UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* D.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMATICAS DE CHALTURA, IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Klaus David Guerra Cacuango

DIRECTORA:

Ing. Doris Salome Chalampuente Flores, PhD.

Ibarra, Septiembre 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* D.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS CHALTURA, IMBABURA

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

INGENIERO/A AGROPECUARIO/A

APROBADO:

Ing. Doris Salome Chalampuente Flores, PhD.

DIRECTOR FIRMA

Msc. Juan Pablo Aragón Suárez

ASESOR FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003919741		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guerra Cacuango Klaus David		
DIRECCIÓN:	San Antonio Barrio Moras		
EMAIL:	kdguerrac@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2902-269	**TELÉFONO MÓVIL:**	+593963637717

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Comportamiento Agronómico de líneas promisorias de trigo duro (*Triticum durum* D.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura.
AUTOR (ES):	Guerra Cacuango Klaus David
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	18 de marzo del 2025
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTORA:	Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Guerra Cacuango Klaus David, con cédula de ciudadanía Nro. 1003919741, en calidad y titular de los derechos patrimoniales de la obra de trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital, Autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Articulo 144.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores 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 18 días del mes de Marzo del 2025

EL AUTOR



Klaus David Guerra Cacuango

CL 1003919741

ACEPTACIÓN

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Klaus David Guerra Cacuango, bajo mi supervisión

Ibarra, a los 18 días del mes de Marzo de 2025



Ing. Doris Chalampuente PhD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 18 días del mes de Marzo del 2025

Klaus David Guerra Cacuango Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo duro *(Triticum durum* D.*)* bajo las condiciones agroclimáticas de Chatura, Imbabura

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 18 días del mes de Marzo del 2025 68 páginas.

DIRECTORA: Ing. Doris Salome Chalampuente Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo duro (*Triticum durum* D.) bajo las condiciones agroecológicas en la Granja Experimental la Pradera.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

-Determinar las características morfoagronómicas de las cuatro líneas promisorias y de una variedad de trigo duro bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura

-Analizar la severidad de plagas y enfermedades en cuatro líneas promisorias y una variedad mejorada de trigo duro.

-Comparar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano



Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Directora de Trabajo de Grado



Klaus David Guerra Cacuango

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a la Universidad Técnica del Norte y a la Universidad Estatal de Bolívar por brindarme el apoyo institucional y los recursos necesarios para la realización de esta investigación. A los docentes, investigadores y personal administrativo de ambas instituciones, por su valiosa guía, colaboración y aportes técnicos durante el desarrollo de este trabajo.

De igual manera, expreso mi gratitud a los profesionales y técnicos que participaron en la ejecución de este proyecto, cuyo conocimiento y dedicación fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados. Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su constante apoyo y motivación durante este proceso académico

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi mayor inspiración y por su apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mis hermanos, por su compañía y ánimo en los momentos más desafiantes. Y a mis amigos más valiosos, quienes estuvieron a mi lado durante toda esta carrera, brindándome su cariño y fortaleza cuando más lo necesité. A una persona especial que estuvo conmigo apoyándome en todo este proceso que gracias a ella todo esto es posible. Esta tesis es el resultado de sus enseñanzas, su paciencia y su amor. Les dedico este logro, que también es suyo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN 14
CAPITULO I 16
INTRODUCCIÓN 16
1.1. Antecedentes 16
1.2. Problema de la investigación 17
1.3. Justificación 18
1.4. Objetivos 19
1.4.1. Objetivo general 19
1.4.2. Objetivos específicos 19
1.5. Hipótesis 20
CAPITULO II 21
MARCO TEÓRICO 21
2.2. Origen e importancia del trigo 21
2.3. Descripción taxonómica y botánica 22
2.3.1. Taxonomía 22
2.3.2 Morfología del cultivo de trigo 22
2.4. Requerimientos edafoclimáticos 24
2.4.1. Zonas de producción en el país 24
2.5. Etapas fenológicas 24
2.5.1. Germinación 24
2.5.2. Ahijamiento 24
2.5.3. Encañado 25
2.5.4. Espigado 25
2.5.5. Maduración 25
2.6. Requerimiento del cultivo 26
2.6.1. Suelo 26
2.6.2. Temperatura 27
2.6.3. Necesidad de agua 27
2.6.4. Fertilización 27
2.7. Control de maleza 28

2.8. Cosecha y almacenamiento 28
2.8.1. Cosecha 28
2.8.2. Almacenamiento 29
2.9. Plagas y enfermedades del cultivo de trigo 29
2.9.1 Roya amarilla 29
2.9.2 Roya de la hoja 30
2.9.3 Fusarium 30
Virus del enanismo amarillo (BYDV) 30
2.10. Peso hectolitro 31
2.10.1.Tipo de grano 31
CAPITULO III 32
MARCO METODOLÓGICO 32
3.1. Descripción del área de estudio 32
3.1.1. Ubicación Geográfica 32
3.1.2. Características Edafoclimáticas 33
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas 33
3.3. Métodos 34
3.3.1. Factor en estudio. 34
3.3.2. Diseño experimental 35
3.3.3. Análisis estadístico 36
3.4. Variables evaluadas del estudio 37
3.4.1. Emergencia % 37
3.4.2. Vigor 38
3.4.3. Hábito 39
3.4.4. Días espiga 39
3.4.5. Altura (cm) 39
3.4.6. Tipo de paja 40
3.5. Rendimiento de grano 40
3.5.1 Tipo de grano 40
3.6. Manejo específico del experimento 41
3.6.1 Selección del terreno 41
3.6.2 Trazo de parcelas 41

3.6.3 Análisis de suelo 42
3.6.4 Preparación del Suelo 43
3.6.4 Manejo y fertilización de suelo 43
3.6.5 Siembra 44
3.6.6 Labores culturales para el mantenimiento del cultivo 45
3.6.7 Cosecha 45
3.6.8 Trilla 45
3.6.9 Control fitosanitario del grano 45
3.6.10 Secado y verificación de la humedad del grano 46
CAPÍTULO IV 47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 47
4.1. Variables morfoagronómicas 47
4.1.1. Emergencia 47
4.1.2 Días al espigamiento 48
4.1.3. Altura de la planta (cm) 49
4.2. Variables de incidencia y severidad 51
4.2.1. Severidad en manchas foliares 51
4.2.2. Severidad (Puccinia striiformis) 52
4.2.3. Severidad (Puccinia tritici) 54
4.2.4. Severidad Fusarium 56
4.3. Variable postcosecha 57
4.3.1. Días a la cosecha 57
4.3.2. Rendimiento Kg ha^{-1} 59
CAPÍTULO V 61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
5.1 CONCLUSIONES 61
5.2 RECOMENDACIONES 62
REFERENCIAS 63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del trigo.....22
Tabla 2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del trigo 24
Tabla 3 Valores de referencia de características químicas ideales del suelo para trigo.....27
Tabla 4 Descripción geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo duro.....33
Tabla 5 Datos edafoclimáticos granja "La Pradera" Chaltura, Imbabura.....33
Tabla 6 Materiales, equipos, insumos y herramientas usados en la experimentación en campo. 34
Tabla 7 Medidas de cada unidad muestral. 36
Tabla 8 Tabla de Adeva propuesta para el tipo diseño experimental 37
Tabla9 Escala de evaluación de germinación en cereales.....38
Tabla 10 Escala de evaluación de vigor en cereales. 38
Tabla 11 Escala de evaluación de habito en cereales.....39
Tabla 12 Escala de evaluación para la toma de datos del tipo de paja 40
Tabla 13 Escala de evaluación para la toma de datos del tipo de grano 40
Tabla 14 Fertilización de acuerdo con el proyecto de investigación 44
Tabla 15 Adeva de porcentaje de emergencia 47
Tabla 16 Adeva de la variable días al espigamiento.....48
Tabla 17 Adeva de la variable altura de la planta 50
Tabla 18 Adeva de severidad en manchas foliares 51
Tabla 19 Adeva de severidad Puccinia striiformis.....52
Tabla 20 Adeva de severidad Puccinia tritici.....54
Tabla 21 Adeva de sevridad de fusarium.....56
Tabla 22 Adeva de días a la cosecha.....57
Tabla 23 Adeva de rendimiento Kg ha^{-1} 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas fenológicas del cultivo de trigo.....26
Figura 2 Ubicación geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo duro (Triticum durum L).....32
Figura 3 Diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones.....35
Figura 4 Selección del lote de experimentación.....41
Figura 5 Trazado de camas con piolas.....42
Figura 6 Toma de muestras para el análisis de suelo.....42
Figura 7 Preparación del suelo con tractor.....43
Figura 8 Siembra de trigo en cada unidad experimental.....44
Figura 9 Fumigación con bomba de mano para control de malezas.....45
Figura 10 Medicion de Humedad del grano para su almacenamiento.....46

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* D.) BAJO LAS CONDICIONES AGROCLIMATICAS DE CHALTURA, IMBABURA.

Klaus David Guerra Cacuango

Universidad Técnica del Norte

Correo: kdguerrac@utn.edu.ec

RESUMEN

El trigo duro (*Triticum durum* D.), caracterizado por su germen duro y alto contenido de gluten, es fundamental en la alimentación humana, especialmente en la producción de sémolas y pasta, representando entre el 5 % y 10 % de la producción mundial de trigo. Esta investigación, enmarcada en el proyecto FIASA-UEB-INIAP, tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de nuevas líneas de trigo duro bajo la influencia de factores bióticos y abióticos, así como determinar su productividad. El estudio buscó proporcionar a productores e industria material genético de alto valor con rasgos deseables para su implementación en el corto plazo. Se evaluaron cuatro líneas de trigo duro (A-01, A-02, A-03, A-04) en comparación con la variedad mejorada de trigo semiduro UEB-Carnavalero, utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre las líneas en variables como severidad de manchas foliares (SEVMF), severidad de roya amarilla (SEVRM) y severidad de roya de la hoja (SEVRH). La línea A-03 destacó por su tolerancia a manchas foliares 1.52 %, mientras que la línea A-04 fue más tolerante a roya amarilla (0.67 %), y la línea A-02 mostró mayor resistencia a roya de la hoja 4.27 %. Respecto a la respuesta frente a *Fusarium*, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$), aunque se observó una severidad cercana al 29.09 %. En cuanto al rendimiento y peso hectolítrico, no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), registrándose valores promedio de 1,454.55 kg ha^{-1} y 69.36 kg hL^{-1}, respectivamente.

Palabras clave: Trigo duro (*Triticum durum* D), líneas promisorias, adaptación, resistencia a enfermedades, condiciones agroecológicas, rendimiento, peso hectolitrico

AGROMIC BEHAVIOR OF PROMISING DURUM WHEAT LINES (*Triticum durum* D.) UNDER THE AGROCLIMATIC CONDITIONS OF CHALTURA, IMBABURA

Klaus David Guerra Cacuango

Universidad Técnica del Norte

Correo: kdguerrac@utn.edu.ec

ABSTRACT

Durum wheat (*Triticum durum* D.), characterized by its hard germ and high gluten content, is essential in human nutrition, particularly in the production of semolina and pasta, accounting for between 5% and 10% of global wheat production. This research, part of the FIASA-UEB-INIAP project, aimed to evaluate the agronomic performance of new durum wheat lines under the influence of biotic and abiotic factors, as well as to determine their productivity. The study sought to provide producers and the industry with high-value genetic material featuring desirable traits for short-term implementation. Four durum wheat lines (A-01, A-02, A-03, A-04) were evaluated in comparison with the improved semi-hard wheat variety UEB-Carnavalero, using a completely randomized block design (CRBD). The results showed significant differences ($p<0.05$) among the lines in variables such as severity of leaf spots (SEVMF), severity of yellow rust (SEVRM), and severity of leaf rust (SEVRH). Line A-03 stood out for its tolerance to leaf spots (1.52%), while line A-04 was more tolerant to yellow rust (0.67%), and line A-02 showed greater resistance to leaf rust (4.27%). Regarding the response to *Fusarium*, no statistically significant differences were found ($p>0.05$), although a severity close to 29.09% was observed. In terms of yield and hectoliter weight, there were no significant differences ($p>0.05$), with average values of 1,454.55 kg ha^{-1} and 69.36 kg hL^{-1}, respectively.

Keywords: Durum wheat (*Triticum durum* D), promising lines, adaptation, disease resistance, agoecological conditions, yield, hectoliter weight

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El trigo duro (*Triticum durum* D) es uno de los cereales más importantes a nivel global, reconocido por su papel fundamental en la alimentación humana y su uso en la producción de alimentos como pastas, fideos y panes especializados. Este cultivo es esencial para la seguridad alimentaria, ya que aporta una fuente significativa de carbohidratos, proteínas y otros nutrientes vitales para millones de personas en todo el mundo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). A nivel mundial, el trigo duro se cultiva principalmente en regiones con climas mediterráneos y semiáridos, donde las condiciones de suelo y clima son favorables para su desarrollo. Países como Canadá, Italia, Turquía y Estados Unidos lideran la producción global, abasteciendo la demanda de este cereal (International Grains Council, 2021).

