

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



TEMA:

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 18 VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DEL INIAP, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA

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

AUTOR:

Jorge David Pozo Chulde

DIRECTORA:

Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 18 VARIEDADES MEJORADAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DEL INIAP, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, 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:

Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTOR


FIRMA

Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MS.c.

MIEMBRO TRIBUNAL


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:	040191771-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pozo Chulde Jorge David		
DIRECCIÓN:	Cocha Seca, Sucumbíos, El Playón de San Francisco		
EMAIL:	jdpozoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0939071156

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) del INIAP, en la granja experimental "La Pradera", Chaltura-Imbabura
AUTOR (ES):	Pozo Chulde Jorge David
FECHA DE APROBACIÓN:	29/06/2022
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 manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de febrero de 2024.

EL AUTOR:

Jorge David Pozo Chulde

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pozo Chulde Jorge David, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de febrero de 2024.


Doris Chalampunte, PhD
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 05 días del mes de febrero del 2024.

Jorge David Pozo Chulde: Evaluación Agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en la graja experimental “La Pradera”, Chaltura-Imbabura

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de febrero del 2024, 82 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de 18 variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP en la granja “La Pradera”, Chaltura-Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Comparar las características agromorfológicas de 18 variedades mejoradas de trigo en la Granja Experimental La Pradera, evaluar severidad de plagas y enfermedades en las diferentes variedades de trigo, analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de las variedades en estudio.

Doris Chalampunte PhD.

Directora de Trabajo de Grado

Jorge David Pozo Chulde

Autor

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y brindarme siempre una oportunidad para aprender nuevas experiencias y conocimientos, por darme fortaleza en días difíciles que tenía que enfrentar, por las bendiciones y entre ellas por el haberme brindado una familia que me apoya todos los días para verme crecer.

A mis queridos padres Nelson Pozo y Elisa Chulde que con mucho esfuerzo, trabajo y dedicación me apoyaron siempre para formarme como profesional, es un honor ser su hijo.

A mi hermana Karen Pozo que siempre me ha dado su apoyo incondicional para llegar al éxito en mi formación académica, por brindarme su cariño y apoyo cuando más lo necesité.

A mi pareja Marcela Montalvo por no soltar mi mano en todo este camino y me ha ayudado a levantarme en cada caída.

A mis docentes que fueron parte de mi formación académica, teniendo paciencia para enseñar cosas que me servirán en mis futuros trabajos y emprendimientos que se vengan. De manera especial a la Ing. Doris Chalampunte, PhD., por ser la mentora y ser una líder para mí al transmitirme todas sus enseñanzas para culminar esta investigación. De igual manera, a mi docente y asesor MVZ. Xavier Bonifaz, MSc., por el buen ejemplo y valores que me ha enseñado para ser un excelente profesional.

Al Ing. Luis Ponce PhD., y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] por las facilidades entregadas para realizar esta investigación.

A mis amigos y futuros colegas que siempre me apoyaron en cada momento de mi formación profesional.

Con mucho cariño

Jorge David Pozo Chulde

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis	4
1.5.1 Hipótesis nula (Ho).....	4
1.5.2 Hipótesis alternativa (Ha)	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Origen e importancia del trigo	5
2.1.1 Descripción taxonómica y botánica	6
2.1.2 Morfología	6
2.1.3 Requerimientos edafoclimáticos	7
2.1.4 Etapas fenológicas	7
2.2 Requerimientos del cultivo de trigo	9
2.2.1 Suelo requerido para el cultivo	9
2.2.2 Temperatura ideal para el trigo	10
2.2.3 Necesidades de Agua	10

2.2.4 Fertilización ideal para el cultivo de trigo	10
2.3 Estrategias para el manejo del cultivo de trigo	11
2.3.1 Control de malezas.....	11
2.3.2 Cosecha y almacenamiento.....	12
2.4 Enfermedades de importancia del trigo	13
2.4.1 Roya de la hoja.....	13
2.4.2 Roya del tallo	14
2.4.3 Roya amarilla.....	15
2.4.4 Fusarium de la espiga.....	16
2.5 Parámetros de calidad.....	17
2.6 Variedades mejoradas de trigo en el Ecuador.....	18
CAPITULO III.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Caracterización del área de estudio.....	20
3.1.1 Ubicación geográfica	20
3.1.2 Características climáticas.....	21
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas	21
3.3 Métodos.....	22
3.3.1 Factor en estudio	22
3.3.2 Diseño experimental	22
3.3.3 Características del experimento	23
3.3.4 Características de la unidad experimental.....	23
3.3.5 Análisis estadístico.....	24
3.4 Variables de estudio.....	24
3.4.1 Vigor de la planta.....	24

3.4.2 Hábito de crecimiento o porte.....	25
3.4.3 Días al espigamiento.....	26
3.4.4 Altura de la planta.....	27
3.4.5 Tipo de paja.....	28
3.4.6 Tamaño de la espiga.....	29
3.4.7 Número de granos por espiga.....	29
3.4.8 Rendimiento.....	30
3.4.9 Peso hectolitro.....	31
3.4.10 Peso de mil granos.....	31
3.4.11 Tipo y color de grano.....	32
3.4.12 Reacción a enfermedades.....	32
3.5 Manejo específico del cultivo.....	35
3.5.1 Selección del lote.....	35
3.5.2 Preparación del suelo.....	35
3.5.3 Siembra.....	36
3.5.4 Fertilización.....	37
3.5.5 Control de malezas.....	37
3.5.6 Controles fitosanitarios.....	38
3.5.7 Cosecha.....	39
3.5.8 Trilla.....	39
3.5.9 Secado de la semilla.....	40
CAPÍTULO IV.....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Vigor de la planta.....	41
4.2 Hábito de crecimiento.....	42

4.3 Tipo de paja.....	44
4.4 Tipo y color de grano.....	45
4.4.1 Tipo de grano.....	45
4.5 Color de grano.....	47
4.6 Días al espigamiento.....	48
4.7 Altura la planta.....	49
4.8 Tamaño de la espiga.....	50
4.9 Número de granos por espiga.....	51
4.10 Reacción a enfermedades.....	52
4.10.1 Virus del enanismo amarillo.....	52
4.10.2 Roya de la hoja.....	53
4.11 Rendimiento de grano.....	55
4.12 Peso hectolítrico.....	55
4.13 Peso de mil granos.....	56
CAPÍTULO V.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
5.1 Conclusiones.....	58
5.2 Recomendaciones.....	59
CAPITULO VI.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Valores de referencia de características químicas ideales de un suelo para el cultivo de trigo</i>	9
Tabla 2 <i>Recomendaciones de fertilización para trigo</i>	11

Tabla 3 <i>Parámetros de calidad de trigo nacional requeridos por la industria molinera nacional</i>	17
Tabla 4 <i>Caracterización geográfica del área de estudio</i>	21
Tabla 5 <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas</i>	21
Tabla 6 <i>Variedades de trigo mejorada a evaluar</i>	22
Tabla 7 <i>Medias de la unidad experimental y parcela neta</i>	24
Tabla 8 <i>Análisis de varianza del experimento</i>	24
Tabla 9 <i>Escala de evaluación de vigor de la planta en trigo</i>	25
Tabla 10 <i>Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales</i>	26
Tabla 11 <i>Escala de evaluación de tipo de paja en cereales</i>	28
Tabla 12 <i>Escala de evaluación para tipo de grano en trigo</i>	32
Tabla 13 <i>Escala para determinar el daño por BDYV</i>	34
Tabla 14 <i>Análisis de la tabla de contingencia para la variable evaluada vigor de la planta</i>	41
Tabla 15 <i>Análisis de la tabla de contingencia para la variable evaluada hábito de crecimiento</i>	43
Tabla 16 <i>Tabla de frecuencias relativas por columnas para la variable tipo de paja</i>	44
Tabla 17 <i>Análisis de la tabla de contingencia para la variable tipo de grano</i>	46
Tabla 18 <i>Análisis de la tabla de contingencia para la variable color de grano</i>	47
Tabla 19 <i>Análisis de la tabla de contingencia para la variable virus del enanismo amarillo</i>	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Etapas Fenológicas del cultivo de trigo</i>	8
Figura 2 <i>Eliminación de arvenses</i>	12
Figura 3 <i>Cosecha y almacenamiento de trigo</i>	12

Figura 4 <i>Infecciones primarias de la roya de la hoja</i>	13
Figura 5 <i>Infección primaria de la roya del tallo</i>	14
Figura 6 <i>Infecciones por la roya amarilla</i>	15
Figura 7 <i>Fusarium de la espiga</i>	16
Figura 8 <i>Área designada en la granja Experimental la Pradera para el desarrollo de la investigación</i>	20
Figura 9 <i>Diseño experimental del área de estudio</i>	23
Figura 10 <i>Etapa de desarrollo para evaluar el vigor de la planta</i>	25
Figura 11 <i>Escala para evaluar el hábito de crecimiento en las plantas de cereales</i>	26
Figura 12 <i>La estimación del parámetro de espigamiento</i>	27
Figura 13 <i>Toma de datos de diferentes variedades de altura de la planta</i>	27
Figura 14 <i>Toma de datos del tipo de paja</i>	28
Figura 15 <i>Medición del parámetro tamaño de la espiga</i>	29
Figura 16 <i>Conteo de granos de forma manual</i>	30
Figura 17 <i>Limpieza del grano para su posterior pesaje</i>	30
Figura 18 <i>Pesando el grano para saber su calidad</i>	31
Figura 19 <i>Colocando 1 000 granos de las 18 variedades de trigo para ver su peso</i>	31
Figura 20 <i>Porcentajes de severidad de Puccinia hordei</i>	33
Figura 21 <i>Parcelas de trigo afectadas por el BYDV</i>	34
Figura 22 <i>Determinación del terreno, limpieza y desinfección</i>	35
Figura 23 <i>Preparación del suelo y división de las parcelas para proceder a sembrar las 18 variedades de trigo</i>	36
Figura 24 <i>Entrega de semillas por parte de INIAP, correctamente desinfectadas</i>	36
Figura 25 <i>Fertilización con urea al cultivo de trigo</i>	37
Figura 26 <i>Control de malezas en el trigo</i>	38

Figura 27 <i>Controles fitosanitarios en el trigo</i>	38
Figura 28 <i>Fundas marcadas con la variedad y el bloque</i>	39
Figura 29 <i>Proceso de trillado del trigo</i>	39
Figura 30 <i>Proceso de secado del trigo</i>	40
Figura 31 <i>Evaluación del vigor de la planta en 18 variedades mejoradas de trigo</i>	42
Figura 32 <i>Evaluación de crecimiento o porte de la planta en variedades de trigo</i>	43
Figura 33 <i>Evaluación de tipo de paja en trigo</i>	45
Figura 34 <i>Evaluación de tipo de grano de trigo</i>	46
Figura 35 <i>Color de grano encontrado en variedades de trigo del Ecuador</i>	47
Figura 36 <i>Días al espigamiento de las 18 variedades mejoradas de trigo</i>	48
Figura 37 <i>Altura presente en las 18 variedades mejoradas de trigo</i>	49
Figura 38 <i>Tamaño de la espiga</i>	50
Figura 39 <i>Número de granos por espiga en trigo</i>	51
Figura 40 <i>Escala de grado de daño de BYDV</i>	53
Figura 41 <i>Porcentaje de severidad de la roya de la hoja</i>	54
Figura 42 <i>Variable evaluada rendimiento</i>	55
Figura 43 <i>Variable evaluada peso hectolítrico</i>	56
Figura 44 <i>Peso de mil granos de trigo</i>	57

TÍTULO: “Evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura”

Pozo Jorge¹; Chalampunte Doris¹ PhD; Bonifaz Xavier¹ MSc; Prado Julia¹
Garofalo Xavier² PhD.

