fisher con un valor de significancia del 5 % determinó que la línea promisoría A-02 destaca por encima de las demás, alcanzando una altura media de 87.53 cm. Seguida de la línea A-03, la cual registró una altura promedio de 81.47 cm, mostrando una leve diferencia de tan solo 0.54 cm con respecto a la variedad

mejorada UEB-Carnavalero, cuya altura se situó en 80.93 cm. Por otro lado, es importante mencionar que las líneas A-01 y A-04 fueron las que registraron los valores más bajos, presentando diferencias significativas de 9.66 cm y 12.66 cm con respecto a la línea de mayor altura (Figura 42).

Figura 42

Variable altura de la planta de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



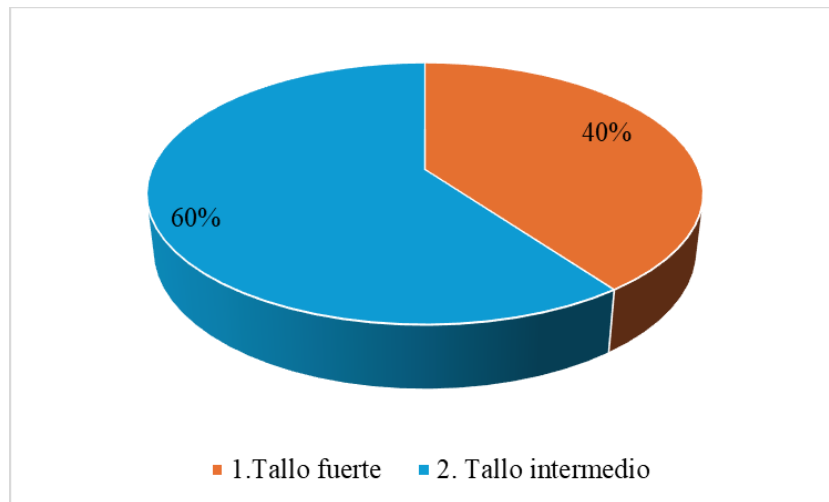
Una investigación realizada en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP, ubicada en la provincia de Pichincha, bajo la gestión de Herrera (2024), reveló que los promedios de altura se encuentran entre 81 y 90 cm. Para los resultados que mostro Guerra (2024) en el primer ciclo de siembra de líneas de trigo duro en la zona de Chaltura-Imbabura los datos coinciden con los presenciados en el segundo ciclo donde A-02 presenta el menor número de días al presentar la espiga (84 días) y seguida por la variedad CARNAVALERO con 81 días, estos valores pueden experimentar variaciones en función de la disponibilidad de nutrientes del suelo y otros factores agronómicos.

4.3.7 Tipo de paja

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que existe asociación ($gl=4$; $\chi^2=0.0047$) entre las líneas evaluadas y el tipo de paja en trigo duro, mostrando que las líneas A-01, A-03 y A-04 presentan el 60 % de categoría 2 (tallo intermedio), seguido por la línea A-02 y la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO, que destaca en la categoría 1 (tallo grueso) (Figura 43).

Figura 43

Datos obtenidos sobre la variable tipo de paja para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Nota. Escala propuesta por Ponce-Molina et al. (2019): 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).

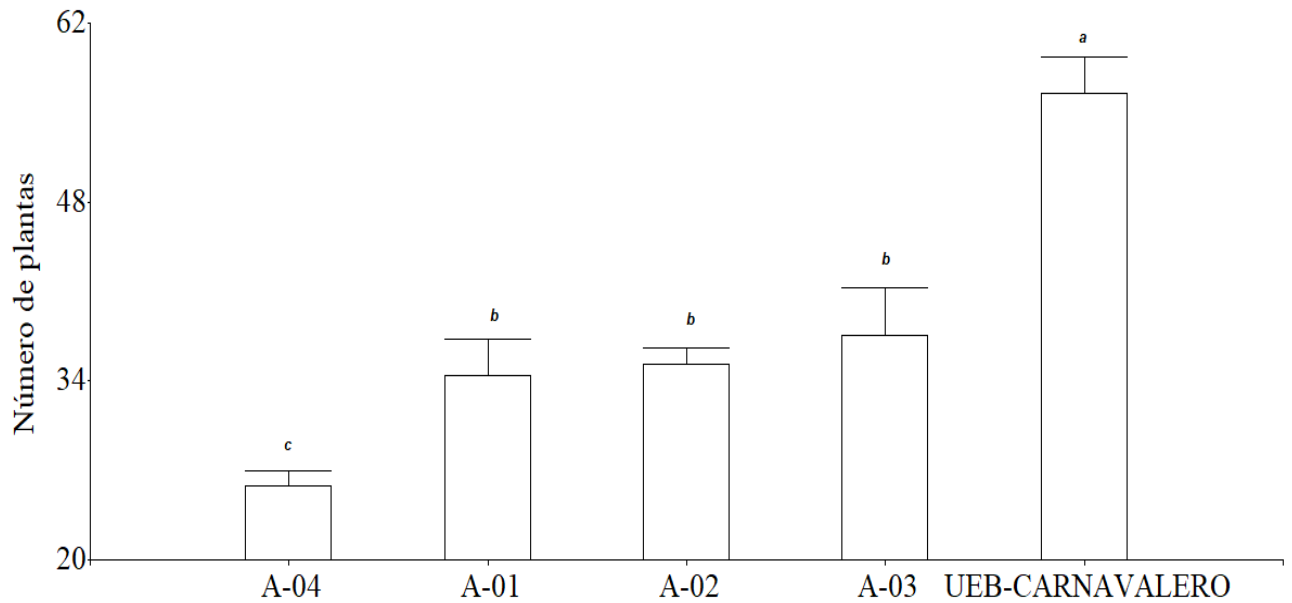
Con base en lo obtenido por Caiza (2024), en su evaluación en la provincia de Tungurahua muestra que las líneas A-03, A-04 y la variedad UEB CARNAVALERO ocupan el 60% con tipo de paja (tallo fuerte), mientras que A-01 y A-02 se encuentran en categoría 2 (tallo intermedio). Por otro lado, Herrera (2024), en su estudio en la provincia de Pichincha, obtuvo que el 100 % de las líneas presentaron (tallo fuerte o grueso). Estas diferencias pueden estar vinculadas con la altura de la planta, nutrición, precipitación elevada, niveles altitudinales, condiciones climáticas, sequía, viento (Ponce-Molina et al. (2019).