En América Latina, el cultivo de trigo duro ha cobrado relevancia debido a su adaptabilidad a diversas condiciones agroclimáticas y su potencial para diversificar la producción agrícola. Sin embargo, en el Ecuador, el trigo duro no ha sido tradicionalmente un cultivo extendido, ya que el país ha priorizado otros cereales como el maíz y el arroz, que se adaptan mejor a las condiciones tropicales y subtropicales predominantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2019). A pesar de esto, en las últimas décadas, se han realizado esfuerzos para evaluar la viabilidad del cultivo de trigo duro en el país, especialmente en las regiones andinas, donde el clima templado ofrece condiciones más propicias para su desarrollo.

En Ecuador, las investigaciones sobre el trigo duro han sido limitadas pero significativas, enfocándose en evaluar su adaptación a las condiciones locales y su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria. Uno de los estudios pioneros fue realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que en 2015 inició un programa para evaluar variedades de trigo duro en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Estos estudios demostraron que, con prácticas agronómicas adecuadas, como la rotación de cultivos

y el manejo integrado de plagas, es posible obtener rendimientos competitivos en estas zonas (INIAP, 2015).

Otro avance relevante fue la colaboración entre el INIAP y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en 2020, que permitió la implementación de proyectos piloto para la producción de trigo duro en pequeñas parcelas de agricultores en la Sierra norte. Estos proyectos demostraron que, con el apoyo técnico adecuado, los agricultores locales pueden incorporar el trigo duro como una alternativa viable para diversificar sus ingresos y mejorar su seguridad alimentaria (MAG, 2020).

A pesar de estos avances, el cultivo de trigo duro en Ecuador enfrenta desafíos significativos, como la competencia con cultivos tradicionales, la falta de tecnología especializada y la necesidad de mayor inversión en investigación y desarrollo. Sin embargo, el interés por diversificar la producción agrícola y reducir la dependencia de las importaciones de trigo ha impulsado nuevas iniciativas para fomentar este cultivo en el país (MAG, 2021).

1.2. Problema de la investigación

El cultivo de trigo duro (*Triticum durum* D) en el Ecuador enfrenta una serie de desafíos que limitan su desarrollo y adopción a gran escala. Aunque este cereal es de gran importancia a nivel mundial por su uso en la producción de pastas, fideos y otros alimentos, en el país su producción es incipiente y enfrenta múltiples obstáculos. Entre los problemas más relevantes se encuentran la falta de adaptación de variedades a las condiciones agroclimáticas locales, la competencia con cultivos tradicionales como el maíz y el arroz, y la escasa inversión en investigación y desarrollo tecnológico (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018).

Uno de los principales desafíos identificados en investigaciones realizadas por el INIAP es la baja disponibilidad de variedades de trigo duro adaptadas a las condiciones específicas de las regiones andinas del Ecuador. Aunque se han introducido variedades desde países como México y Colombia, su rendimiento no siempre es óptimo debido a factores como la altitud, la humedad y la presencia de enfermedades fúngicas (INIAP, 2020). Además, la falta de infraestructura de riego y el acceso limitado a semillas de alta calidad han sido identificados

como barreras críticas para la expansión de este cultivo (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2021).

Otro problema relevante es la competencia con cultivos tradicionales, que tienen una mayor aceptación entre los agricultores debido a su familiaridad y mercados establecidos. Esto ha dificultado la adopción del trigo duro como una alternativa viable para diversificar la producción agrícola en el país (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2019). Además, la falta de políticas públicas y programas de incentivos específicos para el cultivo de trigo duro ha limitado su desarrollo, a pesar de su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y reducir la dependencia de las importaciones de trigo (MAG, 2021).

1.3. Justificación

La producción nacional de trigo satisface sólo el 13% de la demanda local, los porcentajes restantes se obtienen de importaciones provenientes de los grandes países como Estados Unidos y China con cantidades de 490.000 toneladas. De acuerdo con la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2022, publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la producción de trigo en el país no supera las 5000 toneladas anuales, lo que representa una fracción mínima frente a la demanda nacional, que se cubre principalmente con importaciones. La mayor producción de trigo es en Bolívar 33%, Chimborazo 14% ,Pichincha 13%, Carchi 13%, Imbabura 12% y otros (Saltos.2011)

El estudio del trigo duro (*Triticum durum* D) en el Ecuador se justifica por su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria, diversificar la producción agrícola y reducir la dependencia de las importaciones de trigo. A nivel mundial, este cereal es fundamental en la dieta humana, especialmente en la producción de pastas, fideos y otros alimentos básicos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Sin embargo, en el Ecuador, su producción es limitada, a pesar de las condiciones favorables que ofrecen las regiones andinas para su cultivo. Investigaciones realizadas en el país han demostrado que el trigo duro puede adaptarse a estas zonas, siempre que se implementen prácticas agronómicas adecuadas y se superen los desafíos técnicos y económicos existentes (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2020).

Una de las principales razones para impulsar el cultivo de trigo duro en el Ecuador es su capacidad para diversificar la matriz productiva agrícola. Actualmente, el país depende en

gran medida de cultivos tradicionales como el maíz y el arroz, lo que limita las opciones de los agricultores y aumenta la vulnerabilidad ante fluctuaciones de precios y cambios climáticos (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2019). El trigo duro representa una alternativa viable para los agricultores de las zonas andinas, donde las condiciones climáticas son más adecuadas para su desarrollo. Estudios realizados por el INIAP han demostrado que variedades introducidas desde países como México y Colombia pueden alcanzar rendimientos competitivos en estas regiones, siempre que se optimicen los sistemas de riego y se implementen prácticas de manejo integrado de plagas (INIAP, 2018).

Además, el cultivo de trigo duro tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria del país. Ecuador importa una cantidad significativa de trigo para satisfacer la demanda interna, lo que representa una fuga de divisas y una dependencia de mercados internacionales (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2021). Fomentar la producción local de trigo duro no solo reduciría esta dependencia, sino que también generaría oportunidades económicas para los agricultores, especialmente en zonas rurales donde la agricultura es la principal fuente de ingresos. Proyectos piloto implementados en colaboración entre el INIAP y el MAG han demostrado que, con el apoyo técnico adecuado, los agricultores pueden incorporar este cultivo como una alternativa rentable y sostenible (MAG, 2020).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de trigo duro (*Triticum durum* D.) bajo las condiciones agroclimáticas de Chaltura, Imbabura

1.4.2. Objetivos específicos

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

1.5. Hipótesis

Hipótesis nula: El comportamiento agronómico de las líneas no difiere de la variedad promisoria de trigo duro

Hipótesis Alternativa: El comportamiento agronómico de las líneas difiere de la variedad promisoria de trigo duro

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.2. Origen e importancia del trigo

El trigo duro (*Triticum durum* D) es uno de los cereales más antiguos y relevantes en la historia de la agricultura y la alimentación humana. Originario de la región del Creciente Fértil, en el Medio Oriente, hace aproximadamente 10000 años, el trigo duro fue domesticado junto con otras especies de trigo y se convirtió en un pilar fundamental de las primeras civilizaciones agrícolas (Zohary et al., 2012). A nivel mundial, este cereal es ampliamente valorado por su uso en la producción de alimentos como pastas, fideos, cuscús y panes especializados, gracias a su alto contenido de proteínas y gluten, que le confieren propiedades únicas para la industria alimentaria (FAO, 2020). Hoy en día, países como Canadá, Italia, Turquía y Estados Unidos lideran la producción global de trigo duro, abasteciendo la demanda de mercados internacionales (International Grains Council, 2021).

El trigo duro es un componente esencial de la dieta humana, especialmente en regiones como el Mediterráneo, donde es la base de alimentos tradicionales como la pasta y el cuscús. Su importancia radica no solo en su valor nutricional, sino también en su adaptabilidad a climas semiáridos y su capacidad para ser cultivado en condiciones donde otros cereales no prosperan (FAO, 2020). Además, el trigo duro es un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria global, ya que proporciona una fuente sostenible de calorías y proteínas para millones de personas en todo el mundo (Shewry & Hey, 2015).

El trigo ocupa el segundo lugar en cultivo a nivel mundial y constituye un pilar fundamental en la dieta humana. En Ecuador, se posiciona como el cuarto cereal con mayor área de siembra, predominando en zonas altas de entre 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Las provincias de Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Bolívar son las principales productoras, alcanzando un promedio nacional de 1.7 toneladas por hectárea. Es importante destacar que el 70% de los productores cultivan áreas menores a una hectárea, destinando la cosecha principalmente para la autosuficiencia de la comunidad. (Riofrio,2022).

En el Ecuador, el trigo duro no es un cultivo tradicional, ya que el país se ha enfocado históricamente en otros cereales como el maíz y el arroz, que son más adaptables a las

condiciones tropicales y subtropicales predominantes (INEC, 2019). Sin embargo, en las últimas décadas, el trigo duro ha ganado atención como una alternativa para diversificar la producción agrícola y reducir la dependencia de las importaciones de trigo. Ecuador importa más del 90% del trigo que consume, lo que representa una fuga de divisas y una vulnerabilidad ante fluctuaciones de precios internacionales (Banco Central del Ecuador, 2022). Fomentar la producción local de trigo duro no solo fortalecería la seguridad alimentaria, sino que también generaría oportunidades económicas para los agricultores, especialmente en las regiones andinas, donde las condiciones climáticas son más favorables para su cultivo (INIAP, 2020).

2.3. Descripción taxonómica y botánica

2.3.1. Taxonomía

Tabla 1

Taxonomía del trigo

Categoría	**Descripción**
Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Liliopsida*
Orden	*Poales*
Familia	*Poaceae*
Tribu	*Triticeae*
Género	*Triticum*
Especie	*Triticum durum*

2.3.2 Morfología del cultivo de trigo

Tallo: Saltos (2011) da a conocer que los tallos de trigo se desarrollan en variedades. generalmente de 60 a 120 cm. Actualmente, existen variedades de trigo enano con una altura de 25 a 30 cm y trigo muy alto con una altura de 120 a 180 cm, lo que da una relación paja a grano muy alta y viceversa para el trigo enano. En el estado de plántula, los nudos están

fusionados y cerca de la superficie del suelo, a medida que la planta crece se alarga y también produce otros tallos que forman un número diferente de arbustos según la variedad. El clima y el suelo también producen mazorcas y esto es más o menos rendimiento de algunas variedades.

Raíz: Existen muchas especies de plantas, donde si hablamos de trigo esta es considerada como una monocotiledónea, lo que quiere decir que la raíz primaria no se va a convertir en la principal de la planta, sino que deja de crecer para que así las raíces adventicias desempeñen las funciones de absorción y sostén, las cuales se desarrollan en la base del tallo. Esto da como resultado a un sistema conocido como radical fibroso o fasciculado que es característico del trigo (*Triticum)* como también de otro tipo de gramíneas. Entonces el trigo presenta raíces fasciculadas donde las primeras se conocen como embrionales- y estas provienen de la germinación, cumplen la función de colaborar en las primeras fases del desarrollo de la planta. El sistema de raíces secundarias o adventicias nacen a partir del nudo o ahijamiento del tallo y forman el sistema radicular definitivo, su desarrollo puede ser variable debido a variedad y condiciones del suelo (Manangon, 2014).

Inflorescencia: La inflorescencia o espiga está constituida por un eje que se llama raquis donde las 25 espiguillas van insertas de derecha a izquierda y alternativamente unidas directamente al raquis recubriéndose unas con otras. El trigo al ser una planta autógama tiene la fecundación de la flor lugar antes de su apertura. Es decir que al momento de que las anteras aparezcan al exterior, ya la flor esta fecundada, por lo que las variedades de trigo conservan así sus características agronómicas hereditarias de una forma excepcionalmente notable (Manangon, 2014).

Flores: El trigo tiene una flor que consta de un pistilo y tres estambres la que así mismo está protegida por dos brácteas verdes o glumillas. La glumilla exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados. Esta flor tiene un tipo de polinización en la que en su mayor parte se efectúa en las anteras dentro de la palea y el lema (Saltos, 2011).

Grano: El fruto es un grano de forma ovoide con una ranura en la parte ventral. El grano está protegido por el pericarpio, el resto que es en su mayor parte del grano está formada por el endospermo, el endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano (Mendizábal, 2008).

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

El instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias muestra que los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de trigo son los indicados en la Tabla 2.