Universidad Técnica del Norte¹

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias²

jdpozoc@utn.edu.ec

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es considerado uno de los cereales de mayor producción mundial, debido a su capacidad de fuente de almidón y energía beneficiosa para la contribución de dietas de los humanos y el ganado. En Ecuador se requiere de importaciones para suplir la demanda de este producto, debido a la baja producción a nivel nacional a causa de la falta de materiales genéticos sobresalientes. El objetivo fue evaluar agro morfológicamente 18 variedades mejoradas de trigo, bajo las condiciones ambientales de San José de Chaltura, se planteó un diseño en bloques completos al azar, en un área total de 170 m² con tres repeticiones, en total 18 unidades experimentales con parcelas de 1 x 1.2 m. Los resultados obtenidos tras el análisis estadístico permitieron determinar que la variedad INIAP-Romero 73 mostró excelentes factores agro-morfológicos con parámetros de días al espigamiento (56 días) y altura (112.92 cm). Para los parámetros de rendimiento y calidad de grano, la variedad que mejor se adaptó a esas condiciones es INIAP-Imbabura 2014, con peso hectolítrico 79 kg/hl y rendimiento 5,6 Tn/ha⁻¹. Los resultados para enfermedades mostraron que la variedad INIAP-Imbabura 2014 fue la más resistente a la roya de la hoja (*Puccinia tritici*) con un 26% de severidad. De las 18 variedades evaluadas durante la investigación, las variedades INIAP-Romero 73 e INIAP-Imbabura 2014 resaltaron de manera óptima, gracias a las condiciones agroclimáticas del área de estudio.

Palabras claves: Trigo, comportamiento agronómico, morfológico, peso hectolitro.

TITLE: “Agronomic evaluation of 18 improved varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) from INIAP, at the La Pradera Experimental Farm, Chaltura-Imbabura”

Pozo Jorge¹; Chalampunte Doris¹ PhD; Bonifaz Xavier¹ MSc; Prado Julia¹
Garofalo Xavier² PhD.

Universidad Técnica del Norte¹

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias²

jdpozoc@utn.edu.ec

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is considered one of the most produced cereals in the world, due to its capacity as a source of starch and beneficial energy to contribute to the diets of humans and livestock. In Ecuador, imports are required to meet the demand for this product, due to low production at the national level due to the lack of outstanding genetic materials. The objective was to evaluate 18 improved varieties of wheat agromorphologically, under the environmental conditions of San José de Chaltura, a design in complete random blocks was proposed, in a total area of 170 m² with three repetitions, in total 18 experimental units with plots. 1 x 1.2 m. The results obtained after the statistical analysis allowed us to determine that the INIAP-Romero 73 variety showed excellent agromorphological factors with parameters of days to heading (56 days) and height (112.92 cm). For the parameters of yield and grain quality, the variety that best adapted to these conditions is INIAP-Imbabura 2014, with hectoliter weight 79 kg/hl and yield 5.6 Tn/ha-1. The results for diseases showed that the INIAP-Imbabura 2014 variety was the most resistant to leaf rust (*Puccinia tritici*) with 26% severity. Of the 18 varieties evaluated during the research, the INIAP-Romero 73 and INIAP-Imbabura 2014 varieties stood out optimally, thanks to the agroclimatic conditions of the study area.

Keywords: Wheat, agronomic, morphological behavior, hectoliter weight.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El trigo (*Triticum aestivum* L.) ocupa los primeros lugares entre los cereales de mayor producción en el mundo con 650 millones de toneladas anualmente, siendo una fuente importante de almidón y energía beneficiosa para la contribución a las dietas de los humanos y animales (Shewry y Hey, 2015). Además, es un cultivo importante en Ecuador, ya que constituye parte de la canasta básica (Ponce et al., 2022).

Se le considera al trigo en grano un producto estratégico en la economía del país, debido a que es un alimento de enorme demanda gracias a su alto contenido nutricional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Por tal motivo, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador crea el proyecto, “Plan de recuperación y fomento del cultivo de trigo en Ecuador, mediante el desarrollo y producción de semillas, con énfasis en difusión de variedades mejoradas, transferencia de tecnología y capacitación”; con motivo de evitar la importación de trigo al país y poner a disposición herramientas para mejorar la producción de trigo, obteniendo un buen grano para la industria nacional (Garófalo et al., 2011).

La producción de trigo y cebada en Ecuador está experimentando un resurgimiento, gracias al interés de las industrias alimentarias de harina y cerveza (Benalcázar, 2021). De esta manera los productores de trigo pueden aumentar su producción para reducir la dependencia de las importaciones y satisfacer parcialmente la demanda interna siendo una alternativa sostenible para enfrentar la escases del trigo (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2019).

Considerando las ventajas climáticas del país, la producción de trigo en el Ecuador se distribuye a lo largo del callejón interandino, en zonas que van de 2 000 a 3 200 m s.n.m. (INIAP, 2005). Aun así, las provincias de Carchi, Bolívar y Pichincha representan el 90% de producción nacional con un rendimiento promedio de 2.6 Tn/ha⁻¹, siendo responsables de abastecer la demanda de trigo en Ecuador (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2021).

Para que el grano del trigo sea comercializado y valorado, se realiza pruebas de contenido de humedad, densidad, dureza y de contaminación, dando como resultado una mejor presentación del grano (Barrios, 2015). Es así como, el INIAP con la presentación del manual de “Parametros de evaluación y selección de cereales” contribuye a la selección de este material, garantizando la capacidad para soportar el manejo al que sea sometido (Ponce et al., 2019).

El INIAP para impulsar la producción de trigo en Ecuador, ha puesto a disposición de los agricultores distintas variedades mejoradas durante algunos años (Coronel et al., 2010). La variedad de trigo mas reciente desarrollada por la entidad es INIAP-Imbabura 2014, que a presentado en diferentes zonas de la sierra ecuatoriana rendimientos de 4 Tm/ha⁻¹ y una resistencia parcial a enfermedades como: roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp.*), y fusarium de la espiga, donde con la ayuda del manual de cereales estas características son valoradas como excelentes (Falconi et al., 2014).

En el país se destacan dos de las últimas variedades de trigo desarrolladas por el INIAP por su alto rendimiento, resistencia a diferentes zonas climáticas, inmunidad parcial a enfermedades y plagas. Es así como, las variedades INIAP-San Jacinto 2010 y INIAP-Vivar 2010 introducidas al Ecuador en los años 1998 y 2003 respectivamente, se adaptan a zonas de producción de 2 000 a 3 000 m s.n.m. (Jiménez et al., 2020). Además, disponen de un rendimiento de 5.6 Tn/ha⁻¹ y 4.0 Tn/ha⁻¹; y muestran resistencia a principales enfermedades de trigo (Coronel et al., 2010). Sin embargo, es necesario seguir evaluando el comportamiento de las variedades mejoradas de trigo, sometidas a diversos ambientes en una región de potencial adaptación; para ello, se considera el rendimiento, resistencia a enfermedades y valor agronómico (Ma et al., 1997).

1.2 Problema

El Ecuador afronta una preocupante dependencia de las importaciones de trigo (Ludeña, 2023). Es así como, la producción nacional apenas cubre el 2% del consumo interno, lo que significa que el país debe importar el 98% restante para satisfacer la demanda (Flores, 2013). Esta dependencia, que se ha mantenido por más de 30 años, tiene repercusiones económicas, sociales y de seguridad alimentaria (ESPAC, 2021). Además, existen diversos factores

abióticos, como las condiciones climáticas y la calidad del suelo, que actúan como limitantes para el desarrollo del cultivo y contribuyen a este déficit histórico (Howard y Gómez, 2001).

El trigo con el tiempo pierde resistencia ante nuevos patógenos y se ha estimado que las pérdidas en el rendimiento de grano pueden ser de hasta 80% en variedades susceptibles (Martín, 1990). La debilitación de la planta por la acción de estos patógenos produce un grano con deficiencias nutricionales, lo que conlleva una disminución significativa del peso hectolítrico, un factor clave que determina la cantidad y calidad de la harina que se puede obtener. (Rodríguez et al., 2022).

El trigo se ha vuelto más vulnerable a las enfermedades debido a que existen aún propagaciones de variedades susceptibles y el uso de semillas infectadas sin aplicación de agroquímicos (Schierenbeck, 2019). Además, enfermedades como la roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp.*) ha sufrido variaciones y se ha vuelto más resistente a las condiciones cálidas, lo que le ha permitido extenderse a zonas donde antes no era común (Simón y Fleitas, 2022). Esta enfermedad ha tenido importancia creciente en los últimos años siendo responsable de pérdidas del 10 a 28% en los rendimientos, al mismo tiempo está provocando que agricultores siembren otros cultivos más rentables o que ofrezcan una menor exposición al riesgo (Lavilla, 2021).

1.3 Justificación

La crisis económica del trigo en Ecuador ha llevado a acciones para recuperar la producción de este cultivo, por ello, instituciones públicas como MAG e INIAP están trabajando para incentivar a los agricultores ecuatorianos a sembrar variedades mejoradas de trigo (Holguín y Allan, 2017).

Los trabajos de investigación han permitido liberar variedades por el INIAP que han sido factor importante para el crecimiento del área sembrada y de la productividad en las áreas temporales del país. Además, el trigo se destaca por atributos como el ciclo corto, el porte de la planta, su mayor adaptabilidad y la tolerancia a la sequía. Sin embargo, es necesario seguir con el mejoramiento genético año tras año (INIAP, 2005).

El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) evalúa anualmente más de 2 000 nuevos materiales mejorados de trigo, en búsqueda de germoplasma adaptado a las principales zonas productoras del país, con características deseables de

productividad (Ponce et al., 2022). Las variedades de trigo mejoradas se han desarrollado mediante métodos de investigación tradicionales y participativos, lo que ha permitido a los productores diversificar sus cultivos y contribuir al desarrollo agrícola (INIAP, 2005).

En este contexto en el que el trigo es un cultivo importante para la seguridad alimentaria en el Ecuador, se realizó este trabajo para aumentar la producción de semillas de variedades mejoradas de trigo, y presentar buenas características como resistencia a las principales enfermedades y buena calidad molinera. Siendo así, el objetivo de esta investigación es evaluar experimentos para identificar las variedades de trigo actualmente más adecuadas para la siembra y las líneas que tienen potencial para convertirse en nuevas variedades.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de 18 variedades mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar las características agro-morfológicas de 18 variedades mejoradas de trigo en la Granja Experimental La Pradera.
- Evaluar la severidad de plagas y enfermedades en las diferentes variedades de trigo.
- Analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de las variedades en estudio.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula (H₀)

De las 18 variedades mejoradas de trigo ninguna logra presentar un desarrollo y producción significativa.

1.5.2 Hipótesis alternativa (H_a)

Al menos una de las diferentes variedades mejoradas de trigo ha logrado desarrollarse y presentar una producción representativa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen e importancia del trigo

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas no perennes que produce una espiga terminal y puede ser silvestre o cultivada, ahora bien, su origen viene de la civilización mesopotámica quienes descubrieron la fermentación del trigo y lo utilizaron en la elaboración de alimentos (Estrada, 2023). Del mismo modo, hace unos 8 000 años el trigo silvestre experimentó cambios genéticos que dieron lugar a una nueva especie de planta con un genoma más complejo (Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2001).

Desde la antigüedad el trigo ha sido muy importante en la alimentación de los humanos y animales. Si bien es cierto, esta importancia se ha mantenido hasta el presente constituyendo uno de los cultivos de mayor producción representando un tercio de la producción mundial de cereales (Manangón, 2014). A medida que los agricultores continuaron su travesía hacia los tiempos modernos, desarrollaron nuevos hábitos como: cocer, fermentar y alimentar con el trigo al ganado (Martínez, 2007). Es así como estas nuevas habilidades posibilitan plantar excelentes cultivos en parcelas para buenas cosechas, lo que guía a la aceleración de un crecimiento de la población en diversas regiones del mundo (Louis Dreyfus Company [LDC], 2018).

Desde la antigüedad el trigo ha sido considerado un alimento básico para el ser humano y la humanidad ha aprovechado seguramente el fruto de las gramíneas durante más de diez mil años (Ponce et al., 2019). Los cereales son parte importante de la canasta básica y la dieta diaria de las personas en el Ecuador. Sin embargo, se está creando una dependencia considerable y preocupante de las importaciones de estos productos (Coba, 2023).