4.3.8 Número de plantas por m²

Los resultados del análisis estadístico indican que existen diferencias significativas entre las variedades y las líneas promisorias de trigo harinero evaluadas (gl= 4; F= 19.60; p <0.0001). la prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5 % mostró que la variedad mejorada UEB-Carnavalero sobresale de las demás líneas en cuanto al número de plantas, logrando un promedio de 56 plantas por m², presentado una diferencia de 21 plantas con las líneas A-03, A-02 y A-01 y de 31 plantas por m² con la línea A-04 (Figura 44).

Figura 44

Variable número de plantas por m² de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



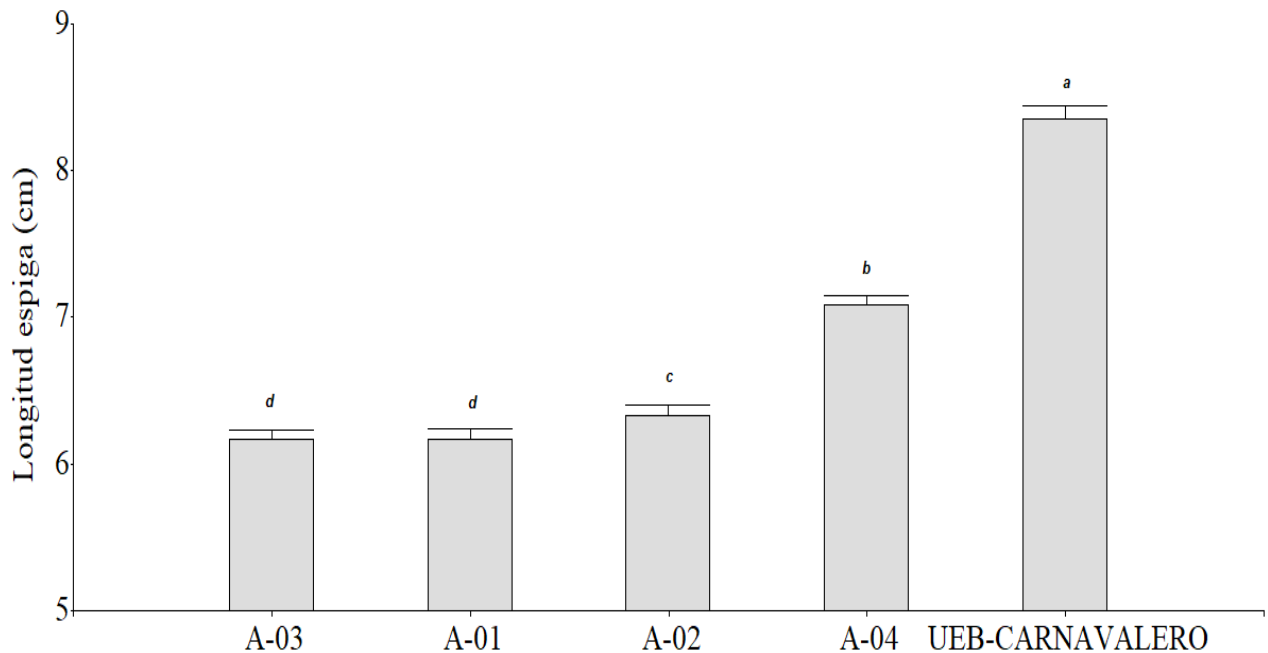
Los resultados presentados por Herrera (2024) en su investigación, llevada a cabo en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, situada en la provincia de Pichincha, acerca del número de plantas por m² en los mismos materiales de trigo duro, indican que, de manera similar las líneas promisorias no lograron superar en promedio a la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO, la cual dio como promedio una media de 298 plantas. Por otra parte, la evaluación realizada por Caiza (2024) en la provincia de Tungurahua ha confirmado de manera contundente que los intervalos más destacados logrados en esa área geográfica también corresponden a la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO, lo que evidencia que la variedad mejorada conserva su predominancia en esta categoría específica.

4.3.9 Longitud de la espiga

El análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas entre la variedad mejorada y las líneas promisorias en trigo duro ($gl= 4$; $F= 152.96$; $p< 0.0001$). La prueba estadística LSD de Fisher, con un nivel de significancia del 5%, evidenció que la variedad mejorada UEB-Carnavalero presentó la mayor longitud de la espiga con un promedio de 8.35 cm, presentando una diferencia de 1.27 y 2.2 cm con las líneas A-04 y A-02, mientras que A-03 y A-02 muestran una diferencia de 2.18 cm (Figura 45).