Tabla 2

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del trigo

Factor	Requerimiento
Altitud	2000 a 3200 msnm
Temperatura	14 a 22 ºC
Precipitación	600 mm a 700 mm durante el ciclo
Suelo	Franco arcillosos y franco arenoso
pH	6.5 a 7.5

2.4.1. Zonas de producción en el país

INIAP (2005) da a conocer que las provincias que se dedican más a la actividad de producir trigo son las del Callejón interandino como Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar y Loja estas registraron el mayor aporte de grano de molienda y mayor superficie sembrada.

2.5. Etapas fenológicas

2.5.1. Germinación

Esta etapa llamada también periodo de arraigo es muy importante para las futuras cosechas del grano del trigo. Donde el grano de trigo necesita humedad, temperatura adecuada y aire a su alrededor para tener así una buena germinación y esta sea mayor a lo requerido que es del 85 al 90 %. Se producirá entre los 5 a 10 días dependiendo de la temperatura y humedad del suelo.

2.5.2. Ahijamiento

El ahijamiento se da al momento en que se da la aparición de los nudos y entrenudos de la planta, cada nudo tiene una yema que va a dar origen a una hoja. Estos entrenudos al crecer o

conocido como encañado, se va a poder observar como cada hoja nace a distinta altura en nudos sucesivos del tallo del trigo.

2.5.3. Encañado

El encañado inicia con la aparición del primer nudo, esto se lo puede determinar mirando la presencia sobre la superficie del suelo. Aquí se puede visualizar la futura espiga, la que se va a encontrar sobre el nudo ya mencionado, va a presentar un tamaño aproximado de 5mm, luego de esto va a haber un crecimiento rápido durante el encañado lo cual van a estructurarse con base en la formación de nuevos nudos y entrenudos.

2.5.4. Espigado

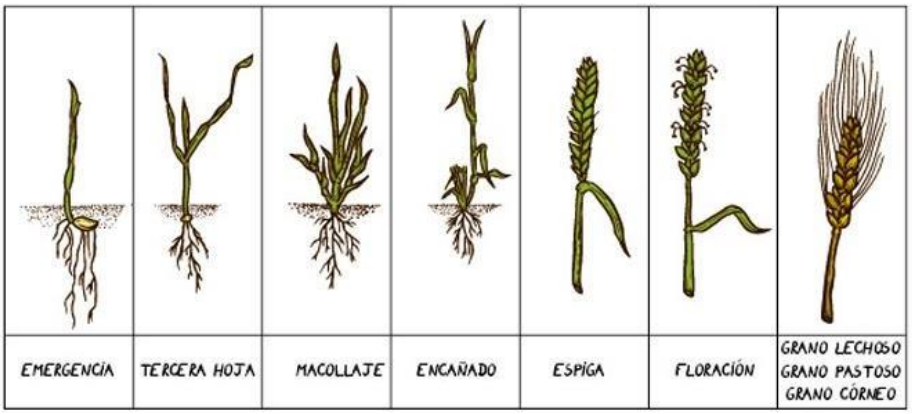
El periodo de espigamiento es la máxima actividad fisiológica, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo los cuales llegan al máximo de su capacidad, la espiga empieza a crecer rápidamente, aunque esta todavía es muy pequeña para detectar a la vista a través de las vainas de las hojas circundantes.

2.5.5. Maduración

La maduración se da una vez que la espiga emerge y la polinización ocurre, una vez que esto ocurre los granos empiezan a desarrollarse. Es decir, empieza cuando las hojas inferiores ya están secas, pero las tres superiores y el resto de la planta esta verde. Luego existe la maduración pastosa, en la que solo se mantiene verdes los nudos y el resto de la planta toma su color típico del trigo seco es decir de un color amarillento, donde el grano tomara su color definitivo para su previa cosecha.

Figura 1

Etapas fenológicas del cultivo de trigo.



2.6. Requerimiento del cultivo

2.6.1. Suelo

Es importante que la tierra en la que se cultiva el trigo sea profunda y tenga un sistema de raíces bien desarrollado. Los suelos arcillosos tienen la desventaja de retener grandes cantidades de agua durante los inviernos húmedos debido a su baja permeabilidad. Los suelos arenosos requieren más humedad debido a su menor capacidad de almacenamiento. En general, los suelos que retienen agua y están bien drenados crecen mejor en condiciones secas. El pH óptimo del suelo para el trigo es de 5,4 a 7,0. Puede tolerar un pH mucho más alto (Guerrero, 1999).

El buen desarrollo de los cultivos de trigo requiere suelos profundos, preferentemente bien drenados, de textura media y propiedades químicas que permitan la adaptación, las que se muestran en la Tabla # a modo de referencia.

Tabla 3

Valores de referencia de características químicas ideales del suelo para trigo

Variable Analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado
Materia orgánica	%	Mayor a 1.5
pH del agua (1:2.5)	pH	5.5 – 7.5
Nitrógeno disponible	Mg/kg o ppm	Mayor a 20

2.6.2. Temperatura

Para el trigo la temperatura es el factor más importante que induce a el desarrollo a través de sus fases, desde la emergencia hasta la floración y madurez, lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados días. La temperatura que el trigo requiere acumulados grados/días entre 1800 y 2400 ºC para completar su ciclo biológico, para la fase reproductiva es de entre 700 y 970 ºC. Si hablamos de la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del trigo esta entre 10 y 24 ºC (Soto, 2009).

2.6.3. Necesidad de agua

Para que el trigo se pueda desarrollar de una manera correcta debe constar de 300 o 400 mm siempre y cuando esta distribución del agua sea adecuada. Este cultivo normalmente se cultiva en regiones que tengan una precipitación de 400 a 750 mm anuales, con excepciones que se han cultivado en regiones con precipitaciones de hasta 3000 mm, una de las etapas de mayor sensibilidad a la falta de agua es en el periodo de floración donde se debe tener mucho cuidado (CIMMYT, 2011)

2.6.4. Fertilización

Para una correcta fertilización de un suelo se debe realizar un análisis químico del suelo en el que se va a cultivar lo que nos permitirá identificar la cantidad de fertilizantes requeridos por el cultivo, lo que se recomienda en nuestros medios para fertilizar trigo es de 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de fósforo (P205), 40 KG DE Potasio (K20) y 20 kg de azufre por hectárea, una de las recomendaciones es que si se quiere aplicar urea o fertilizantes tipo nitrogenados, no deben ser aplicados cuando el suelo se encuentre seco o que se encuentre en próximas precipitaciones fuertes, debido a que estos se van a perder por evaporación de los nutrientes

aplicados por lo que las plantas no lo aprovecharían. En caso de que se tome en cuenta una fertilización orgánica para el incremento de fertilidad del suelo y mejorar su composición de la microflora del suelo la cantidad que es recomendable es de 40 a 60 sacos de 50 kg/ha (Garófalo, Ponce, & Abad, 2011).

2.7. Control de maleza

Hablando del control de malezas en trigo es uno de los factores de producción más importantes por lo que siempre se debe tomare en cuenta sin ser un obstáculo técnico, el agricultor tiene a su disposición una amplia gama de herbicidas que son capaces de responder a la mayoría de sus problemas de malezas. Pero un punto que se debe tomar en cuenta es que esto debe basarse en un adecuado razonamiento técnico, en el que se considera diversos, factores, tales como especies de malezas existentes, presencia o ausencia de biotipos resistentes, tipo de suelo y clima, rotación de cultivos, tipo de labranza del suelo y tener el conocimiento básico acerca de herbicidas disponibles en el mercado (Espinoza, 2002).

Como malezas más comunes que tendrá el trigo según su morfología se clasifican en malezas de hoja ancha y de hoja angosta, este tipo de malezas tienen como un factor importante el clima, la rotación de cultivos, control de malezas efectuada en cada tipo de cultivo, temperatura, temporada y fecha de siembra. Para tener un eficaz control de malezas antes y después de la siembra se debe tomar en cuenta tres tipos de situaciones con respecto al tipo de maleza que puede estar presentes por lo tanto es necesario controlar que exista solo maleza de hoja ancha, que exista solo maleza de gramíneas y que exista simultáneamente malezas de hoja ancha y gramíneas (Espinoza, 2002).

2.8. Cosecha y almacenamiento

2.8.1. Cosecha

Asesores de INTA aconsejan cosechar cuando del trigo está alcanzando una humedad del 16.18% por el motivo de que es el punto en que se va a lograr la mayor eficiencia de funcionamiento de la cosechadora o espigadora, con menos desgrane por acción de cabezal y un menor triturado de la paja durante la trilla. Para poder verificar si un lote se encuentra a el nivel de humedad requerida para poder realizar la cosecha se procede a tomar varias espigas al azar en distinto sectores del lote y refregarles entre las manos, si el desgrane de las espigas se producía relativamente fácil y los granos tengan una contextura dura que no permita mascarlos con la uña, se estima que ya es posible comenzar con la trilla de trigo (Zorzano, 2022).

2.8.2. Almacenamiento

El almacenamiento de granos o postcosecha da comienzo una vez que el grano ya fue trillado y cosechado en el campo, continua durante el acondicionamiento y almacenamiento, culminando en el preciso momento del uso final del grano ya sea para las diversas situaciones en las que el grano vaya a ser utilizado o en alimento como en insumos que tengan un proceso industrial. El objetivo principal del almacenamiento del grano de trigo es conservar la viabilidad de los granos que serán utilizados como semilla, las calidades requeridas por la industria molinera y las propiedades nutricionales (INTA, 2009).

2.9. Plagas y enfermedades del cultivo de trigo

En el Ecuador por sus diversas situaciones climáticas variadas las enfermedades más conocidas son Roya amarillo o lineal (*Puccinia striiformis*), Roya de la hoja (*Puccinia triticina),* Fusarium de la espiga (*Fusarium* spp*.)* y carbón volador (*Ustilago tritici*).

La roya amarilla o lineal es producida por el hongo *Puccinia striiformis* que aparece formando líneas amarillas paralelas a las nervaduras de las hojas, también ataca a la espiga, se desarrolla a temperatura entre 10 y 15 ºC, con una elevada humedad debido.

a la lluvia o roció. La Roya de la hoja es producida por el hongo *Puccinia triticina*, presenta pequeñas postulas aisladas con esporas de color anaranjado ubicadas sobre las láminas foliares. El fusarium de la espiga es producido por varias especies de hongos (*Fusarium* spp*.),* durante la antesis se infecta los ovarios y dicha infección es favorecida por climas cálidos y húmedos esta enfermedad reduce el 50% de la productividad desmejorando la calidad del grano. El carbón volador es producido por el hongo (*Ustilago tritici)* provocando que toda la espiga excepto el raquis sea remplazado por masas de esporas del carbón (Garófalo, Ponce, y Abad, 2011).

2.9.1 Roya amarilla

La roya amarilla (*Puccinia striiformis)*, es una enfermedad policíclica, cuyo desarrollo epidémico depende principalmente de la tasa de desarrollo de la enfermedad. Las epidemias de la roya amarilla se ven afectadas por diversos factores agronómicos y ambientales, especialmente la susceptibilidad del hospedante y factores climáticos como la humedad y la temperatura. La rápida evolución del patógeno crea varias razas o patotipos que están más especializados para infectar diferentes cultivares, que portan diferentes genes de resistencia raza-específicos. La resistencia a la roya amarilla puede separarse en resistencia a todas las etapas de desarrollo (también llamada de plántula) y resistencia en planta adulta. La primera se

puede detectar en la etapa de plántula y es efectiva en todas las etapas de crecimiento del cultivo. La segunda implica susceptibilidad en la etapa de plántula, pero éstas se vuelven cada vez más resistentes cuando las plantas crecen y envejecen (Carmona, 2018).

2.9.2 Roya de la hoja

la roya de la hoja es ocasionada por un organismo biotrófico (*Puccinia tritici*) cuyo agente causal es un parásito obligado, que no sobrevive sin un hospedante vivo. Esta enfermedad puede causar epifitias que son rápidas y explosivas. Las pérdidas debidas a (*Puccinia tritici*) son usualmente pequeñas (menores al 10%), pero pueden ser severas (30 % o más). Las pérdidas pueden ser de hasta el 55 % en epidemias severas dado por reducciones significativas en el número de granos por espiga y/o por el peso de mil granos.

Los síntomas comienzan con clorosis y luego se producen pústulas rojizo-anaranjadas subepidérmicas que son los uredosoros y que pueden presentar halos cloróticos o necróticos que indica el tipo de infección, las que presentan necrosis corresponden a moderada resistencia a resistencia. Las uredosoros de aproximadamente 2 mm se distribuyen irregularmente en el haz de la hoja, puede alcanzar las vainas y espiguillas. Al final del ciclo del cultivo aparecen teliosoros castaño oscuros a negros, dispuestos al azar en el envés de las hojas y en las vainas. Los uredosoros se diferencian de los de la roya amarilla por su color más intenso y porque en este caso no se presentan en bandas, sino al azar, Simón, M. R., & Fleitas, M. C. (2022).