El trigo es muy importante debido a que es un alimento de enorme demanda, con una producción en el año 2020 de 761 millones de toneladas (1.7 billones de libras), lo que lo convierte en el segundo cereal más producido después del maíz (Bonilla et al., 2003). La demanda mundial de trigo está aumentando debido a las propiedades viscoelásticas y adhesivas únicas de las proteínas de gluten, que facilitan la producción de los alimentos procesados, cuyo consumo está aumentando como resultado de industrialización mundial y la occidentalización de la dieta (Shewry y Hey, 2015).

2.1.1 Descripción taxonómica y botánica

El trigo se considera una planta gramínea monocotiledónea que tiene características esenciales. Además, tiene diversas variedades que ayudan al momento de sembrar tomando en cuenta las condiciones climáticas (Morales y Rodrigo, 2015). Según Box (2005) las principales características taxonómicas de trigo son las siguientes.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Tribu: *Triticeae*

Género: *Triticum*

Especie: *Triticum aestivum*

2.1.2 Morfología

Basado en los autores Mendizábal (2008), Ponce et al. (2022) y Soto et al. (2006) se indican las etapas fenológicas del cultivo de trigo.

- **Raíz:** Esta parte de la planta nace en la germinación de la semilla dentro del suelo. Además, es importante mencionar que las raíces del trigo son fasciculadas y llegan a medir alrededor de un metro, aunque el 50 % de la raíz está ubicada en los primeros 25 cm del suelo.
- **Tallo:** El trigo posee un tallo hueco y herbáceo, poco ramificado. Tiene una longitud de entre 60 y 120 cm, y normalmente tiene 6 nudos. La longitud del tallo puede variar según la variedad de trigo cultivada.
- **Hojas:** Las hojas del trigo son largas, estrechas y puntiagudas. Tienen una longitud de entre 15 y 25 cm, y suelen ser de 4 a 6 por planta. Cada hoja nace de un nudo del tallo y está formada por dos partes: la vaina y el limbo. La vaina envuelve el tallo, y el limbo es la parte plana y verde de la hoja. Entre la vaina y el limbo se encuentra el cuello, que está flaqueado por dos prolongaciones llamadas aurículas.

- **Inflorescencia:** La espiga del trigo es la parte terminal del tallo, y está envuelta en la última hoja. Está formada por un conjunto de espiguillas, que se encuentran dispuestas a ambos lados de un raquis. El número de espiguillas por espiga varía de 15 a 25.
- **Flores:** La flor del trigo está formada por tres estambres y dos estigmas; que son los órganos reproductores masculinos y femeninos, respectivamente. En la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes llamadas lodículas, que están protegidas por dos brácteas llamadas glumas.
- **Grano:** El grano de trigo tiene una forma ovalada y una ranura en la parte ventral. Está cubierto por una capa externa llamada pericarpio. La mayor parte del grano está formada por el endospermo, que contiene las sustancias de reserva, como el almidón. El endospermo es la masa principal del grano.

2.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

De acuerdo con Ruiz et al. (2013) los requerimientos edafológicos del cultivo de trigo en el Ecuador son:

- Altitud: 2 000 a 3 200 m s.n.m.
- Temperatura: 14 a 22 °C
- Precipitación: 600 a 700 mm
- Suelo: Franco arcillosos y francos arenosos
- pH: 6.5 a 7.5

2.1.4 Etapas fenológicas

Según Rawson y Gómez (2001) señalan que el cultivo del trigo atraviesa por diferentes etapas fenológicas, además, la planta está afectada por su genética y condiciones climáticas. Por lo tanto, dos plantas del mismo genotipo, sembradas en lugares diferentes, tienen distintas etapas de desarrollo en el mismo periodo de tiempo. Por este motivo, es importante utilizar escalas fenológicas, que permiten clasificar el desarrollo de las plantas en etapas específicas, independientemente de las condiciones climáticas (Hernández et al., 2010). Es así como se presenta las diferentes etapas fenológicas del cultivo de trigo en la Figura 1.

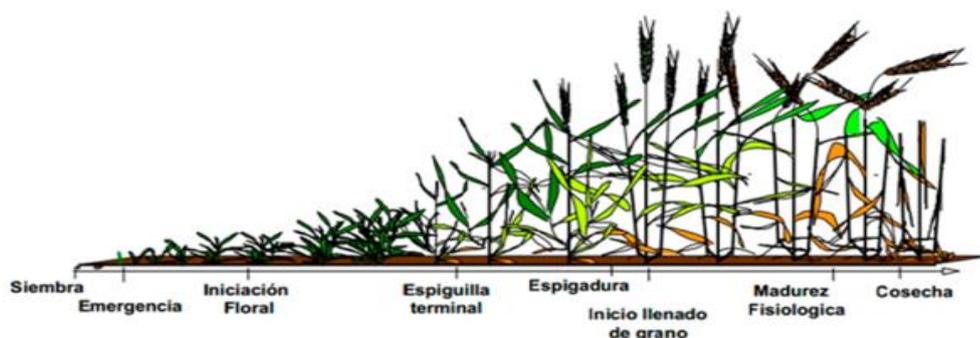
- **Germinación:** El periodo de germinación y arraigo del trigo comienza cuando la semilla se introduce en el suelo. En este proceso, la semilla absorbe humedad y se

hincha, lo que provoca que las raíces seminales comiencen a crecer a través de los costados de la semilla. Este periodo es importante para las próximas cosechas de trigo, ya que el grano necesita humedad y una temperatura adecuada para germinar y crecer de forma saludable (Duque, 1994).

- **Ahijamiento:** Después de la germinación, el trigo comienza a crecer y el tallo principal crece hacia arriba ramificándose en tallos secundarios. En cada nudo del tallo, se desarrolla una yema que da lugar a una hoja (Ezpeleta, 2017).
- **Encañado:** En esta etapa del cultivo de trigo, la espiga se desarrolla en la parte superior del tallo. A medida que aumenta la temperatura, los nudos del tallo dejan de emitir hijos y comienzan a alargarse los entrenudos. Por lo tanto, el encañado, que es el alargamiento de los entrenudos, determina el crecimiento del tallo (Merchán et al., 2007).
- **Espigado:** En esta etapa, el tallo del trigo ha alcanzado su pleno desarrollo y comienza a producir espigas. Las espigas se desarrollan en la última hoja del tallo y están formadas por un eje llamado raquis, en el que se insertan las espiguillas. Esta etapa es de máxima actividad fisiológica para la planta, ya que necesita transpirar, extraer humedad y alimentos del suelo para producir granos (Duque, 1994).
- **Maduración:** La maduración del trigo comienza cuando el grano alcanza el 3% de humedad. En esta etapa, las hojas inferiores de la planta se secan, mientras que el resto de la planta permanece verde. A continuación, se produce una maduración pastosa, en la que los nudos de la planta se vuelven verde (Ezpeleta, 2017).

Figura 1

Etapas Fenológicas del cultivo de trigo



Fuente: Martínez (2019).

2.2 Requerimientos del cultivo de trigo

Para lograr un cultivo sano y de calidad es necesario manejar las variables de iluminación, humedad y temperatura (Parent, 2023). Además, se debe llevar registros genéticos, fecha de siembra, densidad de siembra, riego, fertilizantes, enfermedades y plagas, para tener un excelente rendimiento y calidad de grano (Camargo et al., 1987).

2.2.1 Suelo requerido para el cultivo

Para un excelente desarrollo del trigo se necesita de características como: suelos bien drenados, profundas texturas medias y propiedades químicas que permitan adaptarse las cuales se indican en la Tabla 1 a modo de referencia (Campillo, 2004).

Tabla 1

Valores de referencia de características químicas ideales de un suelo para el cultivo de trigo

Variable analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado
Materia orgánica	%	Mayor a 1.5
pH (al agua)1:2.5	5.5 – 7.5
Nitrógeno	mg/kg o ppm	Mayor a 20
Fosforo disponible (Olsen)	mg/kg o ppm	Mayor 15
Potasio intercambiable	Cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0.3-0.8
Calcio	Cmol(+)/kg o meq/100 gramos	De 3 – 12
Magnesio	Cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0.7-3.0
Sodio intercambiable	Cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0.03 – 0.1
Suma de bases	Cmol(+)/kg o meq/100 gramos	Mayor a 5
Saturación de bases	%	60-80
Saturación de Aluminio	%	Menor a 5
Hierro	mg/kg o ppm	De 2 – 4
Manganeso	mg/kg o ppm	De 1 – 2
Zinc	mg/kg o ppm	De 1 – 2
Cobre	mg/kg o ppm	De 0.5 – 1
Boro	mg/kg o ppm	De 1 – 2

Fuente: Campillo (2004).

Es fundamental sembrar el trigo en tierras profundas para que exista un espacioso aumento del sistema radicular. Aun así, existen tierras arcillosas que dificultan la siembra por su limitada permeabilidad, también, conservan demasiada humedad en tiempos de mucha lluvia; por otra parte, las tierras arenosas necesitan de mayor humedad porque no tienen la

capacidad de retener el agua (Rawson y Gómez, 2001). Por lo tanto, las tierras son buenas en seco donde tengan la capacidad de retener el agua, pero a su vez carezcan de un buen drenaje. Además, se debe tomar en cuenta que se necesita un pH del suelo de 5.4 a 7.0 siendo óptimo para el cultivo de trigo a pesar de que tolera un pH alto (Guerrero, 1999).

Para el manejo del suelo existen sistemas de labranza que ayuden a conservar la humedad del suelo o dejando los residuos para que ayude como un abono orgánico (Garro, 2014). Además, para establecer el cultivo de trigo se necesita realizar una labranza que ayude a ablandar el suelo y evitando la erosión de el mismo (Mellado y Mario, 2004).

2.2.2 Temperatura ideal para el trigo

Existe un factor de gran importancia como es la temperatura que aumenta o disminuye el desarrollo del trigo mediante sus fases, afectando así en todas las etapas fenológicas del cultivo (Ponce et al., 2019). Además, es esencial alcanzar una temperatura denominada integral térmica, que es la consecuencia de la acumulación de grados-día. El cultivo de trigo necesita temperaturas entre 10 y 24 °C para tener un buen crecimiento y desarrollo, supliendo así su ciclo biológico (Soto et al., 2006).

2.2.3 Necesidades de Agua

El cultivo de trigo necesita de 300 a 400 mm anuales para suplir la demanda de agua que necesita la planta y que la distribución del agua sea adecuada, aun así, existen cultivos de trigo que se encuentran sembrados en distintas regiones donde necesitan más de 2 000 mm anuales. Además, la floración es una de las etapas fenológicas de mayor necesidad de agua (Fleitas et al., 2020).

2.2.4 Fertilización ideal para el cultivo de trigo

Se necesita realizar un análisis de suelo que nos identifique la cantidad requerida para realizar la fertilización en el cultivo, aun así, existen recomendaciones impartidas por el INIAP que podrían ayudar al agricultor a tener un buen rendimiento en trigo que se indica en la Tabla 2 (Ponce et al., 2022).

Tabla 2*Recomendaciones de fertilización para trigo*

Análisis de Suelo	N (kg/ha)	P₂O₅ (kg/ha)	K₂O (kg/ha)	S (kg/ha)
Bajo	80-90	60-90	40-60	20-30
Medio	60-80	40-60	30-40	10-20
Alto	20-60	0-40	20-30	0-10

Fuente: Ochoa et al. (2009).

Es importante recordar que cuando el suelo está seco, no se debe aplicar la urea ni otros fertilizantes nitrogenados, ya que los nutrientes aplicados a la plantas se pierden por evaporación y no son aprovechados (Ochoa et al., 2009). Además, existe la opción de la fertilización orgánica considerada como una alternativa que aumenta la fertilidad en el suelo y ayuda a su composición, es así que, la cantidad que recomienda el INIAP es de 40 a 60 sacos de 50 kg en una hectárea (Garófalo et al., 2011).

2.3 Estrategias para el manejo del cultivo de trigo

El trigo es un cereal de gran importancia estratégica, ya que es un alimento básico en todo el mundo y contribuye a la nutrición humana. Además, es un recurso importante en la dieta de los animales. Por lo tanto, es necesario un manejo adecuado del cultivo para obtener buenos rendimientos (Ponce et al., 2022).