Figura 45

Variable longitud de la espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



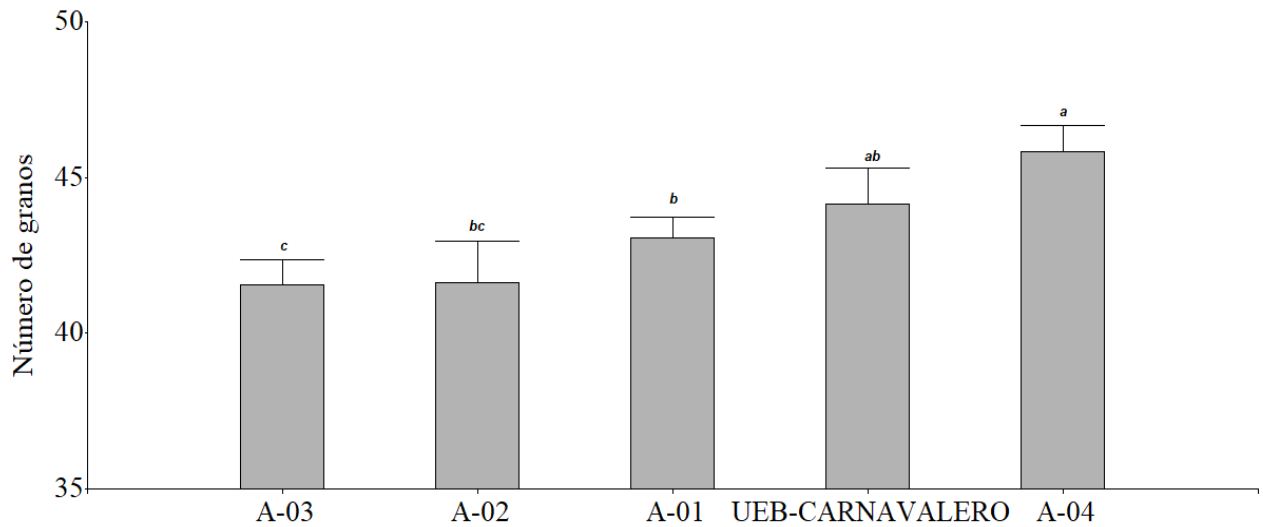
Al comparar los resultados obtenidos con los presentados por Caiza (2024), el cual evaluó los mismos materiales en la provincia de Tungurahua, se muestra que de igual manera la variedad mejorada UE-CARNAVALERO presentó el mayor promedio de longitud de la espiga entre las demás líneas con 8.42 cm. Por otro lado, las líneas que registraron los valores más bajos fueron A-01 y A-03 (6.87 y 6.73 cm) las mismas líneas que en nuestro estudio fueron las de menor longitud.

4.3.10 Número de granos por espiga

Los resultados del análisis estadístico para la variable número de granos por espiga indican que existen diferencias significativas entre la variedad y líneas promisorias de trigo duro evaluadas ($gl= 4$; $F= 3.37$; $p< 0.0114$) donde se pudo observar que la línea A-04 presenta el mejor promedio con respecto al número de granos por espiga, con una media de 45.83 granos, seguida por la variedad UEB-CARNAVALERO con 44.13 granos, mientras que el menor promedio lo registraron las líneas A-03 y A-02 con valores de 41.57 y 41.63 granos, respectivamente (Figura 46).

Figura 46

Variable número de granos por espiga para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Con base en los resultados obtenidos por Caiza (2024), en la provincia de Tungurahua, con el uso de las mismas líneas, se obtuvo como resultado que no existieron diferencias significativas entre los materiales evaluados, donde el promedio fue de 31 a 36 granos por espiga, datos que no se asemejan a nuestros resultados. Según información proporcionada por Ponce-Molina et al. (2019) factores como las condiciones climáticas, pisos altitudinales, temperatura y precipitaciones juegan un rol importante en los resultados.

4.3.11 Días a la cosecha

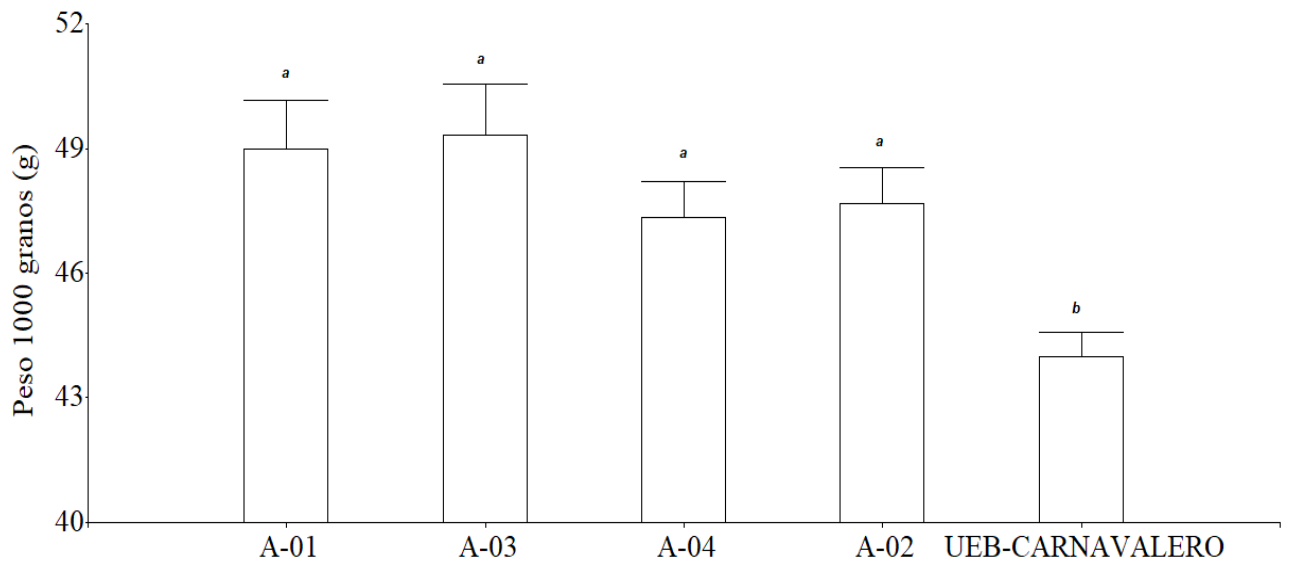
Para los días a la cosecha se puede evidenciar que las líneas y variedad mejorada de trigo duro presentaron de 131 a 132 días a la cosecha. Los resultados presentados por Guerra (2024) durante el primer ciclo de siembra demostraron que la línea de menor número de días a la cosecha fue A-03 con 126, mientras que la variedad UEB-CARNAVALERO se mantuvo con 136 días. Estos datos pueden variar dependiendo del estado del clima al momento de la cosecha.