2.9.3 Fusarium

En general el hongo *Fusarium spp*., cuya presencia está asociada a entornos con temperaturas de 25 °C a 28 °C y una humedad relativa superior al 80 %, son saprofitos y parásitos facultativos, necrotróficos, no específicos, y poseen requerimientos simples, siendo la principal limitante para el desarrollo del patógeno la baja humedad relativa. Además, la mayor parte de las especies del género Fusarium habitan en el suelo, siendo capaces muchos de ellos, de sobrevivir como saprofitos tanto en materia orgánica como en plantas vivas, tejidos senescentes o residuos vegetales (Martines, 2020).

Virus del enanismo amarillo (BYDV)

El virus del Enanismo Amarillo del trigo y sus serotipos se encuentra como una de las enfermedades transmitidas por los áfidos y que pueden causar pérdidas substanciales ya que afecta la calidad del grano y el potencial de rendimiento de las variedades. Se presenta en todas las regiones productoras de trigo en el mundo. Este tipo de virus se caracteriza por el

aparecimiento de un color amarillento en las hojas, desde la parte apical, y se extiende en franjas alargadas. En casos severos genera enanismo en las plantas, las cuales no completan su ciclo vital. Debemos tomar en cuenta que este tipo de virus se da en condiciones climáticas templadas y cálidas, aunque si puede aparecer en diversas condiciones climáticas (Gonzales, 2021).

Características físicas de la calidad del grano

2.10. Peso hectolitro

Corresponde al peso en kilogramos de un hectolitro de trigo limpio lo que quiere decir que es la cantidad equivalente en kilos de un volumen de cien litros. Un buen peso hectolítrico puede ser un indicador de manejo adecuado. El peso hectolitro depende, fundamentalmente de la densidad de las materias que componen el grano, que es característica de cada variedad, pero también depende de otras variables como son la humedad, contenido de impurezas, uniformidad de los granos y condiciones en que se haya realizado la maduración (Matus & Vega, 2004).

2.10.1.Tipo de grano

Este tipo de grano se caracteriza por su endospermo vítreo y compacto, lo que le confiere una alta densidad y dureza. Según Sissons et al. (2018), el trigo duro es ideal para la producción de sémolas y pastas debido a su alto contenido de proteína del 12 y 14 % y su capacidad para mantener una textura firme durante la cocción.

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra situada en la Granja Experimental “La Pradera”, campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la parroquia San José de Chaltura, a una distancia promedio de 3.9 km del cantón Antonio Ante provincia de Imbabura. En la Figura 2, se muestra la ubicación geográfica del área de experimentación de líneas promisorias de trigo duro

Figura 2

Ubicación geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo duro (Triticum durum L).

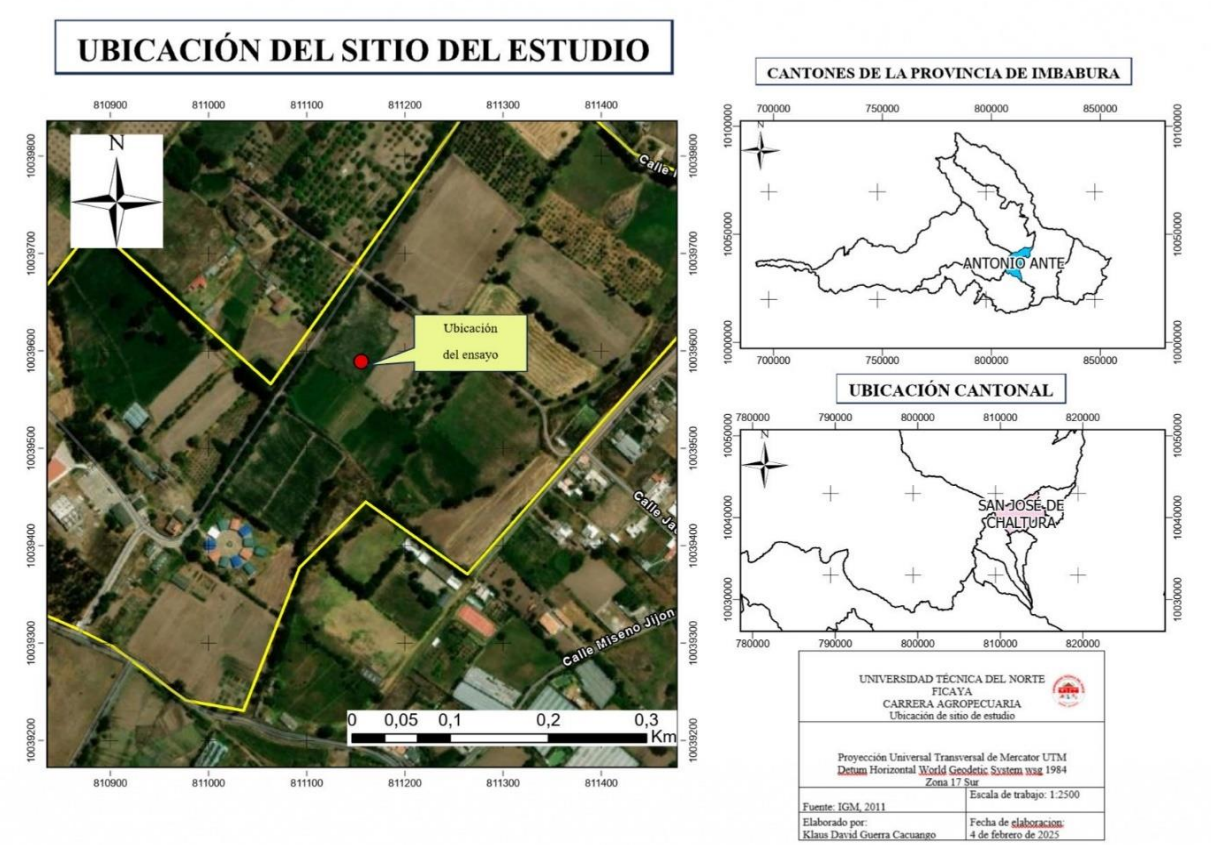


Tabla 4

Descripción geográfica del área de estudio de líneas promisorias de trigo duro.

Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Lugar	Granja Experimental “La Pradera”
Altitud	2 163 m.s.n.m
Latitud	0° 21' 19" Norte
Longitud	78° 11' 32" Oeste

3.1.2. Características Edafoclimáticas

San José de Chaltura se caracteriza por tener características edafoclimáticas como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5

Datos edafoclimáticos granja “La Pradera” Chaltura, Imbabura

Características	Datos
Altitud	2000 a 3200
Temperatura	14 a 22 ºC
Suelo	Franco arcillosos y francos arenosos
pH	pH de 6.5 a 7.5

3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales de campo, equipos, insumos y herramientas se detallan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6

Materiales, equipos, insumos y herramientas usados en la experimentación en campo.

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas manuales
Libreta de campo	Computadora	Fertilizantes	Azadón
Hojas	Impresora	Herbicidas	Palancón
Balanza		Variedad UEB-CAR	Rastrillo
Cinta métrica		Líneas A01 a A04	Pala recta
Lupa			Estacas
Madera			Piola
Rótulo			

3.3. Métodos

La investigación realizada tiene una metodología tipo experimental donde se evaluó cuatro tipos de líneas promisorias y una variedad genéticamente mejorada de trigo duro. El cual UAB-Carnavalero es la variedad de trigo semi duro proveniente de la provincia de Bolívar otorgada por INIAP, en colaboración con la granja "La Pradera".

3.3.1. Factor en estudio.

Factor de investigación: Líneas y variedad de trigo

L1: Trigo duro A-01

L2: Trigo duro A-02

L3: Trigo duro A-03

L4: Trigo duro A-03

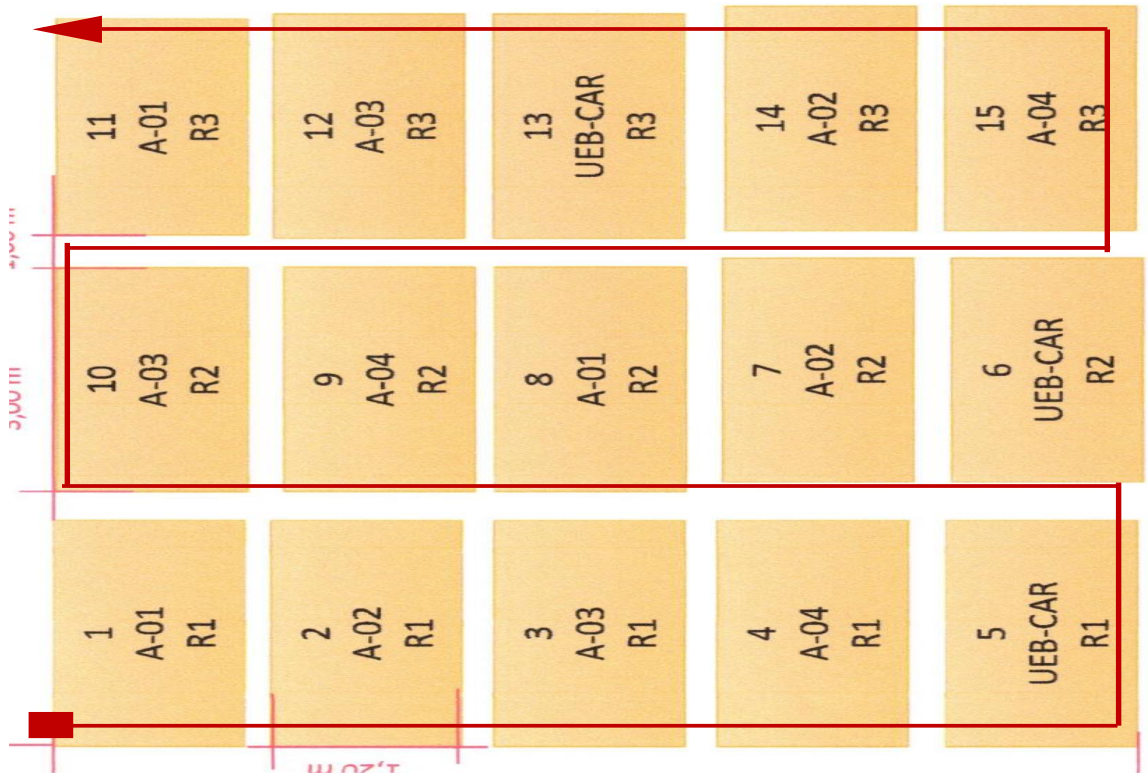
Variedad: UEB-CARNAVALERO

3.3.2. Diseño experimental

Para el presente estudio, se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones, con el objetivo de garantizar la aleatorización y el control de la variabilidad en las condiciones experimentales. La densidad de siembra utilizada fue de 180 kg/ha, lo que equivale a 65 gramos de semilla por unidad experimental. Este diseño permitió

Figura 3

Diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones.



evaluar de manera eficiente los tratamientos bajo estudio, asegurando la homogeneidad de las condiciones en cada bloque y minimizando el efecto de factores externos no controlados.

3.3.2.1. Características del experimento

- Total: 15 unidades experimentales
- Tratamientos: 5
- Parcela neta: 3 m x 1.2 m (3.6 $m^{2)}$

- Parcela bruta: 4 m x 2.2 m (8.8 m^2)
- Área neta: 54 m^2
- Área bruta: 132 m^2

3.3.2.2. Características de la unidad experimental

- Total: 15 unidades experimentales
- Parcela neta: 3 m x 1.2 m (3.6 m^2)
- Parcela bruta: 4 m x 2.2 m (8.8 m^2)
- Área neta: 54 m^2
- Área bruta: 132 m^2

Tabla 7

Medidas de cada unidad muestral.

Datos	Medidas
Largo de la unidad muestral	3 m
Ancho de la unidad muestral	1.2 m
Área de la unidad muestral	3.6 m^2

3.3.3. Análisis estadístico.

Para la evaluación estadística de los datos obtenidos al medir todas las variables cuantitativas, se utilizará el software conocido como "INFOSTAT" versión 2020 con su prueba de significancia de LSD Fisher del 5%.