2.3.1 Control de malezas

En todas las etapas del cultivo de trigo, las malezas compiten con la planta para los recursos necesarios para su desarrollo, como agua, aire, luz y nutrientes. Esto puede retrasar el crecimiento de la planta y reducir su rendimiento. Además, las malezas pueden ser huéspedes de plagas y enfermedades, que pueden dañar aún más al cultivo (Patiño, 1963).

Para garantizar el éxito del cultivo de trigo, es importante mantenerlo libre de malezas. Para ello, se debe realizar un buen manejo del terreno, que incluye prácticas como la rotación de cultivos y la eliminación de malezas como se muestra en la Figura 2. Los agricultores utilizan azadones para eliminar las malezas y favorecer la aireación del suelo (Ochoa et al., 2009).

Figura 2

Eliminación de arvenses



2.3.2 Cosecha y almacenamiento

La cosecha de trigo se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su madurez. Esto se puede determinar observando el grano, que debe estar cristalino. La madurez del trigo suele ocurrir entre 170 y 180 días después de la siembra (Ponce et al., 2022). La cosecha del trigo se realiza de forma manual y cortando las plantas con una hoz, después las plantas cosechadas se agrupan y se lleva a la trilladora (Figura 3). La trilladora separa los granos de la paja y del proceso de trillado, los granos se secan para eliminar la humedad; además, los granos secos se almacenan en sacos. El INIAP recomienda que los sacos no deben tener contacto directo con el suelo para evitar que absorban humedad (Ponce et al., 2019).

Figura 3

Cosecha y almacenamiento de trigo



2.4 Enfermedades de importancia del trigo

Las enfermedades importantes que se encuentran en el Ecuador son: la Roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*), Roya del tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*), Fusarium de la espiga (*Fusarium spp*) y Roya de la hoja (*Puccinia triticina*); que están afectando al diversos cereales y disminuyendo la producción y calidad de grano (Garófalo et al., 2011).

2.4.1 Roya de la hoja

Según Christensen et al. (1977) nos indican las principales características de esta enfermedad que afecta al cultivo de trigo (Figura 4).

- **Síntomas:** Las zonas de la planta de trigo que son más susceptibles a la infección por hongos son las hojas y las vainas, principalmente en el anverso, además, los hongos también pueden infectar el cuello y las aristas.
- **Desarrollo:** La infección inicial de la roya amarilla es leve, además, las esporas del hongo llamadas uredosporas son transportadas por el viento y pueden llegar a grandes distancias. La roya amarilla del trigo progresa rápidamente en condiciones de humedad y temperaturas cálidas, también, si las condiciones son buenas pueden producirse de 10 a 14 días.
- **Importancia:** Las infecciones tempranas graves de la roya amarilla del trigo pueden provocar una reducción significativa del rendimiento del cultivo, además, esto se debe principalmente a la reducción del número de granos por espiga y calidad de granos.

Figura 4

Infecciones primarias de la roya de la hoja



Fuente: Christensen et al. (1977).

2.4.2 Roya del tallo

García et al. (2018) mencionan las diferentes características de la roya del tallo que afectan a diversos cereales disminuyendo el rendimiento y calidad de grano reflejado en la Figura 5.

- **Síntomas:** Las pústulas de la roya amarilla del trigo son manchas de color marrón oscuro que se encuentran en ambas caras de las hojas, en los tallos y las espigas. Las zonas infectadas por la roya amarilla del trigo se pueden sentir al tacto como zonas ásperas y los tejidos superficiales se vuelven ásperos y agriaos.
- **Desarrollo:** La infección inicial de esta enfermedad suele ser leve, además, las uredosporas son transportadas por el viento llegando a grandes distancias. La roya amarilla del trigo se propaga rápidamente en condiciones de humedad y temperaturas cálidas, aun así, las temperaturas superiores a los 20°C son ideales para el desarrollo de la enfermedad.
- **Importancia:** Durante las etapas iniciales de esta enfermedad, puede causar disminución del macollamiento y nos da una pérdida de calidad y peso del grano, también, se puede llegar a perder todo el cultivo.

Figura 5

Infección primaria de la roya del tallo



Fuente: García et al. (2018).

2.4.3 Roya amarilla

Según Barua et al. (2017) existen factores importantes de la roya amarilla que se muestran a continuación.

- **Síntomas:** Las pústulas de la roya lineal son manchas de color amarillo a naranja que se forman en líneas estrechas sobre las hojas de trigo. Estas pústulas contienen esporas del hongo que causan la enfermedad y se puede observar en la Figura 6.
- **Desarrollo:** Las primeras infecciones de la roya amarilla del trigo son causadas por esporas del hongo que son transportadas por el viento. Estas esporas pueden llegar a grandes distancias, por lo que la enfermedad puede propagarse rápidamente. La enfermedad se propaga más rápido en condiciones de humedad y temperaturas cálidas. Las temperaturas superiores a los 25°C pueden detener o reducir la producción de esporas, y a menudo se producen esporas negras.
- **Importancia:** Las infecciones graves de la roya amarilla del trigo pueden reducir el rendimiento del cultivo, principalmente al disminuir el número de granos por espiga, el peso hectolítrico y la calidad de los granos.

Figura 6

Infecciones por la roya amarilla



Fuente: Barua et al. (2017).

2.4.4 Fusarium de la espiga

Sotelo y Campuzano (1995) mencionan características importantes de esta enfermedad mostradas a continuación.

- **Síntomas:** A medida que el trigo madura, la capa exterior del grano, llamada pericarpio, se oscurece hasta volverse de color marrón oscuro o negro. Esta coloración se produce principalmente en la punta del grano, donde se encuentra el embrión. Si la enfermedad es causada por especies de *Alternaria*, el oscurecimiento del grano se limita al pericarpio. Sin embargo, si la infección es causada por especies de *Helminthosporium* o *Fusarium*, el germen puede verse afectado, lo que puede dañar o matar al grano.
- **Desarrollo:** Los hongos que causan la punta negra del trigo suelen infectar los granos durante el estado masoso, que es el período de maduración en el que los granos están llenos de almidón y proteínas. Cuando el clima es húmedo durante unos días o una semana antes de la cosecha, la incidencia de la infección aumenta y se desarrolla la punta negra en muchas variedades cultivadas.
- **Importancia:** Las pérdidas económicas causadas por la punta negra del trigo se deben principalmente a los precios más bajos que se pagan por el grano descolorido. Además, cuando la enfermedad es causada por especies de *Helminthosporium* o *Fusarium*, también puede disminuir la viabilidad de la semilla observándose en la Figura 7.

Figura 7

Fusarium de la espiga



Fuente: Sotelo y Campuzano (1995).

2.5 Parámetros de calidad

Arredondo et al. (2016) mencionan que la calidad de los granos es un factor clave para el éxito económico de la producción de trigo. Por ello, es importante tomar medidas para garantizar que el producto tenga buena aceptación por parte de los consumidores, indicándonos que se deben tomar en cuenta ciertas características.

- Los granos deben estar limpios, sanos y enteros
- El contenido de humedad debe ser inferior al 14%
- Los granos de la misma variedad deben mantenerse separados de los granos de otras variedades
- Los granos deben tener un tamaño similar entre sí
- Los granos deben estar sanos y libres de cualquier signo de enfermedad

La calidad del grano de trigo tiene parámetros que requieren la industria molinera nacional (Tabla 3). Por ello el manejo agronómico, especialmente la fertilización nitrogenada, es fundamental para asegurar la obtención de un grano de buena calidad (Martínez, 2019). Además, La calidad del grano de trigo depende de factores genéticos y ambientales. El manejo agronómico, especialmente la fertilización nitrogenada es clave para obtener un grano de buena calidad (Parent, 2023).

Tabla 3

Parámetros de calidad de trigo nacional requeridos por la industria molinera nacional

Humedad (%)	Impurezas (%)	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Quintal (kg)
13.00	2.00	74	45.36

Fuente: Garófalo et al. (2011).

El peso hectolítrico es la cantidad de trigo limpio que cabe en un volumen de cien litros, y puede indicar que el manejo del cultivo fue adecuado (Barrios, 2015). Además, las enfermedades del trigo, como las pudriciones radiculares y las enfermedades de la espiga, pueden afectar la calidad del grano (Ponce et al., 2019). Por ello, las lluvias durante la maduración del trigo pueden reducir la calidad del grano, por lo tanto, es importante cosechar el trigo a tiempo (Martínez et al., 2019).

El peso hectolítrico del trigo es una medida de su densidad, pero también depende de otros factores, como la humedad, el contenido de impurezas, la uniformidad de los granos y las condiciones de maduración (Ponce et al., 2019). Además, si la maduración se ve afectada por factores como el chamuscado, los granos quedarán arrugados y a medio formar, lo que reducirá significativamente el peso hectolítrico (Parent, 2023).

2.6 Variedades mejoradas de trigo en el Ecuador

En Ecuador, el trigo se cultiva principalmente en la región Interandina. Sin embargo, la producción nacional no es suficiente para satisfacer las necesidades del país, debido al aumento de la población y el consumo (Moscardi, 1974). Por lo tanto, esto ha provocado que las importaciones de trigo aumenten cada año, lo que representa una salida de divisas para el país (Banco Central del Ecuador [BCE], 2016).

En los últimos años la superficie cosechada de trigo en Ecuador se ha mantenido en torno a las 60 000 hectáreas (Benalcázar, 2021). De eso se desprende que, los rendimientos promedios han sido de alrededor de 1 tonelada por hectárea, y las posibilidades de aumentar significativamente la superficie cultivada son limitadas, ya que la expansión a nuevas zonas implicaría producir en terrenos marginales, con rendimientos muy bajos debido a factores climáticos y agronómicos desfavorables (Maldonado, 2023).

Con estos antecedentes, el Programa de Cereales del INIAP, consideró la posibilidad de que, en algunas áreas cálido-secas de la Costa ecuatoriana, podrían incorporarse zonas productoras de este cereal (Ochoa et al., 2009). Por lo tanto, las primeras siembras de trigo en Ecuador se realizaron en Portoviejo en 1964, con variedades importadas, principalmente de Colombia y México (Lalama, 1979). Ahora bien, en las zonas tropicales llegaron a destacar las variedades INIAP-Atacazo 69, INIAP-Rumiñahui 69 y INIAP-Romero 73; produciendo un grano de calidad lo cual es fundamental para su comercialización (Rivadeneira y Ponce, 2003).

Según Falconi et al. (2014) menciona que en la actualidad las variedades que han destacado en el país son INIAP-Imbabura 2014 y INIAP-Vivar 2010 que tienen una adaptabilidad a zonas de la costa y sierra del país. Teniendo en cuenta las siguientes características:

- **INIAP-Imbabura 2014:** Es una variedad de trigo harinero desarrollada en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México, registrada con el

nombre de TINAMOU, con el siguiente historial de selección: CM 81812-12Y-06PZ-4Y-1M-0Y-5M-0Y-3SJ-0Y-0E-0E-0E. (Falconí et al., 2014). La variedad seleccionada por agricultores trigueros de distintas provincias de la Sierra ecuatoriana fue introducida en el año 1999 en la Estación Experimental Santa Catalina; además, ha mostrado una adaptación favorable en provincias de Azuay, Chimborazo, Pichincha, Carchi y Imbabura, con precipitaciones de 400 a 500 mm distribuidas durante el ciclo del cultivo (Ponce et al., 2022).

- **INIAP-Vivar 2010:** Proviene del Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) en México. La variedad fue introducida al país en el año 2003 por el Programa de Cereales del centro del INIAP Santa Catalina, se adapta a zonas de 2 400 y 3 000 m s.n.m., de altitud en las provincias de Loja, Cañar, Imbabura y Carchi (Coronel et al., 2010).