4.3.12 Peso de mil granos (g)

El análisis de varianza de la variable peso de mil granos indica que existen diferencias significativas entre la variedad y líneas promisorias de trigo duro evaluadas ($gl = 4$; $F = 4.8$; $p < 0.0286$). La prueba estadística de LSD de Fisher al 5% de significancia identificó que las líneas A-03, A-01, A-02 y A-04 presentaron un promedio general de 48.33 g y presentaron una diferencia con la variedad UEB-CARNAVALERO de 4.33 g de peso por mil granos (Figura 47).

Figura 47

Variable peso mil granos de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



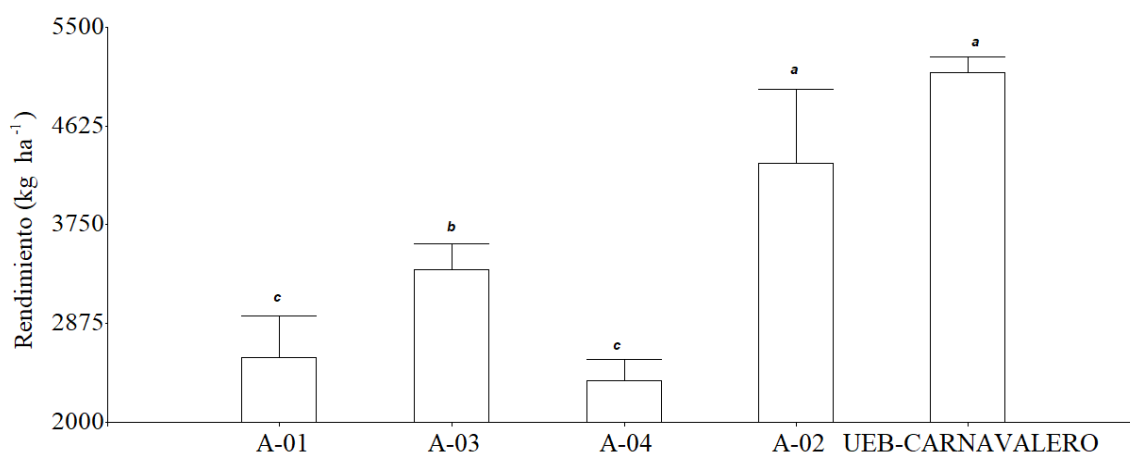
En base a los resultados conseguidos y comparando con la información reportada por Armijo y Chela (2025) en su investigación realizada por parte de la Universidad Estatal de Bolívar, se observa que, al evaluar en 2 zonas geográficas distintas, provincia de Bolívar y provincia de Tungurahua, las mismas líneas genéticas de trigo duro muestran que, para la zona de Bolívar, el promedio general en peso de mil granos fue de 62.48 gr y para Tungurahua de 50.52 gr. Según estos hallazgos y conforme a lo que sostienen Ponce-Molina et al. (2019), argumentan que la reducción del peso de grano se atribuye a porcentaje de humedad, tamaño y clima durante el desarrollo del cultivo; podemos afirmar que los resultados son aceptables.

4.3.10 Rendimiento de grano (kg ha^{-1})

En relación con el análisis de varianza, se evidenció que para la variable de rendimiento de grano se identificaron diferencias en los materiales evaluados ($gl= 4$; $F= 9.89$; $p < 0.0035$). La prueba estadística LSD de Fisher, que presenta un nivel de significancia del 5 % mostró que la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO y la línea A-02 sobresalen con un rendimiento promedio de 5 094.87 y 4 296.70 kg ha^{-1} . Por otro lado, la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO muestra una diferencia de 1 745.97 kg ha^{-1} de la línea A-03 y 2 520.05 kg ha^{-1} de las líneas A-01 y A-04 (Figura 48).

Figura 48

Variable rendimiento del grano kg ha^{-1} de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Los hallazgos expuestos por Herrera (2024) en su estudio realizado en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, ubicada en la provincia de Pichincha, utilizando los mismos materiales de trigo duro, presenta similitudes en sus hallazgos al evidenciar que la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO superó a las demás líneas con un intervalo de 2 466.66 kg ha^{-1} , seguida por la línea A-02 con 1 557.41 kg ha^{-1} mientras que la línea A-01 presentó el rendimiento más bajo.

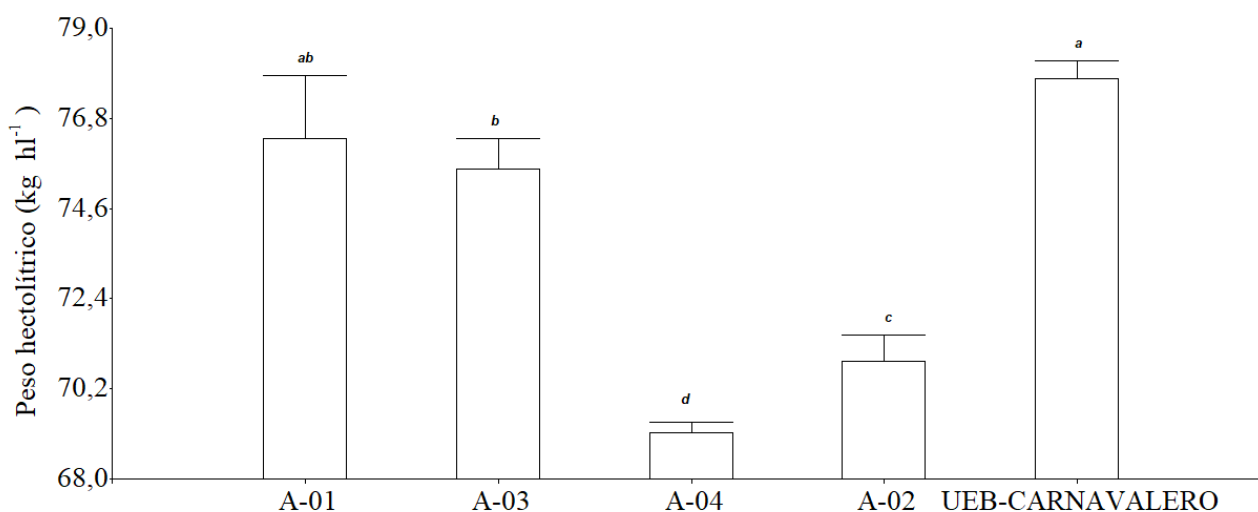
Por otro lado durante el primer ciclo de siembra por parte de Guerra (2024) en Chaltura - Imbabura los resultados se ajustaron a las condiciones edafoclimáticas de la zona y a la presencia de enfermedades durante el estudio lo cual difieren en gran medida con los valores obtenidos en el segundo ciclo donde la variedad CARNAVALERO fue en ambos casos la de mayor producción con 2 532.90 kg ha^{-1} para el primer ciclo mientras que en este segundo ciclo se evidenció un incremento de 2 561.97 kg ha^{-1} , estos resultados pueden variar en gran medida por el manejo agronómico durante el ciclo del cultivo y por factores bióticos y abióticos.