Tabla 8

Tabla de Adeva propuesta para el tipo diseño experimental

Fuentes de Variación	GL
Bloque	3-1 = 2
Líneas promisorias de trigo duro Error	5-1 = 17 (5-1) (3-1) = 8
Total	(5) (3) – 1 = 14

3.4. Variables evaluadas del estudio

Las variables evaluadas fueron tomadas del manual de parámetros de evaluación y selección de cereales INIAP, (2022). Dentro de la investigación se tuvo variables cuantitativas y cualitativas

3.4.1. Emergencia %

La variable de germinación del trigo se determinó a partir de los 17 días posteriores a la siembra, utilizando métodos de evaluación propuestos por técnicos de la Universidad Estatal de Bolívar. La evaluación se realizó de manera cualitativa, midiendo el porcentaje de germinación en cada unidad experimental. Se consideró como referencia la parcela con el mayor porcentaje de germinación en comparación con las demás. La evaluación se llevó a cabo durante la etapa de desarrollo de la planta, cuando esta presentaba entre 2 y 3 hojas desarrolladas. Para ello, se empleó la escala de evaluación de emergencia en cereales, la cual clasificó los resultados en tres categorías: "bueno" (81-100 % de germinación), "malo" (60-80 %) y "regular" (<60 %). Los datos se registraron en una sola toma, basándose en el porcentaje de plantas germinadas por parcela.

Tabla9

Escala de evaluación de germinación en cereales.

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

3.4.2. Vigor

Se hizo una sola toma de datos sobre cada unidad experimental. Donde se comparó el desarrollo de las plantas de la parcela con referencia a la escala del 1 al 5, donde sus expresiones fueron bueno, regular y malo en caso de no cumplir con lo requerido de vigor como se muestra en la (Tabla 10).

Tabla 10

Escala de evaluación de vigor en cereales.

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

3.4.3. Hábito

La forma en la que se evaluó esta variable fue visual, una vez que el cultivo entre específicamente en etapa de macollamiento. Se tomo un único dato por cada una de las unidades experimentales, donde se observamos escalas que determinaron el hábito del trigo como se puede observar en la (Tabla 11).

Tabla 11

Escala de evaluación de habito en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba
2	Intermedio (Semierecto o semipostrado)	Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45 grados
3	Regular	Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo

3.4.4. Días espiga

La estimación de este parámetro se realizó en forma visual, se utilizó una sola toma de datos haciendo el conteo de días al espigamiento, según el número de días transcurridos luego de la siembra, Se tomo en cuenta que cada unidad experimental haya alcanzado al menos el 50% de ocurrencia de esta etapa para poder proceder con la toma de esta variable.

3.4.5. Altura (cm)

Este parámetro se midió desde la superficie del suelo hasta el extremo de la arista en centímetros. Se empleo una regleta metálica para la toma de datos, evaluando al menos 10 plantas por unidad experimental. El momento de la evaluación fue cuando el cultivo alcanzo la madurez comercial, a la cosecha. Para el registro de este parámetro se tomó en cuenta

3.4.6. Tipo de paja

Para este parámetro se medirá desde la base de la espiga hasta el extremo de esta, sin incluir las aristas, se usará una regla, siendo la unidad de medida en centímetros. La evaluación se lo realizará cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, es decir a la cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo.

Tabla 12

Escala de evaluación para la toma de datos del tipo de paja

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

3.5. Rendimiento de grano

3.5.1 Tipo de grano

Es la calificación que recibe el grano de acuerdo con su color, forma, tamaño, uniformidad o daño. Se evalúa una vez que el grano está totalmente seco. Según el cultivo, se emplea las siguientes escalas propuestas por el Programa de Cereales del INIAP (2019).

Tabla 13

Escala de evaluación para la toma de datos del tipo de grano

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

3.6. Manejo específico del experimento

El manejo del experimento se lo realizo tomando en cuenta el manual de Generalidades y Variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana. No 116.INIAP, (2020).

3.6.1 Selección del terreno

Para la correcta elección del lote en el que se realizó la experimentación se tomó en cuentas. No tener indicios de que se haya cultivado algún tipo de cereal en su ciclo anterior, se tomó en cuenta la recomendación de que no haya pendiente, también uno de los puntos a tomar al momento de elegir el terreno fue que no haya ningún tipo de sombra que influya con la experimentación.

Figura 4

Selección del lote de experimentación.



3.6.2 Trazo de parcelas

Previo a la preparación del suelo, se realizó las debidas delimitaciones de las parcelas según las medidas dadas por el diseño experimental elaborado colocando piolas y estacas.

Figura 5

Trazado de camas con piolas.



3.6.3 Análisis de suelo

Una vez que seleccionado el área de experimentación, se tomó muestras de suelo para su respectivo análisis de la cantidad de nutrientes que disponen el terreno elegido para el cultivo de trigo.

Figura 6

Toma de muestras para el análisis de suelo.



3.6.4 Preparación del Suelo

Se realizó un arado de disco con el tractor que dispone la Universidad. Se hizo esta actividad para que el suelo este más suave, tenga mejor aeración y la fácil elaboración de las camas altas, para cultivar el trigo y que sus raíces puedan penetrar con facilidad el suelo, favoreciendo la facilidad al momento de su etapa de germinación.

Figura 7

Preparación del suelo con tractor.



3.6.4 Manejo y fertilización de suelo

La fertilización del suelo se lo hizo según el protocolo ya realizado en otras provincias con los mismos ensayos, donde la aplicación correspondiente fue por unidad experimental de 3.6 m, la cual fue aplicada en la etapa de macollamiento del cultivo (Tabla 14).

Tabla 14

Fertilización de acuerdo con el proyecto de investigación

Descripción	g/UE	Kg ha $^{-1}$
Tamaño de la UE		3.6 m^2
Fertilización a la siembra		
10-30-10	110	305.56
Sulphomag	40	111.11
Fertilización complementaria		
Urea	18	50.00
10-30-10	9	25.00
Fertilización al macollamiento		
Urea	18	50.00

3.6.5 Siembra

El tipo de siembra realizada fue manual al boleo, donde las herramientas empleadas fueron rastrillos para tapar las semillas y azadones para el levantamiento y nivelación de camas. Se debe tomar en cuenta que para la siembra, las indicaciones dadas por los técnicos fueron que se debe tener una densidad por cada unidad experimental de 65 g de semillas.

Figura 8

Siembra de trigo en cada unidad experimental.

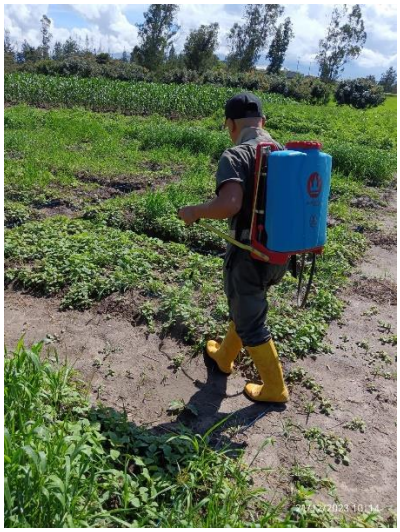


3.6.6 Labores culturales para el mantenimiento del cultivo

Para el mantenimiento del cultivo se hizo una sola aplicación de herbicida especifico para malezas de hoja ancha Metsulfuron metil en dosis de 0.39 g por 132 m2 y no afecte al cultivo de trigo.

Figura 9

Fumigación con bomba de mano para control de malezas.



3.6.7 Cosecha

La cosecha fue manual cuando el grano estaba en punto de cosecha. Donde cada unidad experimental cosechada fue colocada en costalillos con sus debidas etiquetas, para que no exista ninguna confusión al momento de realizar la trilla.

3.6.8 Trilla

El proceso de trilla se lo llevo a cobo de forma mecánica mediante una trilladora experimental. El grano resultante fue almacenado en costalillos con su respectiva codificación.

3.6.9 Control fitosanitario del grano

Para el ensayo se realizó la evaluación de la incidencia y severidad de las principales enfermedades, donde el ensayo no permitía la aplicación de algún agroquímico para el control fitosanitario

3.6.10 Secado y verificación de la humedad del grano

Posterior a la cosecha y trilla, se procedió al almacenamiento del grano para su debido secado dentro de un almacen con las apropiadas condiciones para el secado hasta obtener un grano con un máximo del 13 % de humedad, para luego ser almacenado en fundas de tela.

Figura 10

Medición de Humedad del grano para su almacenamiento.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables morfoagronómicas

4.1.1. Emergencia

En la Tabla 15, se presentan resultados de análisis de varianza para la variable de porcentaje de emergencia, donde indica que (F=3.07; gl= 4.8; p= 0.0431). que los tratamientos tienen un efecto significativo en la variable de emergencia al nivel de significancia de $p<0.05$

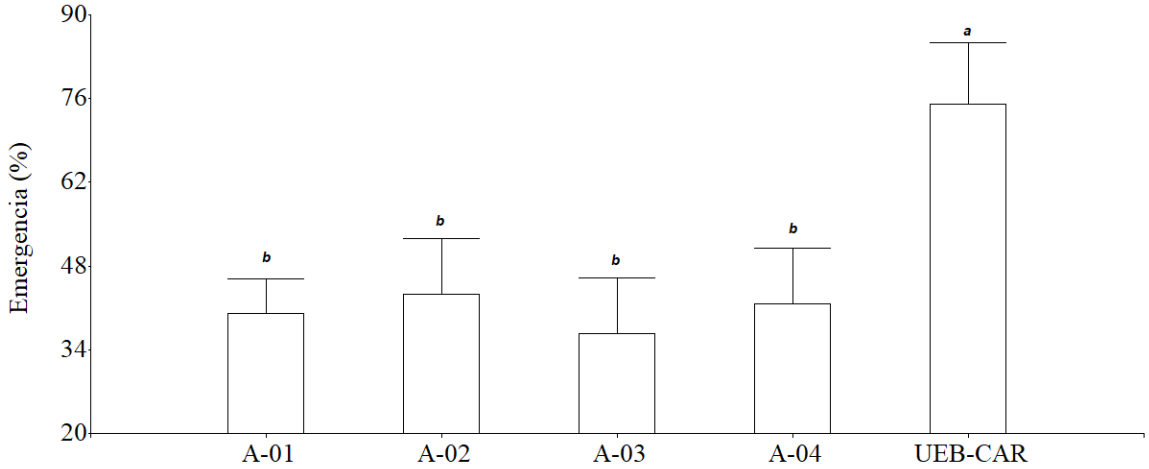
Tabla 15

Adeva de porcentaje de emergencia

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	3.07	0.0431

Figura 1

Variable porcentaje de emergencia en la experimentación de trigo duro.



Nota. Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes.

Según los datos registrado, La emergencia en campo varía significativamente entre los tratamientos. El tratamiento UEB-CAR presenta la mayor tasa de emergencia 75%, seguido

por los tratamientos A-02, A-04, A-01 y A-03, que no difieren significativamente entre sí ($p > 0.05$). El tratamiento UEB-CAR es claramente superior en términos de emergencia, lo que sugiere que este tratamiento puede ser más efectivo para garantizar una buena germinación en condiciones de campo.

Un estudio realizado por Remache, (2012), en la localidad de Laguacoto, dice que las condiciones bioclimáticas tuvieron una mayor humedad, especialmente existió una mayor precipitación en las fases de germinación y macollamiento, mientras que en la fase reproductiva se presentó sequias moderadas en el cultivo, dando como resultado uniformidad en las condiciones bioclimáticas, teniendo mayores porcentajes en las germinaciones de los trigos duros evaluados. Desde una perspectiva agronómica, Ayed (2017), menciona que el estrés por sequía evita el crecimiento de una planta, con lo que no logra alcanzar su potencial genético, dando como resultado el porcentaje bajo de emergencia en las diferentes líneas de prueba como son A-01, A-02, A-03 y A-04. Debido a las condiciones climáticas, donde las precipitaciones de lluvia no cumplieron con el requerimiento hídrico de las variedades de trigo duro a prueba.

4.1.2 Días al espigamiento

Los resultados de análisis de varianza de la variable de días de espigamiento dan como resultado que el tratamiento tiene un impacto significativo en los días de espigamiento, como lo demuestran los valores de ($F=119.13$; $gl= 4$; $P=0.0001$). Indicando que los diferentes tratamientos o líneas de experimentación tienen una diferencia estadística significativa Tabla 16.