CAPITULO III

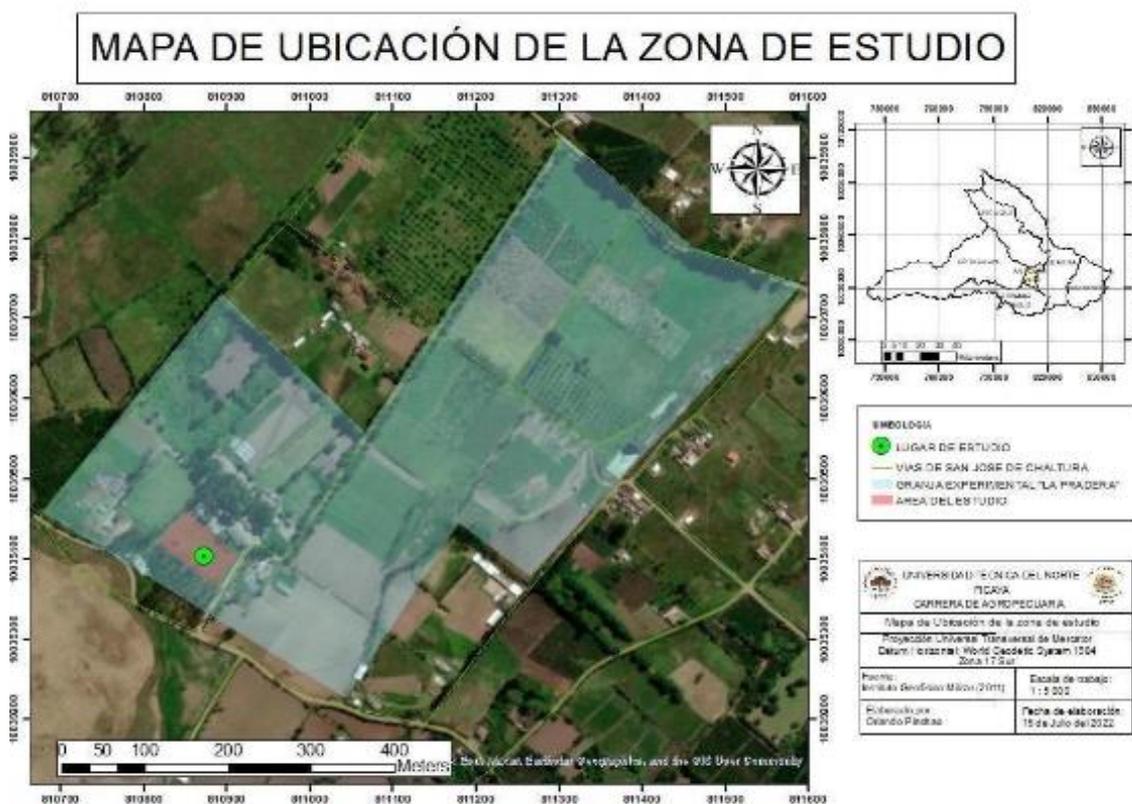
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El lugar donde se llevó a cabo el estudio está ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, Parroquia San José de Chaltura en la Granja Experimental La Pradera. La granja está ubicada a una distancia de 3.8 km de la ciudad de Atuntaqui. A continuación, se presenta el mapa de la zona de estudio (Figura 8).

Figura 8

Área designada en la granja Experimental la Pradera para el desarrollo de la investigación



3.1.1 Ubicación geográfica

La Tabla 4 presenta las características geográficas del área donde se evaluaron las variedades mejoradas de trigo.

Tabla 4*Caracterización geográfica del área de estudio*

Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Lugar	Granja la Pradera
Altitud	2350 m s.n.m.
Latitud	00 ⁰ 21' 32.31'' Norte.
Longitud	78 ⁰ 12' 15.02'' Oeste.

3.1.2 Características climáticas

En el siguiente apartado se presenta información sobre las condiciones agroclimáticas del sitio donde se desarrolló la investigación.

Temperatura baja: 9.5 °C

Temperatura media: 16 °C

Temperatura máxima: 24 °C

Precipitación media anual: 750 mm/año

Humedad relativa: 72%

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

La Tabla 5 describe los materiales, equipos, insumos y herramientas empleados para llevar a cabo la investigación.

Tabla 5*Materiales, equipos, insumos y herramientas*

Materiales de campo	de Equipos	Materiales de oficina	de Herramientas
Cinta métrica	Computadora	Cuaderno	Azadón
Piola y cal para trazado de parcelas	Balanza electrónica	Hojas de papel bond	Rastrillos
Pluviómetro	Balanza hectolétrica	Lápiz	Machete
Termómetro y balanza	Contadora eléctrica de granos		Bomba estacionaria

3.3 Métodos

Para mi investigación, se escogió el método experimental porque ofrece recopilar datos cuantitativos y cualitativos que pueden ser analizados estadísticamente, lo que me permite obtener resultados más confiables.

3.3.1 Factor en estudio

Los factores en estudio son las 18 variedades mejoradas de trigo (Tabla 6), que fueron entregadas por el Programa de Cereales del INIAP para identificar las variedades que tienen un mejor rendimiento y calidad.

Tabla 6

Variedades de trigo mejorada a evaluar

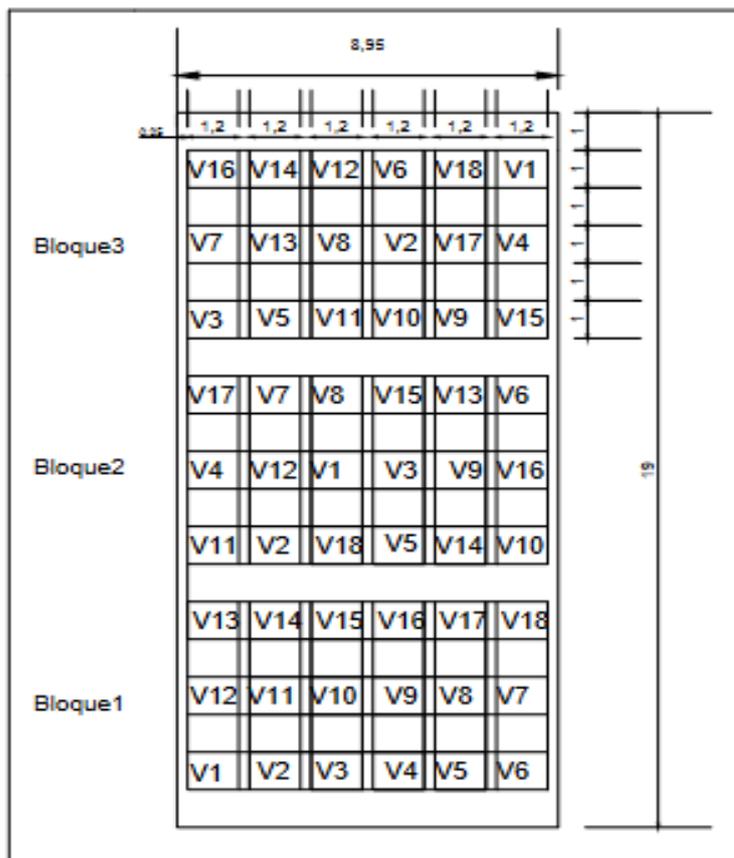
Var.	Código	Var.	Código
1	INIAP-Amazonas 69	10	INIAP-Cojitambo 92
2	INIAP-Atacazo 69	11	INIAP-Quilindaña 94
3	INIAP-Rumiñahui 69	12	INIAP-Sangay 94
4	INIAP-Romero 73	13	INIAP-Cotacachi 98
5	INIAP-Antisana 78	14	INIAP-Zhalao 2003
6	INIAP-Chimborazo 78	15	INIAP-Mirador 2010
7	INIAP-Altar 82	16	INIAP-San Jacinto 2010
8	INIAP-Tungurahua 82	17	INIAP-Vivar 2010
9	INIAP-Cotopaxi 88	18	INIAP-Imbabura 2014

3.3.2 Diseño experimental

Para el ensayo se desarrolló un diseño en bloques completos al azar (DBCA) (Figura 9).

Figura 9

Diseño experimental del área de estudio



3.3.3 Características del experimento

- Variedades mejoradas de trigo: 18
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 54
- Área total del ensayo: 170 m²

3.3.4 Características de la unidad experimental

Las características de la unidad experimental que se encuentran establecidas para la evaluación de las variedades mejoradas de trigo por parte del INIAP se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7*Medias de la unidad experimental y parcela neta*

Datos	Medidas
Área total de la parcela:	170 m ²
Área de la parcela neta:	0.8 m ²
Área de la unidad experimental:	1.2 m ²
Largo de la parcela:	1 m
Ancho de la parcela:	1.2 m
Distancia entre unidad experimental:	1 m-0.25 m
Distancia entre bloques	1 m
Densidad de siembra	21 g/m ²

3.3.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos encontrados, se utilizó el paquete estadístico “INFOSTAT” versión 2020, y la prueba de significancia de LSD Fisher al 5%. A continuación, se muestra la tabla del ADEVA (Tabla 8).

Tabla 8*Análisis de varianza del experimento*

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	$3-1=2$
Variedades mejoradas de trigo	$18-1=17$
Error	$(18-1)(3-1)=34$
Total	$54-1=53$

3.4 Variables de estudio

La presente investigación se utilizó el manual No. 111 del programa de cereales del INIAP, denominado “Parámetros de evaluación y selección en cereales” que es una guía básica de las variables más importantes para identificar, evaluar y seleccionar germoplasma de cereales con características deseables.

3.4.1 Vigor de la planta

Se evaluó la expresión genética propia de cada material, es decir, la fuerza con la que crecen las plantas en una parcela (tamaño de planta, tamaño de hoja, población, entre otros).

Este parámetro es subjetivo y se calificó con la ayuda de la Tabla 9 visualmente comparando el desarrollo general de las plantas entre parcelas.

Tabla 9

Escala de evaluación de vigor de la planta en trigo

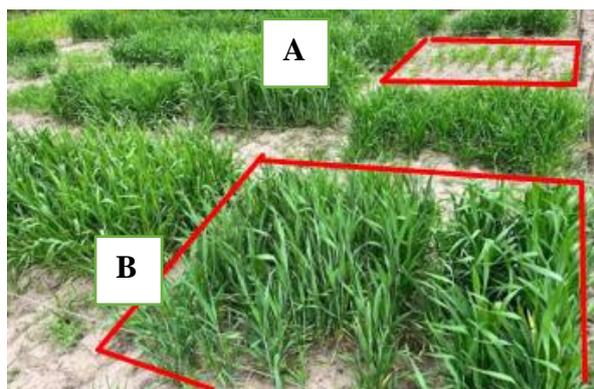
Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Bueno	Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas
2		Escala intermedia
3	Regular	Plantas y hojas medianamente desarrolladas
4		Escala intermedia
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas

Fuente: Ponce et al. (2019).

Se valoró en la etapa de desarrollo Z 14 o Z 15 (Figura 10) según la escala de Zadoks: cuatro a cinco hojas desarrolladas, antes del inicio del macollamiento (Ponce et al., 2019).

Figura 10

Etapa de desarrollo para evaluar el vigor de la planta



Nota: Vigor malo (parcela A), vigor bueno (parcela B).

3.4.2 Hábito de crecimiento o porte

Este factor evaluó la forma en que se desarrollan las hojas y los tallos de la planta en las primeras etapas de crecimiento. Se utilizó una escala de tres categorías (Tabla 10), cada una de las cuales describe una forma diferente de disposición de las hojas.