4.3.12 Peso hectolítrico (kg hl^{-1})

Los resultados del análisis estadístico para la variable peso hectolítrico (kg hl^{-1}) indican que existen diferencias significativas entre la variedad y líneas promisorias de trigo duro evaluadas ($gl = 4$; $F = 19.59$; $p < 0.0003$). La prueba de LSD de Fisher al 5% de significancia reveló que la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO y la línea A-01 demostraron un rendimiento superior, con promedios de 77.78 y 76.30 kg hl^{-1} . Por otro lado, las líneas A-03, A-02 y A-04 presentan diferencias con la variedad mejorada de 2.22, 6.92 y 8.64 kg hl^{-1} , respectivamente (Figura 49).

Figura 49

Variable peso hectolítrico kg hl⁻¹ de líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Los resultados de Herrera (2024), en su investigación realizada en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, situada en la provincia de Pichincha, empleando los mismos materiales de trigo duro, no revelaron diferencias significativas entre líneas y variedad indicando que el promedio más elevado fue alcanzado por la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO con 71.38 kg hl⁻¹. Complementariamente, los valores expuestos por Guerra (2024) en su estudio llevado a cabo en la provincia de Imbabura para el primer ciclo de siembra muestran que la variedad mejorada no presentó diferencias con las líneas promisorias, pero fue la de mayor peso con 75.30 kg hl⁻¹, existiendo un leve aumento dentro del segundo ciclo de 2.48 kg hl⁻¹.

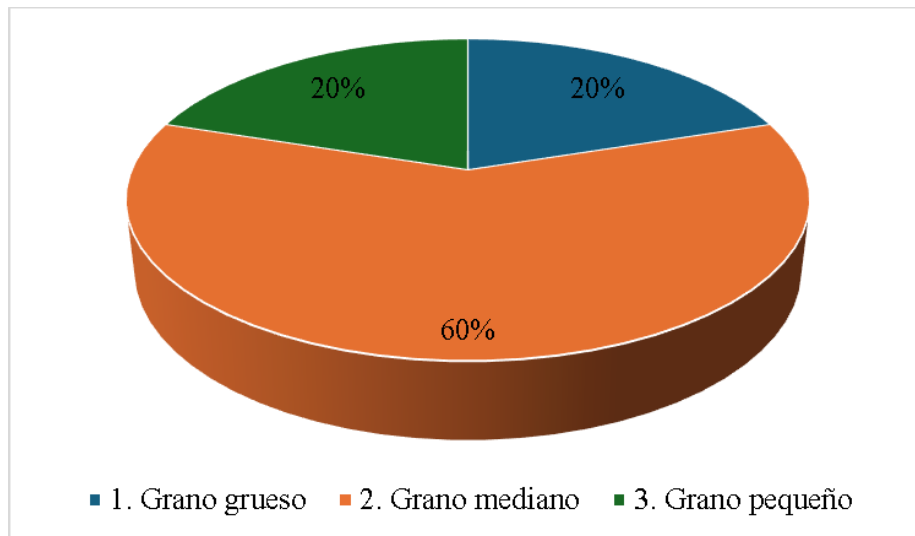
Parámetros, tanto bióticos (plagas y enfermedades) como abióticos (condiciones climáticas, temperaturas elevadas y bajas, nutrientes, agua, pH, luminosidad, nubosidad, entre otros), y la humedad del grano influyen directamente en esta variable (Ponce-Molina et al., 2019).

4.3.13 Tipo de grano

Los análisis de las tablas de contingencia de los datos cualitativos indican que existe asociación ($\chi^2=0.0002$) entre las líneas evaluadas y el tipo de grano en trigo duro, identificando que las líneas A-01, A-02 y A-03 presentan el 60 % de categoría 2 (grano mediano), seguidas por la línea A-04 con categoría 3 (grano pequeño). Por otro lado, se encuentra la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO que destaca en la categoría 1 (grano grueso) (Figura 50).

Figura 50

Datos obtenidos sobre la variable tipo de grano para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro



Nota: Escalas propuestas por Ponce-Molina et al. (2019): 1 = Grano grueso, grande, bien formado, limpio. 2 = Grano mediano, bien formado, limpio. 3 = Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.

Con base en lo obtenido por Caiza (2024) en su estudio, se muestra que el 60 % de las líneas presentó la categoría 1 (grano grueso) y el 40 % grano mediano. Según estos hallazgos y conforme a lo que sostienen Ponce-Molina et al. (2019) la composición del grano puede verse afectada por las precipitaciones y temperaturas presentes al concluir el ciclo de cultivo, así como por la prevalencia de enfermedades que afectan a la espiga.

4.3.14 Severidad de manchas foliares (%)

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de manchas foliares indican que no existen diferencias significativas entre la variedad mejorada y las líneas promisorias de trigo duro ($p > 0.05$).