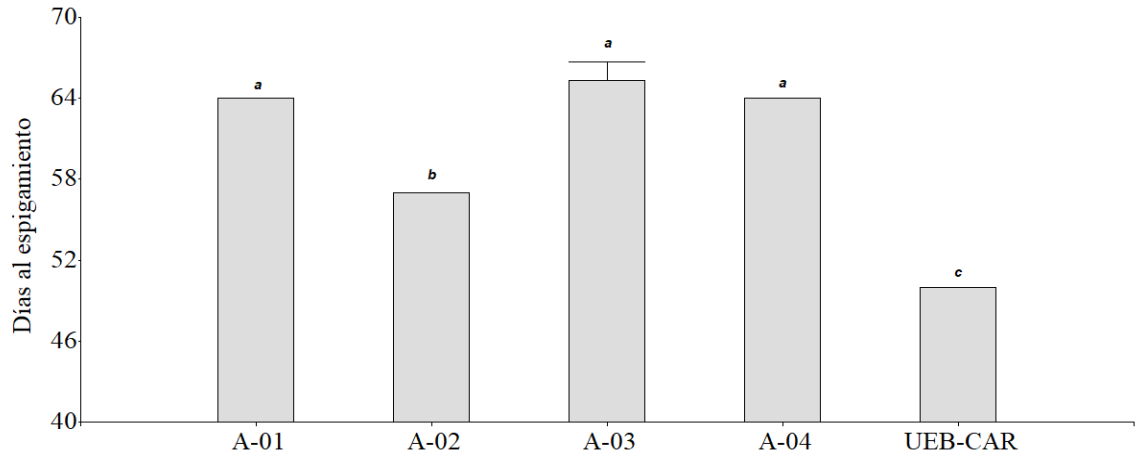
Tabla 16

Adeva de la variable días al espigamiento

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	119.13	0.0001

Figura 2

Resultados de días al espigamiento del trigo duro adaptado a La Granja La Pradera



Los resultados muestran que los tratamientos A-03, A-01 y A-04 presentan los mayores días al espigamiento (64.00-65.33 días), mientras que A-02 y UEB-CAR tienen menos días (57.00 y 50.00 días, respectivamente). Los tratamientos con mayor tiempo al espigamiento pueden ser más adecuados para zonas con ciclos de cultivo más largos, mientras que UEB-CAR y A-02 podrían ser preferibles en zonas con ciclos más cortos.

Un estudio realizado por Borbón (2022), menciona que una de las variedades de trigo duro que el estudio, sobre la variedad Don Lupe Oro C2020 registro un promedio de espigamiento a los 76 días después de la siembra, en condiciones climáticas del Noroeste de México, que presenta temperaturas de 30 °C, con un tipo de clima tropical, con llanuras áridas y semiáridas.

4.1.3. Altura de la planta (cm)

El análisis de varianza reveló que el efecto de tratamiento sobre altura de la planta fue estadísticamente significativo (F=8.44; gl=4.143; p=0.0001). Esto nos indica que existen diferencias significativas en la variable de altura de planta entre las diferentes líneas evaluadas Tabla 17.

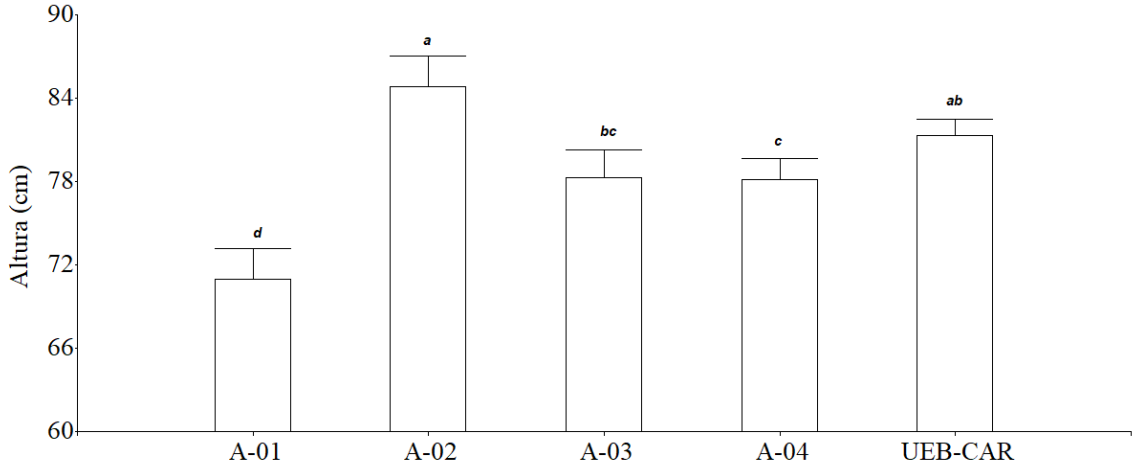
Tabla 17

Adeva de la variable altura de la planta

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	8.44	0.0001

Figura 3

Variable altura en cm de la planta de trigo duro.



Los resultados sobre altura de la planta nos dicen que A-02 tiene la mayor altura (84.83 cm), seguido por UEB-CAR (81.33 cm). A-01 tiene la menor altura (71.00 cm). La altura de la planta puede influir en la resistencia al vuelco y en la facilidad de cosecha.

Mediante un estudio realizado por Remache (2012), menciona que la altura de plantas muy importante, debido a que tiene una correlación directa con el porcentaje de acame del tallo, y más en zonas que tienen una incidencia de vientos fuerte, por lo cual son recomendadas variedades de altura intermedia y de ciclo precoz. Lo que nos da a conocer que las líneas y la variedad en estudio cumplen con promedios de altura de planta intermedios, donde el acame no se evidencio.

4.2. Variables de incidencia y severidad

4.2.1. Severidad en manchas foliares

En resultados de la variable de severidad en manchas foliares, se observo un efecto significativo del tratamiento sobre la severidad. El análisis de varianza mostro que (F=18.70; gl=4.8; p=0.0004), lo que indica que existen diferencias significativas entre tratamientos Tabla 18.

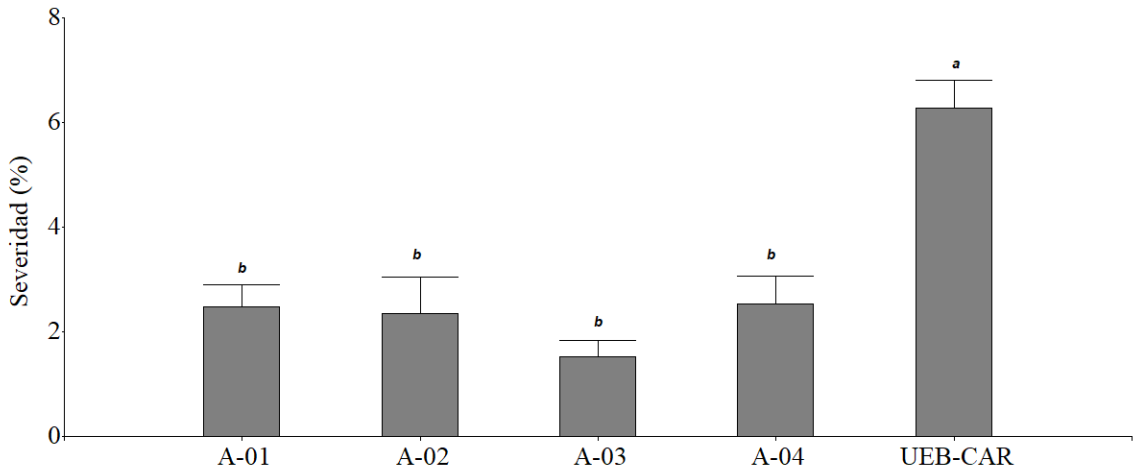
Tabla 18

Adeva de severidad en manchas foliares

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	18.70	0.0004

Figura 4

Variable del porcentaje de severidad de manchas foliares en trigo duro.



En caso de severidad en manchas foliares se obtuvieron resultados en los cuales las líneas A02, A03 y A04 obtuvieron promedios bajos de 2,13% lo cual significa que tienen características de resistencia a manchas foliares roya; El tratamiento UEB-CAR presenta la mayor severidad de mancha foliar (6.27), mientras que los demás tratamientos (A-04, A-01, A-02, A-03) tienen

valores significativamente más bajos. Lo que nos da a conocer que UEB-CAR es más susceptible a la mancha foliar, lo que podría requerir un manejo fitosanitario más intensivo.

En el caso de las manchas foliares, Pereira (2015) menciona que el desarrollo de patógenos foliares del trigo es más intenso en suelos con baja fertilidad ya que existe mayor espacio para la dispersión de agua y aire entre plantas, y por consiguiente para los propágulos de infección secundaria, además de la menor expresión de resistencia, también se debe tomar en cuenta el genoma de las diferentes líneas estudiadas de trigo. Esto según los resultados dados muestran que debido a las condiciones climáticas que se dieron en el transcurso de la experimentación, el suelo que tuvo baja fertilidad y el genoma de las líneas de experimentación, resulto que las líneas A02, A03 y A04 fueron más resistentes a las condiciones que pueden producir manchas foliares en trigo, haciendo de estas las que mejor se adaptaron y a las que se les debe realizar más campañas y verificar los resultados de resistencia a manchas foliares

4.2.2. Severidad (*Puccinia striiformis)*

En la Tabla 19 , los resultados del análisis de varianza en severidad de *Puccinia striiformis*, indican un efecto significativo en base a los tratamientos. En los resultados de los análisis se reveló los valores siguientes (F=11.07; gl=4.8; p=0.0024), lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de la experimentación. Este resultado sugiere que al menos uno de los tratamientos tuvo un impacto significativo en la severidad de *Puccinia striiformis.*

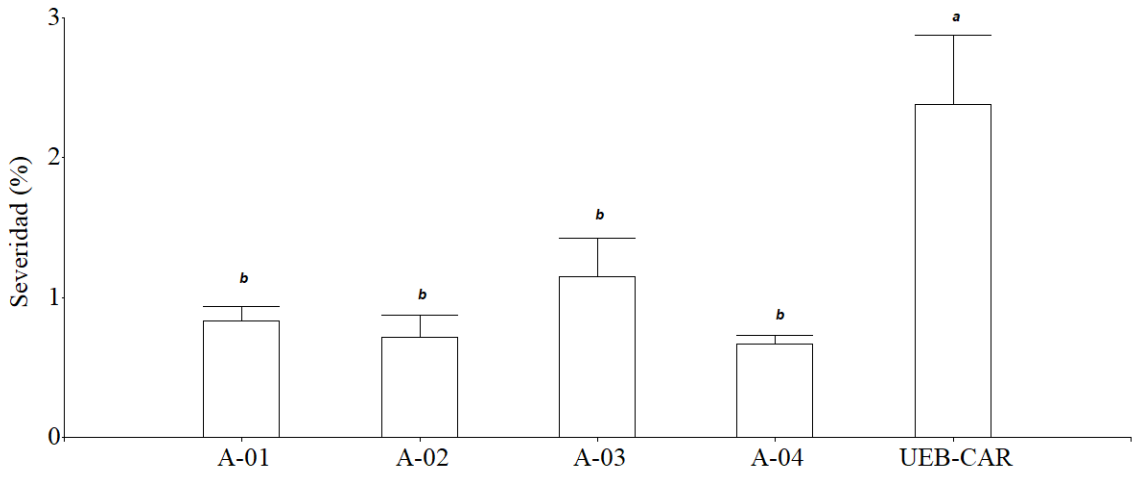
Tabla 19

Adeva de severidad Puccinia striiformis

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	11.07	0.0024

Figura *5*

Variable de porcentaje de severidad en Puccinia striiformis en trigo duro.



Los resultados obtenidos en severidad de Puccinia striiformis muestran que Similar a la mancha foliar, UEB-CAR tiene la mayor severidad de Puccinia striiformis (2.38), mientras que los demás tratamientos tienen valores significativamente más bajos., siendo esta la que obtuvo el porcentaje mas alto con respecto a la línea A-04, que obtuvo un promedio de 0,67%. Seguidas de las líneas A-01, A-02 y A-03, con promedios que van de 0.72% a 1.15%. Esto nos indica que las líneas que van desde A-01 a A-04 obtuvieron una mejor adaptabilidad. UEB-CAR es más susceptible a esta enfermedad, lo que podría limitar su adopción en zonas con alta incidencia de roya. no tiene buenas características de tolerancia a Puccinia striiformis bajos las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura.

Un estudio de Riofrio (2022), nos da a conocer que existen múltiples factores que influyen en el desarrollo de enfermedades en los organismos. Los factores intrínsecos se refieren a la constitución genética del germoplasma, lo que incluye la presencia o ausencia de genes de resistencia a enfermedades. Estos factores genéticos son fundamentales porque determinan la capacidad inherente del organismo para defenderse contra patógenos. Por otro lado, los factores extrínsecos como la temperatura, la humedad ambiental y el fotoperiodo, también juegan un papel crucial. Estas condiciones ambientales pueden afectar la expresión de los genes de resistencia y la efectividad de las defensas del organismo.

La interacción entre estos factores intrínsecos y extrínsecos permite diferenciar la resistencia que presenta cada tratamiento. Esto significa que, dependiendo de la constitución genética y

las condiciones ambientales, cada tratamiento puede mostrar un nivel diferente de resistencia a las enfermedades. En resumen, tanto la genética del germoplasma como las condiciones ambientales son esenciales para entender y gestionar la resistencia a las enfermedades en los organismos.