Tabla 10

Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales

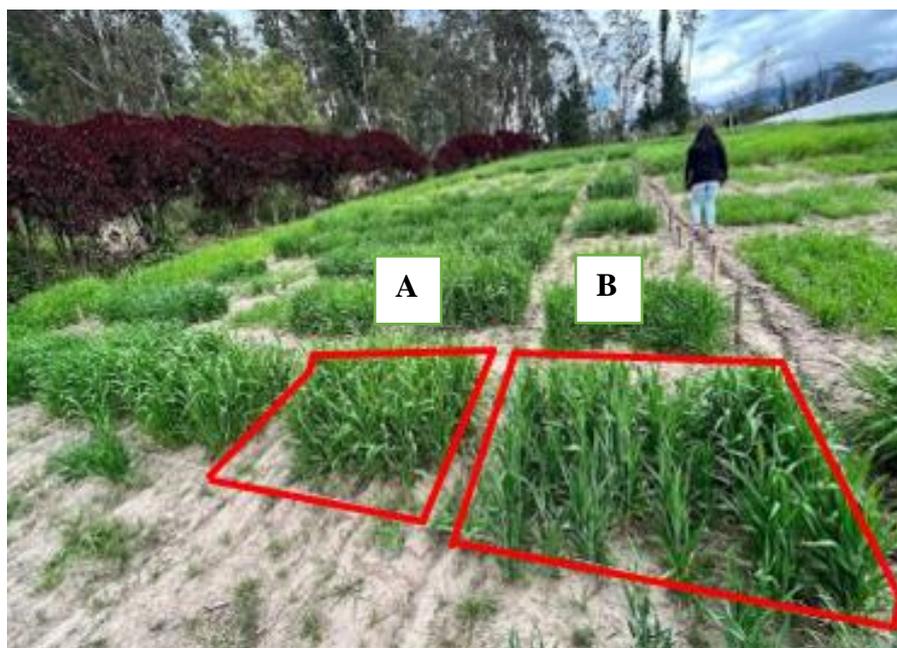
Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba.
2	Intermedio (Semierecto o semiprostrado)	Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45°.
3	Postrado	Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo

Fuente: Ponce et al. (2019).

La etapa de evaluación de esta variable en el cultivo según la escala de Zadoks es desde la Z 20 a la Z 29, es decir en el macollamiento. Este parámetro es subjetivo y se evaluó visualmente (Figura 11) (Ponce et al., 2019).

Figura 11

Escala para evaluar el hábito de crecimiento en las plantas de cereales



Nota: Escala 1 (parcela A), Escala 2 (parcela B).

3.4.3 Días al espigamiento

Esta variable se determinó cuando espigó el 50% de la parcela (Figura 12) donde se evaluó de forma visual, contando el número de días desde la siembra. La etapa de espigado en la escala de Zadoks es la Z 55, que se alcanza cuando la mitad de la inflorescencia está

emergida. Se realizaron lecturas continuas para poder comparar los materiales, ya que florecen en diferentes días.

Figura 12

La estimación del parámetro de espigamiento



Nota: La espiga de la variedad INIAP-Altar 82 alcanzando su inflorescencia a los 64 días después de la siembra.

3.4.4 Altura de la planta

La altura de la espiga se midió desde la base de la planta hasta el extremo de la espiga (Figura 13), excluyendo las aristas. La medición se realizó cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial, que corresponde a la etapa Z 91 de la escala de Zadoks.

Figura 13

Toma de datos de diferentes variedades de altura de la planta



Nota: Medición de la altura de trigo en campo.

3.4.5 Tipo de paja

Se evaluó la dureza y flexibilidad del tallo para tolerar el viento y acame del cultivo. Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico y de las condiciones reinantes durante el desarrollo del cultivo. Para este parámetro empleamos una escala de 1 al 3 (Tabla 11).

Tabla 11

Escala de evaluación de tipo de paja en cereales

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

Fuente: Ponce et al. (2019).

Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico del evaluador y de las condiciones reinantes durante el periodo de desarrollo del cultivo (Figura 14).

Figura 14

Toma de datos del tipo de paja



Nota: Parcela INIAP-Amazonas 69 (Escala 3).

3.4.6 Tamaño de la espiga

Para evaluar la longitud de la espiga, se tomaron 10 espigas al azar de cada parcela y se midió su longitud desde la base de la espiga hasta el extremo, sin incluir las aristas. La medición se realizó cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial (Figura 15).

El número de granos por espiga es un parámetro importante para estimar la productividad del cultivo. Se mide cuando el cultivo alcanza la madurez comercial, que corresponde a la etapa Z 92 de la escala de Zadoks. En esta etapa, la cariósipide está dura (Ponce et al., 2019).

Figura 15

Medición del parámetro tamaño de la espiga



Nota: Medición de las espigas.

3.4.7 Número de granos por espiga

Este parámetro es visual, para ello se escogió al azar al menos 10 espigas y se contó manualmente el número de granos llenos que tiene cada espiga estimando un promedio, cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial, es decir que esta cosechada. Este es uno de los componentes que permitió estimar la productividad del cultivo (Figura 16).

La etapa de desarrollo del cultivo para registrar el número de granos por espiga es la Z 92 de la escala de Zadoks. En esta etapa, la cariósipide está dura, lo que significa que no se puede marcar con la uña (Ponce et al., 2019).

Figura 16

Conteo de granos de forma manual



Nota: Conteo del número de granos por espiga en campo.

3.4.8 Rendimiento

Este parámetro evaluó la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar. Este valor está dado en gramos por parcela⁻¹ y se lo puede transformar a kg/ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado. Para ello se pesó en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición del grano debe estar con 13% de humedad y limpio (Figura 17).

Figura 17

Limpieza del grano para su posterior pesaje



Nota: Limpieza del grano para la evaluación de variables de post cosecha.

3.4.9 Peso hectolitro

Se pesó en kilogramos por hectolitro (kg/hl^{-1}) para ello se empleó una balanza para peso específico o hectolitro. Para evitar errores se realizó al menos 3 mediciones al azar para sacar un promedio (Figura 18).

Figura 18

Pesando el grano para saber su calidad



Nota: Utilización de la balanza para peso hectométrico.

3.4.10 Peso de mil granos

Se seleccionaron al azar 1000 granos y se pesaron en una balanza electrónica configurada en gramos. Se encontró una correlación positiva entre el peso de los granos y el rendimiento potencial del cultivo, es decir, a mayor peso, mayor rendimiento (Figura 19).

Figura 19

Colocando 1 000 granos de las 18 variedades de trigo para ver su peso



Nota: Utilización del contador de granos.

3.4.11 Tipo y color de grano

Esta variable se evaluó al tener el 13% de humedad. La Tabla 12 estableció los parámetros para determinar el tipo y color del grano. Este se evaluó de forma visual una por una de las variedades de cada bloque.

Tabla 12

Escala de evaluación para tipo de grano en trigo

Escala	Descripción
Tipo de grano	
1	Grano grueso, grande, bien formado, limpio
2	Grano mediano, bien formado, limpio
3	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado
Color de grano	
B	Blanco
R	Negro

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

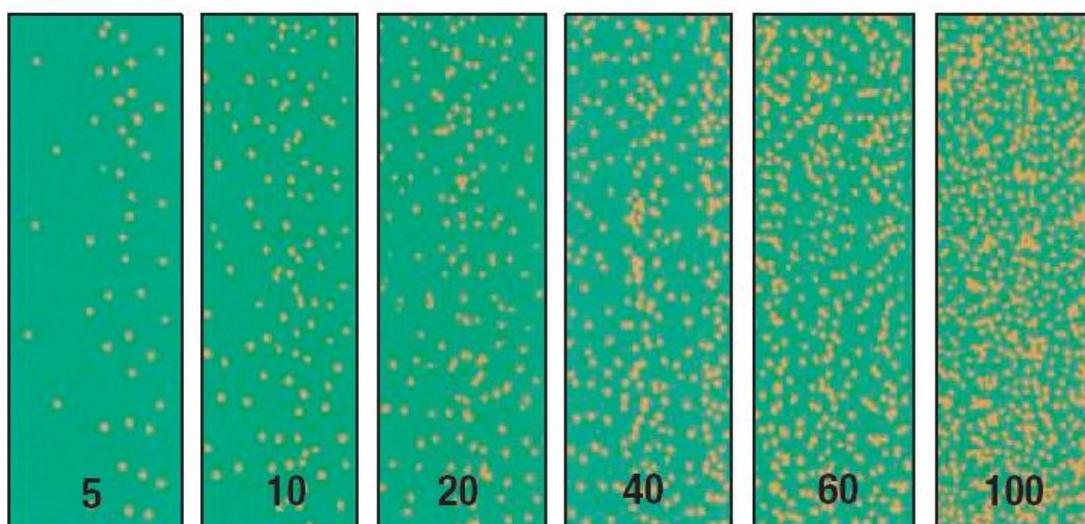
3.4.12 Reacción a enfermedades

3.4.12.1. Severidad del ataque de Roya de la hoja

La roya de la hoja en trigo se presentó por el hongo *Puccinia hordei*. Su principal característica son las pústulas que tienen forma circular u ovalada. Su distribución no es uniforme y el color varía entre anaranjado y un café anaranjado. Para la determinación del porcentaje de severidad se utilizó la escala de la Figura 20.

Figura 20

Porcentajes de severidad de *Puccinia hordei*



Nota: 5% (Pequeños síntomas visibles en la planta), 10% (Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias), 20% (Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas), 40% (Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos), 60% (Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis), 100% (Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis) Fuente: CIMMYT (1986).

3.4.12.2. Virus del enanismo amarillo

El virus conocido por sus siglas en inglés Brley Yellow Dwarf Virus, (BYDV), son diseminados mediante un vector, el principal en este caso son los pulgones de varias especies. Produce enanismo (Figura 21) por la falta de elongación de los entrenudos, pérdida de color de las hojas que se puede presentar desde el ápice y por los márgenes hacia la base. La evaluación se la realizó de forma visual con los parámetros establecidos en la (Tabla 13) (Ponce et al. 2019).

Tabla 13

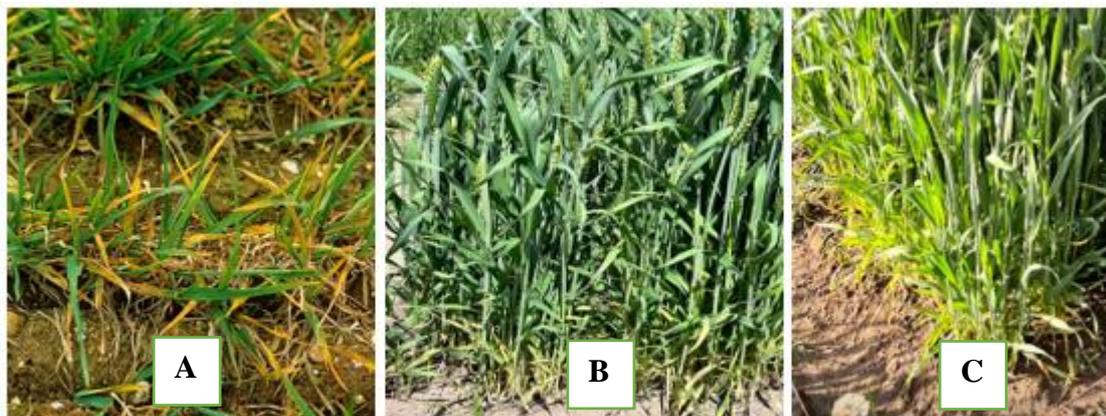
Escala para determinar el daño por BDYV

Grado	Significado
1	Trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas, planta de apariencia vigorosa.
2	Amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas.
3	Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento.
4	Amarillamiento moderado o algo extenso, no hay enanismo.
5	Amarillamiento más extenso; vigor de 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 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 planta antes de la madurez normal.

Fuente: Ponce et al. (2019)

Figura 21

Parcelas de trigo afectadas por el BYDV



Nota: La parcela A tiene un amarillamiento moderado (Grado 4), la parcela B tiene un amarillamiento restringido (Grado 2), la parcela C tiene un amarillamiento en la punta de las hojas (Grado 3).

3.5 Manejo específico del cultivo

3.5.1 Selección del lote

Según Garófalo et al. (2011) para seleccionar el lote se tuvieron en cuenta los siguientes factores (Figura 22):

- **La fertilidad del suelo:** se eligió un lote que no hubiera sido cultivado con cereales en el ciclo anterior, ya que los cereales agotan los nutrientes del suelo.
- **El drenaje:** se eligió un lote con una pendiente no superior al 5%, para evitar el encharcamiento del agua y la pudrición de las raíces.
- **La compactación del suelo:** se eligió un lote que no hubiera sido empleado como "era" para trillar trigo u otro cereal en el ciclo anterior, ya que la trilla puede compactar el suelo y dificultar el desarrollo de las raíces.