4.3.15 Porcentaje de severidad roya amarilla (*Puccinia striiformis*)

Los resultados para roya amarilla en el cultivo de trigo duro no mostraron síntomas de severidad % durante el ciclo fenológico del cultivo.

4.3.16 Porcentaje de severidad roya de la hoja (*Puccinia triticina*)

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de roya de la hoja indican que existen diferencias significativas entre la variedad mejorada y las líneas promisorias en trigo duro ($gl = 4$; $F = 8.67$; $p < 0.0052$). Aplicada la prueba de LSD de Fisher con 5 % de significancia,

se muestra que en la etapa grano lechoso-pastoso la variedad UEB-CARNAVALERO fue la que tuvo presencia de roya de la hoja con un promedio de 1.70 % de severidad, mientras que el resto de líneas A-01, A-02, A-03 y A-04 fueron resistentes a la enfermedad Tabla 22.

Tabla 22

Variable porcentaje de severidad de roya de la hoja en trigo duro

Líneas	Severidad (%) E.E
UEB-CARNAVALERO	1.70 ± 0.58 a
A-01	0.00 ± 0.00 b
A-02	0.00 ± 0.00 b
A-03	0.00 ± 0.00 b
A-04	0.00 ± 0.00 b

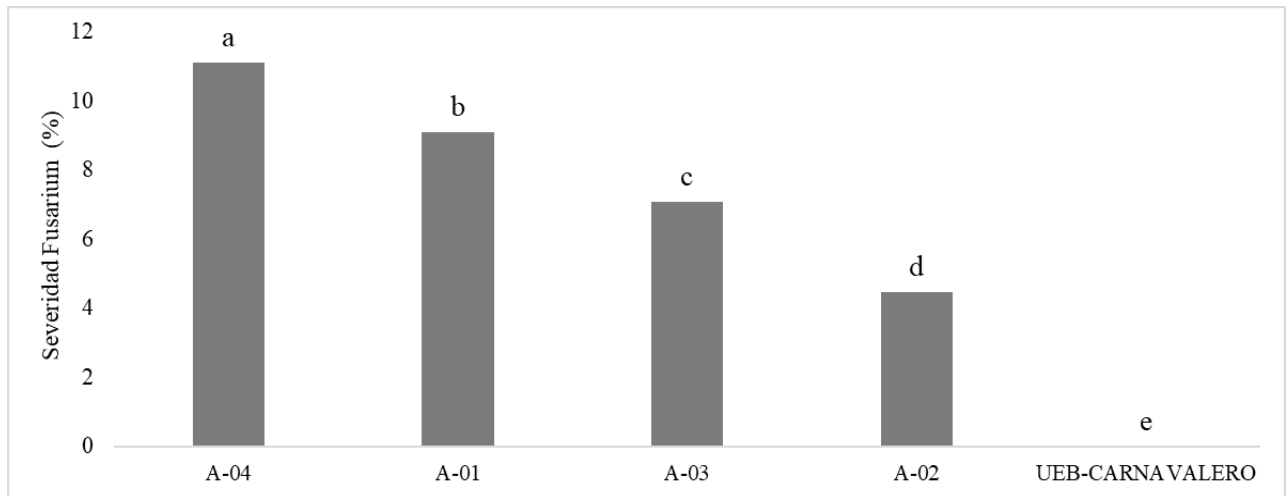
Los resultados presentados por Guerra (2024) en el primer ciclo mostraron que, tanto en severidad de (*P. striiformis* y *P. triticina*) como en la variedad UEB-CARNAVALERO, presentó el mayor valor de estas enfermedades (2.38 % y 14.28 %). Considerando estos resultados, podemos resaltar que, mediante la escala de tipo de reacción propuesta por Roelfs et al., (1992), los porcentajes presentados en nuestra evaluación deducen que la variedad UEB-CARNAVALERO puede ser susceptible a roya de la hoja en entornos donde la enfermedad esté presente e inmune a roya amarilla, al igual que el resto de líneas en evaluación.

4.3.17 Porcentaje de severidad *Fusarium*

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de fusarium indican que existe diferencias significativas entre las líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro (gl= 4; F= 55.64; p <0.0001), donde se evidencia que en la etapa grano lechoso - pastoso para la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO presento ser resistente a fusarium, mientras que las líneas con más afectación por parte de la enfermedad fueron las líneas A-04, A-01y A-03 con el 11.10, 9.10 y 7.07 %, por otro lado la línea A-02 fue la de menor incidencia con 4.47 % considerándola como resistente (Figura 52).

Figura 51

Variable severidad Fusarium para líneas promisorias y variedad mejorada de trigo duro en etapa grano lechoso-pastoso en Chaltura, Imbabura