Esto quiere decir que las líneas A-01 a A-04 obtuvieron una mejor respuesta respecto de la evaluación de severidad en Puccinia striiformis, debido a que la constitución genética de estas líneas, si estuvieron incluidos genes de resistencia a esta enfermedad, los cuales son fundamentales para determinar la capacidad inherente del organismo para la defensa de los patógenos causantes de esta enfermedad. Las condiciones climáticas también jugaron un papel importante en el desarrollo de Puccinia striiformis, ya que esta se desarrolla en climas fríos de 12 a 15 grados centígrados, donde el área de investigación de Chaltura Imbabura cumple estas condiciones climáticas para el desarrollo del patógeno, siendo la interacción de genética y condiciones climáticas los detonantes para que surja esta enfermedad en el trigo duro.

4.2.3. Severidad (*Puccinia tritici)*

Los resultados de análisis de varianza se observo un efecto significativo de los tratamientos sobre la severidad de *Puccinia tritici,* El análisis de varianza Adeva mostro un valor de (F=6.14; gl=4.8; p=0.0146), indicando de que si existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto a la severidad de la enfermedad.

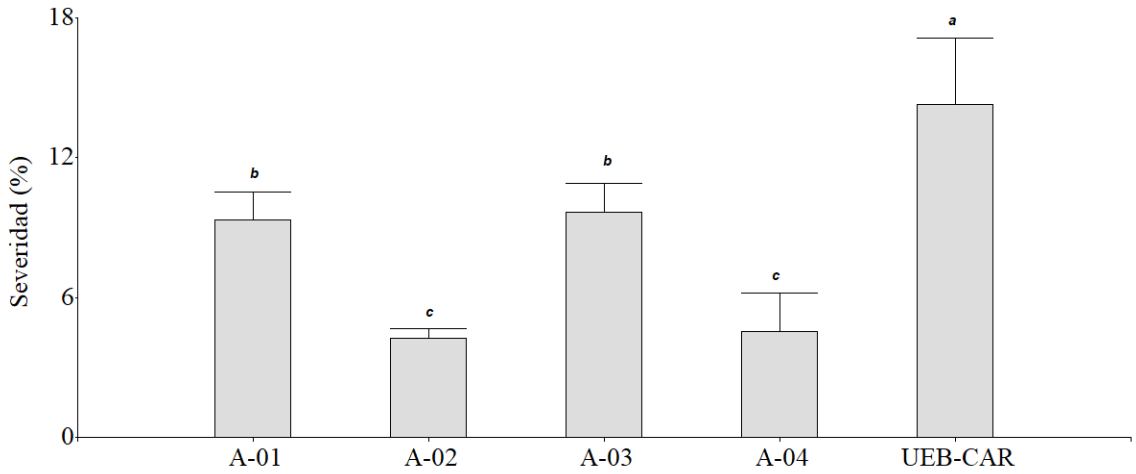
Tabla 20

Adeva de severidad Puccinia tritici

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	6.14	0.0146

Figura 6

Variable de porcentaje de severidad en Puccinia tritici en trigo duro.



Con respecto a los resultados de severidad en Puccinia tritici nos muestran que, UEB-CAR tiene la mayor severidad de Puccinia tritici (14.28), seguido por A-03 y A-01, que no difieren significativamente entre sí. A-04 y A-02 tienen los valores más bajos. UEB-CAR es más susceptible a esta enfermedad, lo que podría ser un factor limitante en zonas con alta incidencia de roya, mientras que las líneas a prueba tiene buenas características de tolerancia a Puccinia striiformis bajos las condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura, haciendo de estas las que se adaptaron mejor y resistieron fitosanitariamente a esta enfermedad.

Estos descubrimientos coinciden con estudios previos que informan la resistencia a las diferencias de Puccinia tritici entre los diferentes genotipos de trigo. Por ejemplo, Singh et al. (2016) enfatizaron el hecho de que la resistencia a la cuchilla está influenciada por factores genéticos y ambientales y que ciertas líneas de trigo pueden ser una mayor tolerancia debido a genes de resistencia específicos que proporcionan resistencia a la larga resistencia a varios patógenos, incluida la Puccinia tritici.

Además, la sensibilidad del automóvil UEB a Puccinia tritici está de acuerdo con lo que Figueroa et al. (2018), quienes descubrieron que las variedades de trigo comerciales suelen ser más sensibles a las enfermedades fúngicas porque se ven mejoradas por la falta de diversidad genética. Estos autores señalan que la inclusión de líneas resistentes, por ejemplo, en este estudio (A-04 y A-02) puede ser una estrategia efectiva para reducir la dependencia de los fungicidas y mejorar la sostenibilidad de los cultivos.

Por otro lado, la adaptación y resistencia de la línea A-04 y A-02 resaltan la Puccinia Tritici en condiciones agro-limonenses de la casta-bimbura, que es un papel en la elección de genotipos adaptados a condiciones específicas. Esto corresponde a los resultados de Herrera-Foessel et al. (2014) que mostraron que la resistencia a la óxido de la cuchilla puede variar considerablemente dependiendo de las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura relativas, los factores que afectan la epidemiología de la enfermedad.

4.2.4. Severidad Fusarium

Los resultados del análisis de varianza de la variable de Severidad en *Fusarium,* se observo un efecto significativo de los tratamientos sobre la enfermedad. El análisis de Adeva mostro valores de (F=2.85; gl=4.8; P=0.0469), Indicando que si existe diferencia significativa entre los tratamientos Tabla 21.

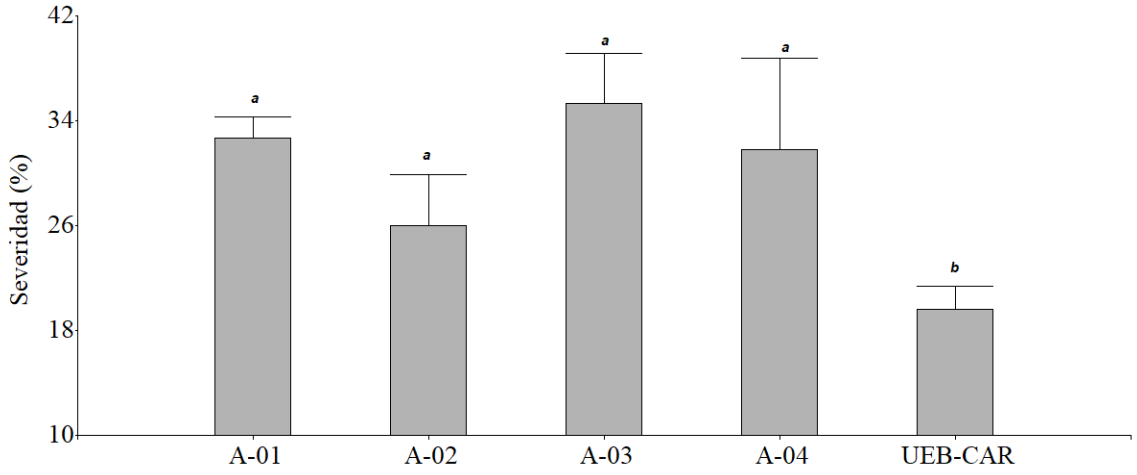
Tabla 21

Adeva de severidad de fusarium

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	2.85	0.0469

Figura 7

Variable de porcentaje de severidad en fusarium en trigo duro.



Los resultados muestran que A-03 tiene la mayor severidad de Fusarium (35.33%), seguido por A-01 y A-04. UEB-CAR tiene la menor severidad (19.65%). Dando como resultado que UEB-CAR es más resistente al Fusarium, lo que podría ser una ventaja en zonas con alta incidencia de esta enfermedad.

Un estudio realizado por Rochina (2012), donde menciona que la reacción a las diferentes enfermedades del germoplasma de trigo es una característica varietal y depende de su interacción genotipo ambiente. Esto quiere decir que en la zona de experimentación de Chaltura-Imbabura el cultivo tuvo un estrés hídrico, lo cual afectó en la proliferación del virus. El efecto de este virus es al follaje y espiga por lo tanto los granos son delgados y de mala calidad especialmente cuando el germoplasma es susceptible. Una infección temprana del virus puede producir disminuciones del rendimiento en más de un 20%, lo cual se vio reflejado en los granos de las diferentes líneas A-01, A-02, A-03 y A-04, mientras que en la variedad UEB-CAR obtuvo un porcentaje de rendimiento mínimo pero diferente de las líneas haciendo de este más resistente a las condiciones agroclimáticas del lugar de experimentación

4.3. Variable postcosecha

4.3.1. Días a la cosecha

Los resultados del análisis de varianza muestran un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre la variable días a la cosecha. El análisis de varianza (Adeva) arrojó valores de (F=5.91; gl=4.8; p=<0.0001), lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al tiempo necesario para alcanzar la maduración del trigo y consiguiente ser cosechado Tabla 22.

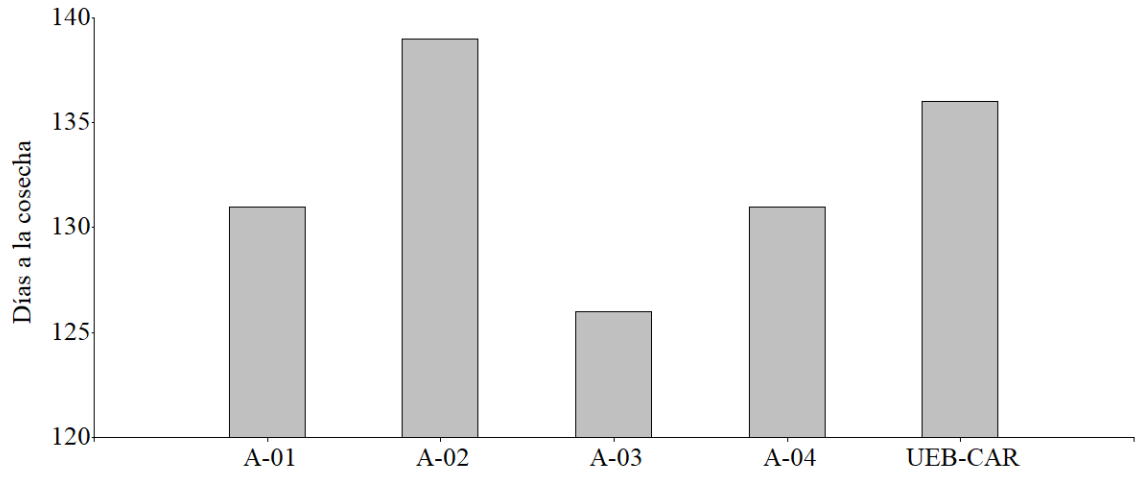
Tabla 22

Adeva de días a la cosecha

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	5.91	0.0001

Figura 8

Variable que muestra los días a la cosecha en trigo duro.



El tratamiento A-02 tiene el mayor número de días a la cosecha (139 días), seguido por UEB-CAR (136 días), A-01 y A-04 (131 días), y A-03 (126 días). Los tratamientos con más días a la cosecha podrían ser más adecuados para zonas con temporadas de cultivo más largas, mientras que A-03 sería preferible en zonas con ciclos más cortos. Donde A-03 seria la línea más eficaz para ser plantada en condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura para ser cosechada en menos tiempo a diferencia de las demás líneas a prueba.

Un estudio realizado por Flores (2014), menciona que la madurez de cosecha se presenta a los 142 días en general, pero para las variedades harineras a los 146 días después de la siembra, mientras que para las variedades de trigo durum se cosecho a los 146 días. Esto básicamente debido a que las estructuras florales de estas variedades son difíciles de trillar y se debe esperar más tiempo para el secado de las espigas. Estos resultados se dan en condiciones climáticas de Temperaturas máximas medias de 14ºC y a una altura de 2750 msnm.

Esto quiere decir que las líneas A-01, A-02, A-03, A-04 y UEB-CAR, estudiadas estuvieron en un margen correcto al momento de botar espiga y en sus días de cosecha. Cabe destacar que la línea A-03 tuvo el menor tiempo de días a la cosecha haciendo de esta la más precoz al momento de cumplir con su madurez comercial, haciendo de esta la que produce en un menor tiempo. Tomando en cuenta que Chaltura se encuentra a una altura de 2336,66 msnm y una

temperatura que fluctúa entre los 13 a 16 °C, los resultados obtenidos son favorables y cumplen con el promedio de días a la cosecha en general y en condiciones similares.

4.3.2. Rendimiento Kg ha^{-1}

En la prueba de análisis de varianza, no se observó un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre el rendimiento. El análisis de varianza (Adeva) mostró un valor de (F= 2.88; gl=4.8; p = 0.0948), lo que indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento Tabla 23.