Figura 22

Determinación del terreno, limpieza y desinfección



3.5.2 Preparación del suelo

El suelo se preparó con antelación, un mes antes de la siembra. Esto permitió que las malezas y los residuos de cultivos previos se descompusieran por completo, lo cual es esencial para un buen desarrollo del cultivo (Figura 23).

Figura 23

Preparación del suelo y división de las parcelas para proceder a sembrar las 18 variedades de trigo



3.5.3 Siembra

Para la siembra el INIAP facilitó semillas las cual se encontraban desinfectadas en sobres con 21 unidades. Posteriormente, se sembró con la ayuda de una sembradora agrícola a una densidad de 18 g/m², se consideró que el suelo tuviera una adecuada humedad, para garantizar una buena germinación de la semilla. La profundidad de siembra fue de aproximadamente 5 cm, para evitar el ahogamiento y pérdida de la semilla (Figura 24) (Garófalo et al., 2011).

Figura 24

Entrega de semillas por parte de INIAP, correctamente desinfectadas



3.5.4 Fertilización

La fertilización se basó en la recomendación básica de nutrientes, es decir 200 kg / ha de 10-30-10 al momento de la siembra, y posteriormente al macollamiento (30-45 días después de la siembra) 150 kg / ha de urea. Es decir, se aplicó 6 gr de 10-30-10 por unidad muestral de 0.3 m² en la siembra y 4.5 gr de urea en el macollamiento (Figura 25) (Garófalo et al., 2011).

Figura 25

Fertilización con urea al cultivo de trigo



3.5.5 Control de malezas

Para controlar las malezas, se utilizó un herbicida químico llamado metsulfurón-metil, que es específico para malezas de hoja ancha. Se aplicó en la etapa del macollamiento, que es cuando las malezas comienzan a ramificarse. Se utilizó una bomba de mochila de 20 litros con una dosis de 10 g de herbicida por bomba. En total, se utilizaron 4 bombas en todos los ensayos (Figura 26).

Figura 26

Control de malezas en el trigo



3.5.6 Controles fitosanitarios

Se realizó un seguimiento de plagas y enfermedades. Sin embargo, no se implementaron medidas de control fitosanitario, puesto que el propósito central era identificar materiales con resistencia a las enfermedades presentes en el territorio nacional (Figura 27).

Figura 27

Controles fitosanitarios en el trigo



3.5.7 Cosecha

La cosecha del ensayo se llevó a cabo manualmente, utilizando una hoz para cortar las espigas de trigo. El trigo cosechado se almacenó en bolsas que estaban etiquetadas con el bloque correspondiente (Figura 28).

Figura 28

Fundas marcadas con la variedad y el bloque



3.5.8 Trilla

La trilla se llevó a cabo mediante una trilladora mecánica, que se utilizó para todos los ensayos. El grano se almacenó en bolsas de tela etiquetadas con información sobre el ensayo correspondiente (Figura 29).

Figura 29

Proceso de trillado del trigo



3.5.9 Secado de la semilla

Después de la cosecha y la trilla, el grano se secó a temperatura ambiente hasta que la humedad se redujo a un máximo del 13%. Luego, se limpió el grano y se almacenó en bolsas de tela (Figura 30).

Figura 30

Proceso de secado del trigo



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación agronómica de 18 variedades mejoradas de trigo, las cuales fueron entregadas por el programa de cereales del INIAP

4.1 Vigor de la planta

Los resultados de la tabla de contingencia de datos cualitativos indica que no existe asociación ($gl=51$; $\chi^2=0.3353$) entre variedades con el vigor de la planta, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14

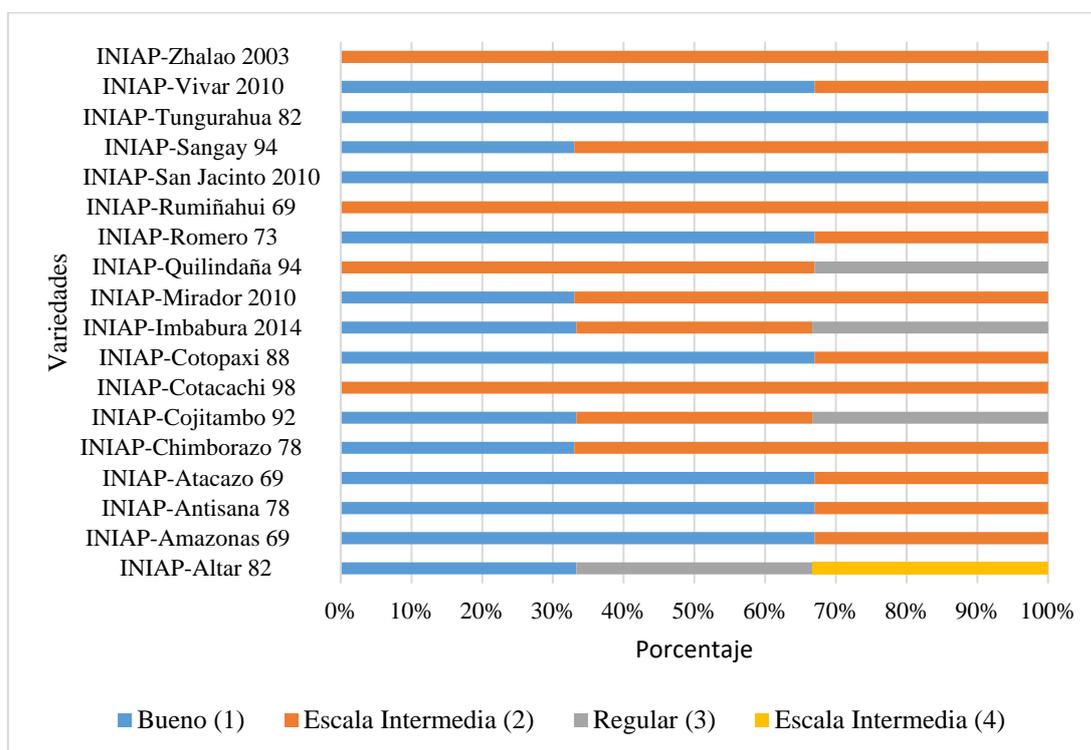
Análisis de la tabla de contingencia para la variable evaluada vigor de la planta

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	54.72	51	0.3353
Chi Cuadrado MV-G2	48.26	51	0.583
Coef.Cont.Cramer	0.5		
Coef.Cont.Pearson	0.71		

Según los datos registrados en la Figura 31, las variedades INIAP-San Jacinto 2010 e INIAP-Tungurahua 82 presentaron el 100% de plantas con un buen vigor (escala 1). Las variedades INIAP-Zhalao 2003, INIAP-Rumiñahui 69 e INIAP-Cotacachi 98 mostraron el 100 % de plantas en un vigor entre bueno y regular (escala 2). Para las escalas 3 y 4 que presentan un vigor regular e intermedio (regular y malo) se encuentran presentes en el resto de las variedades analizadas representando el 9% de todas las unidades experimentales UE evaluadas. Sin embargo, las variedades no desarrollaron plantas pequeñas y hojas delgadas como indica la escala 5 (Tabla 9).

Figura 31

Evaluación del vigor de la planta en 18 variedades mejoradas de trigo



De acuerdo con los resultados obtenidos, se destacó que las variedades mejoradas de trigo tuvieron una buena adaptación a la zona de Chaltura. Esta adaptación se relaciona con una alta tasa de germinación de la semilla, así como con otras variables ambientales favorables (Ponce et al., 2022).

Un estudio realizado en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba en donde se evaluó las mismas variedades mejoradas entregadas por INIAP, obtuvieron que la gran mayoría de las variedades están en un vigor 2, similar a la evaluación realizada en Chaltura, observando una adaptación idónea bajo diferentes condiciones climáticas (Riofrio, 2022).

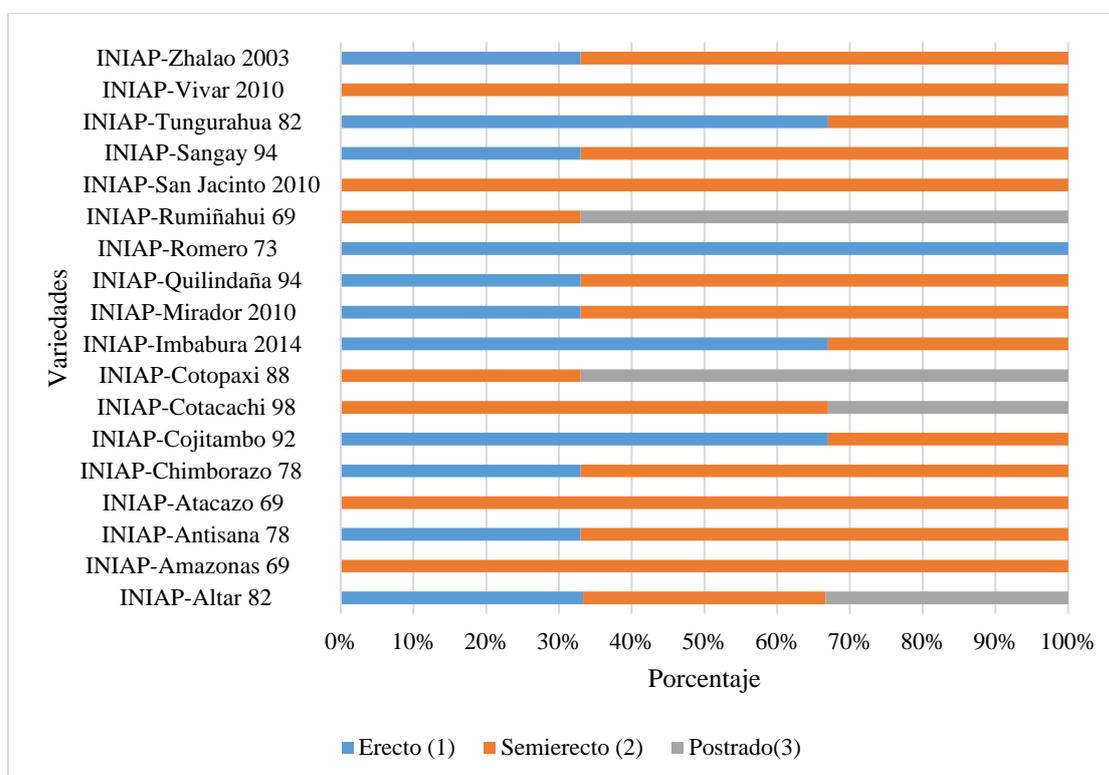
4.2 Hábito de crecimiento

El análisis de la tabla de contingencia de datos cualitativos, indica que no existe asociación ($g_l=34$; $\chi^2=0,0698$) entre variedades con la variable hábito de crecimiento, tal como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15*Análisis de la tabla de contingencia para la variable evaluada hábito de crecimiento*

Estadístico	Valor	G1	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	46.88	34	0.0698
Chi Cuadrado MV-G2	46.36	34	0.0768
Coef.Cont.Cramer	0.54		
Coef.Cont.Pearson	0.68		

Con los resultados obtenidos a través de la utilización de la escala de valoración para el hábito de crecimiento de las plantas (Figura 32), la variedad INIAP-Romero 73 presentó el 100% de plantas dispuestas verticalmente hacia arriba (escala 1). Mientras que, la mayoría de las variedades restantes presentaron plantas semierectas y hojas diagonales (escala 2). Por lo tanto, las variedades INIAP-Amazonas 69, INIAP-Atacazo 69, INIAP-San Jacinto 2010 e INIAP-Vivar 2010 mostraron el 100 % de plantas en escala 2. Sin embargo, dentro del conjunto de UE, el 11% corresponde al nivel 3 de la escala, lo que implica que poseen plantas postradas.

Figura 32*Evaluación de crecimiento o porte de la planta en variedades de trigo*

Junto con INIAP, Pogo (2022) ejecutó un estudio en la Parroquia Eloy Alfaro de la provincia de Latacunga, donde la investigación se centró en la caracterización de 18 variedades mejoradas de trigo, obteniendo un comportamiento similar en la variable hábito de crecimiento, ya que la variedad INIAP-Romero 73 presentó el 100% de plantas con hojas dispuestas hacia arriba, compartiendo esta característica a la zona de Chaltura.