Los resultados presentados por Guerra (2024) muestran que en su estudio en el primer ciclo de siembra de trigo duro en la zona de Chaltura- Imbabura la variedad UEB-CARNAVALERO fue la que presentó el porcentaje más bajo (19.65 %), mientras que el resto de líneas mostraron resultados similares con 27 a 35 % de severidad. Según (Ponce-Molina et al. (2019) este hongo puede sobrevivir en el suelo por lo que la rotación del cultivo y la eliminación del rastrojo son medidas que permitan combatir esta enfermedad y que las condiciones óptimas para su propagación son un clima húmedo por más de 48 horas y altas temperaturas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Durante la campaña noviembre 2024 – abril 2025 en la localidad de Chaltura-Imbabura, para el segundo ciclo de producción de líneas de trigo harinero, se evidencio que las líneas promisorias TA-18-008, TA-20-003, H-01-UEB y H-04-UEB resultaron ser superiores en rendimiento a la variedad mejorada INIAP-IMB.2014 con un promedio general de 6 t ha⁻¹ presentando un aumento por línea de 2.4 t ha⁻¹ respectivamente. Sin embargo, a nivel de calidad de grano, la variedad mejorada resalta respecto a las líneas promisorias con un peso de 78.52 kg hl⁻¹, superándolas en 9.32 kg hl⁻¹.
- Mientras que en trigo duro la línea A-02 fue la de mejor promedio respecto al resto de líneas promisorias A-01-A-03 y A-04 con un rendimiento de 4.3 t ha⁻¹, superando con 1.5 t ha⁻¹, a pesar de que fue inferior con 798.17 kg ha⁻¹ con la variedad UEB-CARNAVALERO, mientras que en calidad de grano fue una de las de menor peso con 70.86 kg hl⁻¹, destacando en este ámbito las líneas A-01 y A-03 con un promedio de 75.93 kg hl⁻¹.
- Para la severidad en enfermedades en líneas de trigo harinero las líneas H-01-UEB y H-04-UEB fueron las que destacaron con porcentajes inferiores al 10% en Manchas foliares, Roya de la hoja, roya amarilla y *Fusarium*, mientras que las líneas TA-18-008 y TA-20-003 presentaron más susceptibilidad a fusarium 10 % por lo cual podría repercutir en el rendimiento del grano si no se lleva un adecuado manejo fitosanitario.
- En cuanto a trigo duro la línea A-02 destaco respecto al resto de líneas promisorias A-01, A-3-A-04 y variedad UEB-CARNAVALERO, con niveles por debajo del 10 % en incidencia de manchas foliares, roya de la hoja, amarilla y fusarium, además que destaco como una de las mejores en rendimiento por lo cual se acoge muy bien a la zonas edafoclimáticas de Chaltura.

5.2 Recomendaciones

- Se requiere implementar nuevos ciclos de siembra en distintas zonas edafoclimáticas con las líneas que presentaron las mejores características, de tal manera de verificar su adaptabilidad, potencial productivo y resistencia a enfermedades.
- Se necesita hacer uso de distintos métodos de evaluación con el uso de fuentes nutricionales para comprobar la influencia del manejo de la nutrición en las líneas promisorias, garantizando su rentabilidad.
- Se recomienda hacer siembras en sitios donde se han cultivado otros cereales y se ha evidenciado presencia de las principales enfermedades que atacan al trigo, como el *Fusarium*, la roya amarilla y la roya de la hoja, con el objetivo de evaluar la resistencia de estos materiales.

REFERENCIAS

- AGROPAL. (2020). Agropecuaria Palentina Sociedad Cooperativa. La importancia de un buen ahijado de los cereales. Recuperado de https://www.agropalsc.com/servicios_noticias_d.shtml?idboletin=891&idseccion=4430&idarticulo=144443
- Ávila M., J. A., Ávila S, J. M., Rivas S, F. J., y Martínez H, D. (2014). *El Cultivo del Trigo: Sistemas de Producción en el Noroeste de México* (De Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería; pp. 1612-2420). <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20TRIGO.pdf>
- Biurrun, R., Lezáun, J. A., Zúñiga, J., Garnica, I., y Llorens, M. (2010). Virus del enanismo amarillo de la cebada - BYDV. *Agrícola Ita*.
- Bustamante, L. (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo harinero (Triticum aestivum L.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura*.
- Caiza Y. F. D. (2024). *Valoración agronómica de diez accesiones de trigo (Triticum Spp.) harinero y duro, para el proyecto UEB-FIASA en la zona agroecológica de santa rosa- Tungurahua*. en d. r. Silva García, Universidad Estatal De Bolívar, y Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
- Camarena M, F., Chura Chu, J., y Blas S, R. H. (2021). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. En Banco Agropecuario, *AGROSABER* (2nd ed.). Banco Agropecuario.
- Carmona, M, S., F., Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Fitopatología. (2020). *La reaparición de una vieja enfermedad: carbón volador*.
- Catota Q, M. A., Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), & Universidad Técnica del Norte. (2024). *Comportamiento agronómico de cinco líneas promisorias de trigo (Triticum aestivum L.) en la granja experimental la pradera, Chaltura-Imbabura*.
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-L, F., y Zambrano-M, J. L. (2022). *Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (Zea mays L.) en el Ecuador. ACI Avances En Ciencias E Ingenierías, 14(1)*. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>

- Cherlinka, V. (2025, 5 marzo). Cultivo de trigo: como sembrar, manejar y cosechar. *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-trigo/>
- Comercio Exterior Nacional. (2024). Balanza comercial [Report]. <http://sipa.agricultura.gob.ec>
- De Diatomeas, E. T. (2023, 18 agosto). Trigo y cebada: almacenamiento y conservación. *ECO Tierra de Diatomeas*. <https://ecotierradediatomeas.es/trigo-y-cebada-almacenamiento-y-conservacion>.
- Del Canto S., P., Kramm M., V., y Ingenieros Agrónomos IPA. (1984). *Comparación de tres sistemas de labranza*.
- Delgado Casas, M., Castilla Bonete, A., y De La Herran, E. (2013). *Guía de cultivo del trigo en Andalucía* [Formato digital (e-book)].
- Estrada, D., Zuniga, C., Hernández, M., y Marinero, E. (2016). Cultivo de Trigo harinero *Triticum aestivum*, una alternativa para la soberanía nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Climático.*, 2(1), 346–362. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5705>
- Espinoza, N., Candia, S., y EMBRAPA. (2008). *Plagas de trigo y su manejo*.
- Falconi, E., Garafalo, J., Ponce, L., Coronel, J., y Abad, S. (2014). INIAP-Estación Experimental Santa Catalina.
- Filipenco, D. (2024, 18 de abril). Top 10 wheat-producing countries in the world today. *DevelopmentAid*. https://www-developmentaid-org.translate.google.com/news-stream/post/164663/wheat-producingcountries?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=China%20produced%20more%20than%20136,the%202023%2D2024%20marketing%20year.
- 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.
- Garofalo, J., Ponce, L., y Abad G., S. (2011). Guía del cultivo de trigo. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (Boletín Divulgativo no. 411).