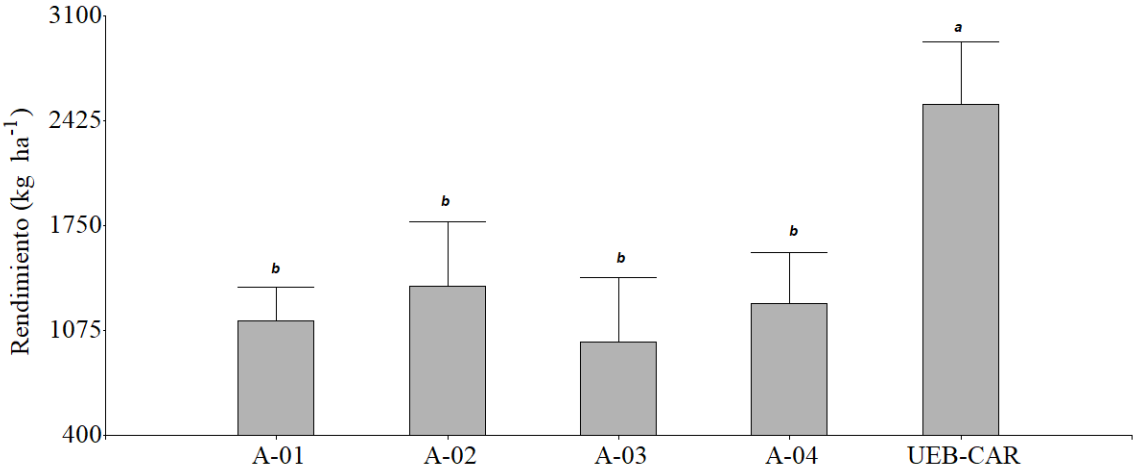
Tabla 23

Adeva de rendimiento Kg ha^{-1}

Fuentes de variación	gl	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	4.8	2.88	0.0948

Figura 9

Variable postcosecha sobre el rendimiento en Kg ha$^{-1.}$



Los resultados que arrojó con respecto a rendimiento de kg/ha^{-1} nos muestra, un promedio de las líneas A-01, A-02, A-03 y A-04 de 1184.97 kg/ha^{-1} Además, no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso hectolítrico, aunque UEB-CAR tiene el valor más alto (75.30 kg/hl). Esta variable no es un factor diferenciador clave entre los tratamientos.

Según un estudio realizado por Guerrero (2017), menciona que para el Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH) en trigo duro, se registró un promedio de 3461.40 Kg/ha al 14 % de humedad, también nos da a conocer que el rendimiento de un cultivo es una propiedad que varía según la variedad y está influenciada por la interacción entre el genotipo y el ambiente. A pesar de las condiciones de sequía durante el ciclo de cultivo, se confirma la opinión de varios expertos en que el trigo duro posee una buena tolerancia a la falta de agua. Esto se evidencia en que su rendimiento supera al del trigo harinero, el cual requiere de más humedad para un rendimiento óptimo.

En el caso de la investigación realizada en Chaltura Imbabura se obtuvieron promedios bajos en rendimiento por hectárea en las líneas A-01 a la A-04, mientras que la que obtuvo mejores resultados y una mejor adaptación a la zona fue la línea UEB-CAR, la cual obtuvo un promedio de 2532.90 kg ha^{-1}, acercándose a los resultados mencionados. Se puede mencionar que estos bajos resultados se debieron a la influencia por la interacción entre el genotipo de las variedades con las condiciones del ambiente que se dieron en la zona de la experimentación, donde hubo sequias frecuentes, siendo este uno de los factores claves ya que el trigo duro necesita una gran cantidad de agua al momento de su crecimiento, otro de los factores a destacar son las enfermedades que se dieron en el cultivo haciendo que también baje su rendimiento.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las líneas promisorias de trigo duro (A-01, A-02, A-03, A-04) y la variedad mejorada UEB-CARNAVALERO mostraron comportamientos agronómicos diferenciados en términos de emergencia, días al espigamiento y altura de la planta. La línea A-02 destacó por su precocidad en el espigamiento, alcanzando esta etapa en un promedio de 64 días, mientras que la variedad UEB-CARNAVALERO mostró un comportamiento intermedio en términos de altura de planta, con un promedio de 84.33 cm. La línea A-01 presentó el menor porcentaje de emergencia, lo que sugiere una menor adaptabilidad a las condiciones de Chaltura en comparación con las demás líneas y la variedad.

En cuanto a la resistencia a enfermedades, las líneas A-02, A-03 y A-04 mostraron una mayor tolerancia a manchas foliares, con promedios de severidad del 2.13%, en comparación con la variedad UEB-CARNAVALERO, que presentó un 6.27% de severidad. Además, la línea A-04 destacó por su baja severidad a la roya amarilla (*Puccinia striiformis*), con un 0.67%, mientras que la variedad UEB-CARNAVALERO fue la más afectada por esta enfermedad, con un 2.38%. Sin embargo, la línea A-03 mostró una alta susceptibilidad al *Fusarium*, con un 35.33% de severidad, lo que sugiere que esta línea podría no ser adecuada para zonas con alta incidencia de este patógeno.

En términos de rendimiento, la variedad UEB-CARNAVALERO superó a las líneas promisorias, con un rendimiento promedio de 2532.90 kg/ha, mientras que las líneas A-01, A-02, A-03 y A-04 presentaron rendimientos promedio de 1184.97 kg/ha. A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso hectolítrico, la línea A-03 mostró el mejor resultado en esta variable, con 73.57 kg/hL, lo que sugiere una buena calidad de grano. Estos resultados indican que, aunque las líneas promisorias tienen características de resistencia a enfermedades, su rendimiento aún no alcanza los niveles de la variedad mejorada, lo que sugiere la necesidad de continuar con ciclos de evaluación y mejoramiento genético para mejorar su productividad.

5.2 RECOMENDACIONES

Valorar y evaluar líneas prometedoras en diferentes lugares: se recomienda hacer nuevos ciclos para evaluar las líneas de trigo continuas (A-01, A-02, A-03, A-04) en diferentes lugares del país, especialmente en áreas con condiciones agro climáticas, como chips, Imbabura. Esto confirmará su adaptabilidad, resistencia a las enfermedades y rendimiento en diferentes entornos e identificará potenciales mejoras de calidad de grano. Además, se propone incluir métodos de mejora genética, como una selección de marcadores moleculares para aumentar la resistencia patógena, como el fusarium y el roya amarillo, especialmente en la línea A-03, que mostró más sensibilidad.

Optimizar el control agronómico y fitosanitario: para mejorar el rendimiento y la calidad de las líneas prometedoras, es aconsejable introducir un control agronómico extenso, que incluye el uso de fertilizantes equilibrados, ajustados con análisis previo del suelo y un tratamiento de riego eficiente en etapas críticas como la germinación y el extremo. También se propone introducir estrategias fitosanitarias, como fungicidas específicos, rotación del suelo y control de malezas para reducir la enfermedad, como el roya amarillo (*Puccinia striiformis*) y los sitios de hoja, especialmente en la etapa de UEB-CARNAVALERO, lo que mostró un alto rendimiento.

Realizar estudios de calidad del grano y resiliencia climática: Dado que la línea A-03 presentó un peso hectolítrico destacado (73.57 kg/hL), se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar otras características de calidad del grano, como el contenido de proteína, la dureza del endospermo y su aptitud para la elaboración de sémolas y pastas. Además, se sugiere investigar el impacto del cambio climático en el rendimiento y la resistencia de las líneas promisorias, mediante la simulación de escenarios de estrés hídrico y térmico, con el fin de identificar genotipos más resilientes y adaptables a futuras condiciones climáticas adversas.

REFERENCIAS

Asaquibay, C. (2016). *Validación de seis líneas promisorias más dos testigos de trigo en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar*. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4194

Carmona, M., & Sautua, F. (2018). Epidemias de roya amarilla del trigo: nuevas razas en el mundo, monitoreo y decisión de uso de fungicidas. *Agronomía & Ambiente, 38*(1).

Espinoza, N. (2002). Avances de control de malezas en trigo. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32111/Boletin_INIA_83.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Figueroa, M., Hammond-Kosack, K. E., & Solomon, P. S. (2018). A review of wheat diseases—A field perspective. *Molecular Plant Pathology, 19*(6), 1043-1056. https://doi.org/10.1111/mpp.12618

Flores Pozo, J. M. (2014). *Rendimiento y calidad del trigo harinero (Triticum aestivum) y trigo duro (Triticum turgidum Var. Durum) Canaán 2750 msnm-Ayacucho*. https://repositorio.unsch.edu.pe/items/b31529aa-ba9e-462a-8dce-56ec6b85c450

Garófalo, J., Ponce, L., & Abad, S. (2011). *Guía del Cultivo de Trigo*. Boletín Divulgativo Nº 411, INIAP-Ecuador.

González Torres, R., González Segnana, L. R., Arias, O. R., & Ramírez, M. B. (2021). Áfidos vectores del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en cultivo de trigo en el Paraguay. *Investigación agraria, 23*(1), 28-31.

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

Guerrero Reyes, E. R. (2017). *Evaluación agronómica de cuatro líneas promisorias de Trigo Duro (Triticum turgidum L.) a la fertilización nitrogenada en la localidad de Laguacoto III, cantón, Guaranda, provincia Bolívar* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar. https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1751

Herrera-Foessel, S. A., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Rosewarne, G. M., Periyannan, S. K., Viccars, L., ... & Bhavani, S. (2014). *Lr67/Yr46* confers adult plant resistance to stem rust and powdery mildew in wheat. *Theoretical and Applied Genetics, 127*(4), 781-789. https://doi.org/10.1007/s00122-013-2256-9

INTA. (2009). *Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Resultados de investigación*. INTA E.E.A Manfredi. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpalmacenamiento_en_bolsas_plsticas.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2015). *Evaluación de variedades de trigo duro en condiciones andinas*. https://www.iniap.gob.ec

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2018). *Informe técnico sobre la adaptación de trigo duro en Ecuador*. https://www.iniap.gob.ec

International Grains Council. (2021). *Grain Market Report*. https://www.igc.int

Martínez, M. (2020). *Interacción de Fusarium en trigo y cebada bajo condiciones de temperatura actuales y proyectadas a futuro* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata.

Martínez-Moreno, F., & Solis, I. (2017). Evolución histórica de variedades de trigo duro en España. *Vida Rural*, 1-8.

Matus, I., & Vega, A. (2004). *Capítulo 1 Variedades*. En M. Mellado Z., *Boletín de Chillán*. Trama Impresores S.A.

Mendizábal, T. (2008). *Fisiología del cultivo de trigo y calidad del grano bajo diferentes regímenes de fertilación nitrogenada*.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Boletín Situacional Trigo*. https://fliphtml5.com/ijia/otmn

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Proyectos piloto para la producción de trigo duro en la Sierra norte*. https://www.agricultura.gob.ec

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo Agropecuario*. https://www.agricultura.gob.ec

Ochoa, J., Ponce, L., & Cathme Romero, M. B. (2012). *Evaluación de la resistencia a roya amarilla (Puccinia striiformis) y roya de la hoja (Puccinia triticina) en el germoplasma promisorio de trigo (Triticum aestivum L.) del INIAP*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1026

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. https://www.fao.org

Riofrio, A. F. (2022). *Evaluación de la respuesta de líneas de trigo frente a Puccinia striiformis f. sp. tritici durante el desarrollo vegetativo y fase de espigado, en la parroquia Licto, del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17420

Saltos, C. (2011). *Introducción y evaluación agronómica de seis cultivares y dos líneas promisorias de trigo (Triticum vulgare L), en tres localidades de la provincia Bolívar*. file:///C:/Users/HOME/OneDrive/Escritorio/TESIS/13T0712%20.pdf

Singh, R. P., Huerta-Espino, J., & William, H. M. (2016). Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40*(1), 39-50. https://doi.org/10.3906/tar-1505-82

Simón, M. R., & Fleitas, M. C. (2022). *Enfermedades de trigo*. Libros de Cátedra.

Sissons, M., Pleming, D., & Sissons, S. (2018). Durum wheat: Chemistry and technology. *Cereal Chemistry, 95*(4), 456-467. https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-18-0091-FI

SIPA. (2021). *Sistema de información pública agropecuaria. Cifras agroproductivas. Principales Cultivos 2021*. http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Soto, F., Plana, R., & Hernández, R. (2009). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero y triticale y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales, 30*, 32-36.

USDA. (2021). *United States Department of Agriculture. Index mundi - Mundial production of wheat*. https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=trigo&variable=produccion

Villacrés, E., Quelal, M. B., Garófalo, J., & Campaña Cruz, D. F. (2017). *Determinación de las características físicas y la tasa de extracción harinera, de 80 líneas promisorias de trigo*. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4872

Zorzano Osinalde, C. (2022). *Práctica profesional supervisada en el establecimiento agropecuario Lonco-Hue Cosecha y almacenamiento de trigo candeal*. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/6256/ZORZANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y