- Guerra, K.(2024). *Comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo duro (Triticum durum D.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura.*
- Guerrero, D., (2022). *Valoración agronómica y fitosanitaria de 106 accesiones de avena (avena sativa), trigo (Triticum aestivum)y cebada (Hordeum vulgare) en la localidad de Naguan Provincia Bolívar.* Recuperado de (Tesis): <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4462>
- Heredia Guerrero, D. G. (2022). Valoración agronómica y fitosanitaria de 106 accesiones de avena (Avena sativa), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare*) en la localidad de Naguan, provincia Bolívar. En la Universidad Estatal de Bolívar.
- Herrera, F., (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias y una variedad de trigo durum bajo las condiciones agroclimáticas de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP* Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales Carrera De Agronomía. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/baf0aef2-f81f-4dd1-96b0-acd58bfb4842>
- INMHI. (2023). Anuario meteorológico de Chaltura.
- Kabbaj, H., Sall, A. T., Al-Abdallat, A., Geleta, M., Amri, A., Filali-Maltouf, A., Belkadi, B., Ortiz, R., & Bassi, F. M. (2017). Genetic Diversity within a Global Panel of Durum Wheat (*Triticum durum*) Landraces and Modern Germplasm Reveals the History of Alleles Exchange. *Frontiers In Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01277>
- Llunitaxi, 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* . Universidad Técnica de Cotopaxi, facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales carrera de agronomía.
- Manangón Monteros, P. R. (2014). *Evaluación de siete variedades de trigo (Triticum aestivum L.) con tres tipos de manejo nutricional, A 2890 m.s.n.m. Juan MontalvoCcayambe-2012* (Universidad Politécnica Salesiana y Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP).

- Marburger, D. (2016). Factors Affecting Wheat Germination and Emergence in Hot Soils. En *Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets* (PSS-2256). <http://osufacts.okstate.edu>
- Ministerio de Agricultura. (2011). Manejo y fertilidad de suelos cereales y granos andinos manual técnico. en *manejo y fertilidad de suelos cereales y granos andinos manual técnico*.
- Molina, L., Garófalo, J., y Noroña, P. (2022). MANUAL DE MANEJO DEL CULTIVO y conservación de suelos. MANUAL DE MANEJO DEL CULTIVO y Conservación de Suelos., No. 004., 1–26.
- Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R., Iglesias, L., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (2001).El cultivo del trigo. algunos resultados de su producción en cuba. *Cultivos Tropicales*, 55-67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193230162009>
- Morfología y fisiología. (2016). El trigo. Recuperado 15 de mayo de 2025, de <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>
- Nieto, M., Garófalo, J., Ponce-Molina, L., Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Núcleo De Transferencia Y Comunicación (NTC) & Programa De Cereales (PC). (2021). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias, Dirección de Transferencia de Tecnología, Estación Experimental Santa Catalina & Comité Técnico Estación Experimental Santa Catalina INIAP, *Guía de Aprendizaje No. 13*. Imprenta Ideas. <https://www.iniap.gob.ec>
- Nieto, M., Garófalo, J., Ponce-Molina, L., Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), núcleo de transferencia y comunicación (NTC), y programa de cereales (PC). (2021). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). En Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias, Dirección de Transferencia de Tecnología, Estación Experimental Santa Catalina, & Comité Técnico Estación Experimental Santa Catalina INIAP, *Guía de Aprendizaje No. 13*. Imprenta Ideas. <https://www.iniap.gob.ec>

- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., Noroña, P., y Comité de Publicaciones. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales* (p. 33). INIAP.
- Quimbiulco, F., (2014). *Evaluación de siete variedades de trigo (Triticum aestivum L.) con tres tipos de manejo nutricional, A 3484 m.s.n.m. Cangahua-Cayambe, 2012* (Universidad Politécnica Salesiana, Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, Fundación Casa Campesina, Organización CRW, Organización Harvest KPCO, Organización IPEE, y Universidad Politécnica Salesiana).
- Rangel Salinas, J. L., Bâ, K. M., Kelso Bucio, H. A., Magaña Hernández, F., Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, Centro Interamericano de Recursos del Agua, & Productos Agropecuarios KEBU, S.A. (2013). Estimación de la demanda hídrica del trigo y sorgo en el Estado de México mediante la recalibración de K [Research article]. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 72-76.
- Roelfs A. P, Singh R. P, Saari E.E. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 p.
- Scholz, R., Quintana, L., Ortiz, A., & Kohli, M. M. (2021). Chemical control of Fusarium head blight of wheat and its effect on grain production and seed quality. *Investigación Agraria*, 23(1), 32-39. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301559>
- Stack, R. W., McMullen, M. P., North Dakota State University, U.S. Department of Agriculture, & Towner County and Pembina County Crop Improvement Associations. (2011). [A Visual Scale to Estimate Severity of Fusarium Head Blight in Wheat] (report PP-1095). North Dakota State University.
- Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. (2023). Ficha sectorial Trigo Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios.
- Tipanluisa Lucero, F. M. (2014). Evaluación de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) locales con tres tipos de manejo de la nutrición Juan Montalvo – Cayambe (de universidad politécnica salesiana).
- Villalobos Arámbula, V. M., Calderón Elizalde, F. J., M.B. Francisco Ramírez y Ramírez, & Martínez, G. S. (2023). Roya de la hoja. En *Serie “Fichas Técnicas Para Productores”* (Report N.º 16; 1ª Edición, pp. 1-4). Dirección General de Sanidad Vegetal/Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.

Wrigley, C. (2015). Wheat: An Overview of the Grain That Provides ‘Our Daily Bread’. En Elsevier eBooks. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00020-2>

Yáñez, R. (2020). Análisis de las importaciones de trigo en el ecuador durante el periodo 2015-2019 [Tesis].

Yara. (2018, 7 febrero). *Clasificación de trigo*. Yara None. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/trigo/clasificacion-de-trigo/>