Según Ponce et al. (2019) indica que este comportamiento se debe a la constitución genética del germoplasma, aun así, existen factores que varían estas características como la temperatura, precipitación, fotoperiodo y nutrientes del suelo, que son necesarias para conseguir un buen hábito de crecimiento de la planta.

4.3 Tipo de paja

El análisis de la tabla de contingencia de datos cualitativos, indica que no existe asociación ($gl=17$; $\chi^2=0.2616$) entre variedades con el tipo de paja, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

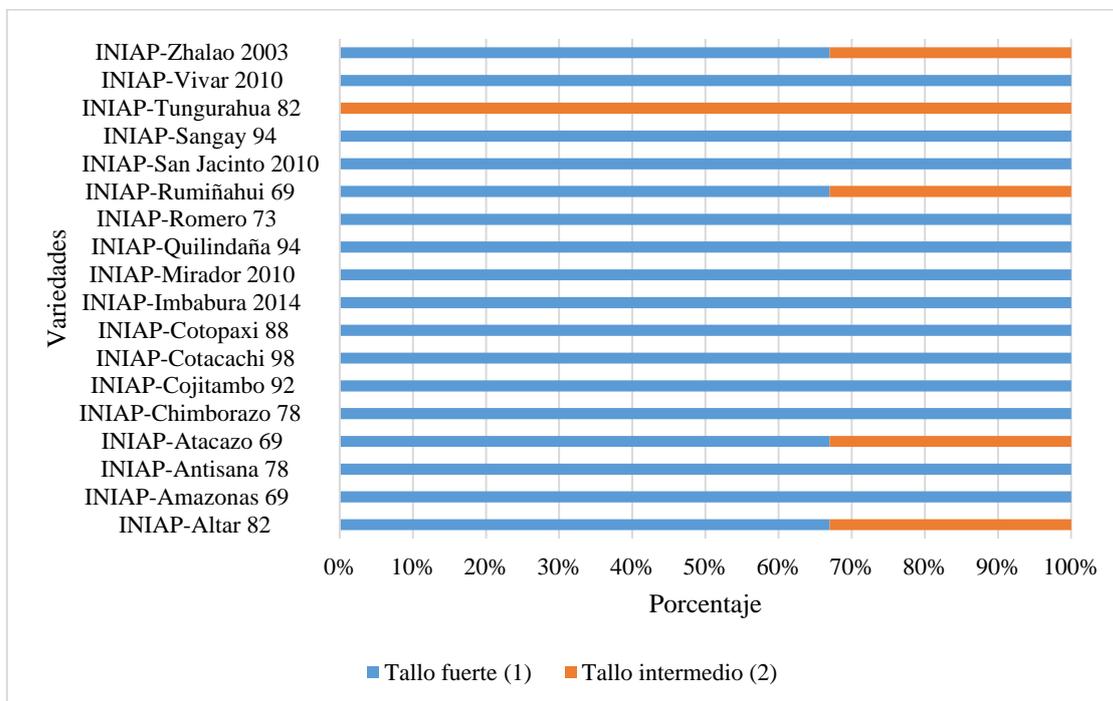
Tabla de frecuencias relativas por columnas para la variable tipo de paja

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	20.25	17	0.2616
Chi Cuadrado MV-G2	18.58	17	0.3533
Coef.Cont.Cramer	0.43		
Coef.Cont.Pearson	0.52		

Para el análisis de esta variable (Figura 33) en las 18 variedades de trigo, se determinó que el 89% de UE evaluadas presentaron plantas con tallos gruesos que soportan el viento. Ahora bien, las variedades INIAP-Amazonas 69, INIAP-Antisana 78, INIAP-Chimborazo 78, INIAP-Cojitambo 92, INIAP-Cotacachi 98, INIAP-Cotopaxi 88, INIAP-Imbabura 2014, INIAP-Mirador 2010, INIAP-Quilindaña 94, INIAP-Romero 73, INIAP-San Jacinto 2010, INIAP-Sangay 94 e INIAP-Vivar 2010 presentaron el 100% de plantas en la escala 1. Mientras que en la escala 2, la variedad INIAP-Tungurahua 82 presentó el 100% de plantas con tallos no muy gruesos. Además, en el ensayo ninguna de las 18 variedades de trigo presentó plantas con tallos débiles (escala 3) que no soportan el viento ni el acame.

Figura 33

Evaluación de tipo de paja en trigo



En la localidad Eloy Alfaro en la evaluación de 18 variedades mejoradas de trigo, predomina el tallo fuerte (escala 1) con un 88% de UE presentes, mostrando características similares con las variedades evaluadas en Chaltura, Aun así, en la localidad Eloy Alfaro, la variedad INIAP-Tungurahua 82 presentó plantas con tallos no tan fuertes (escala 2) teniendo un comportamiento similar a la zona de Chaltura (Pogo, 2022). Según Galarza (2023) indica que el comportamiento observado puede deberse a una combinación de factores, entre ellos: la cantidad de lluvia, la altura sobre el nivel del mar, el clima, la densidad de población, la cobertura de nubes, la velocidad del viento y la duración del día.

4.4 Tipo y color de grano

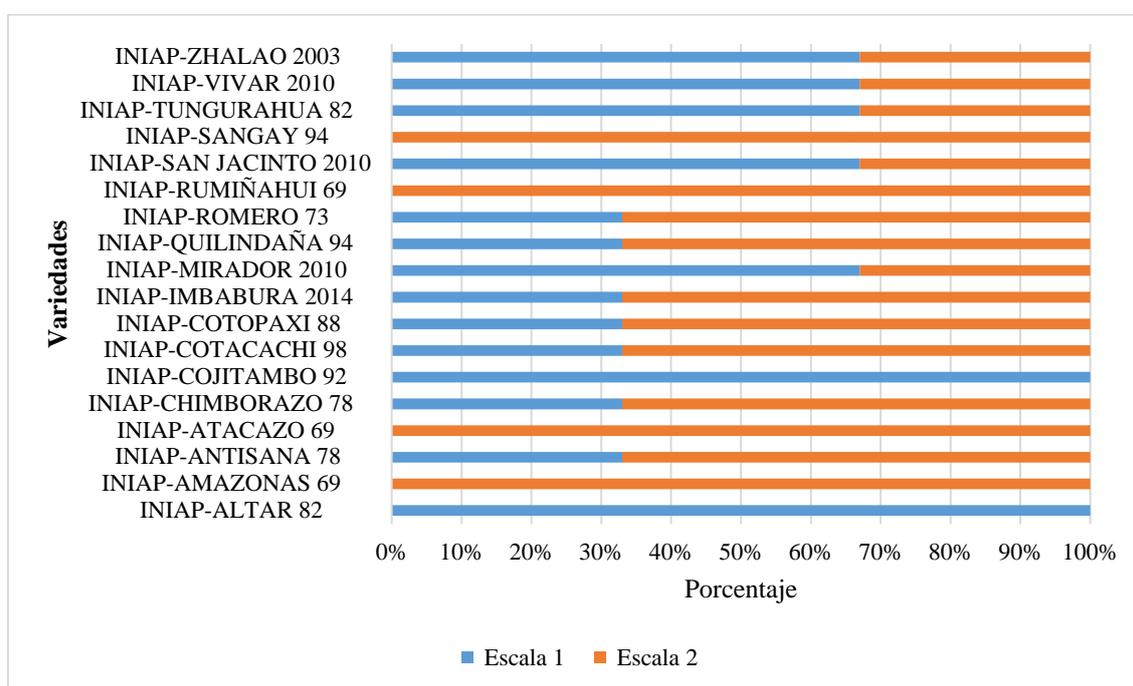
4.4.1 Tipo de grano

El análisis de la tabla de contingencia de datos cualitativos, indica que no existe asociación ($gl=17$; $\chi^2=0.2139$) entre variedades con el tipo de grano, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17*Análisis de la tabla de contingencia para la variable tipo de grano*

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	21.28	17	0.2139
Chi Cuadrado MV-G2	27.84	17	0.0468
Coef.Cont.Cramer	0.44		
Coef.Cont.Pearson	0.53		

Al estudiar la variable tipo de grano se encontró que la escala 1 representa el 43% de granos evaluados (Figura 34). Por lo tanto, las variedades INIAP-Altar 82 e INIAP Cojitambo 92 mostraron el 100% de granos en esta escala. La escala 2 revela un mayor porcentaje con el 57% de granos evaluados; dentro de este nivel las variedades INIAP-Amazonas 69, INIAP-Atacazo 69, INIAP-Rumiñahui 69 e INIAP-Sangay 94 presentaron el 100% de granos. Es necesario resaltar que el grano de tipo 3 considerado como pequeño, delgado y manchado no se encontró en la evaluación de esta variedad.

Figura 34*Evaluación de tipo de grano de trigo*

El análisis de 18 variedades mejoradas que se realizó en la localidad de Cevallos similar a esta investigación arrojó que el 50% de granos se caracterizaron por un tamaño y grosor significativamente grande (escala 1); siendo similar a esta investigación ya que

presentó el 43% de granos en la escala 1. Estos resultados pueden verse influenciados por las precipitaciones y temperaturas al final del ciclo del cultivo, así como por la presencia de enfermedades que afecten a la espiga (Galarza, 2023; Ponce et al., 2022).

4.5 Color de grano

El análisis de la tabla de contingencia de datos cualitativos, indica que existe asociación ($gl=17$; $\chi^2=0.0001$) entre variedades con el color de grano, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

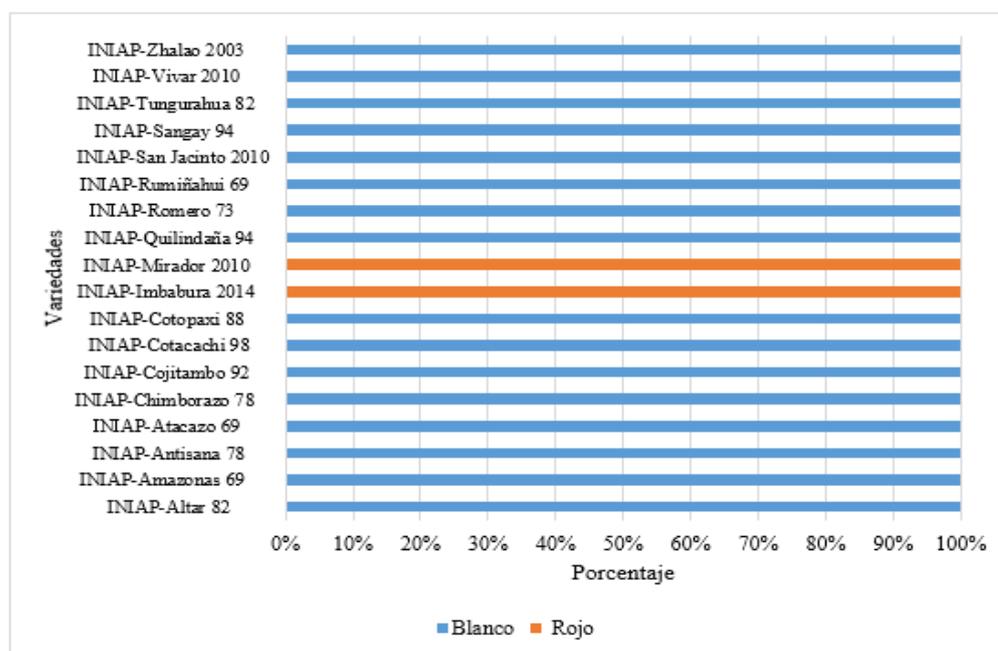
Análisis de la tabla de contingencia para la variable color de grano

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	54	17	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	23.17	17	0.1437
Coef.Cont.Cramer	0.71		
Coef.Cont.Pearson	0.71		

La Figura 35 muestra que el 94% de granos son de color blanco. Sin embargo, 6% de granos evaluados son de color rojo en donde se encuentran las variedades INIAP-Imbabura 2014 e INIAP-Mirador 2010.

Figura 35

Color de grano encontrado en variedades de trigo del Ecuador



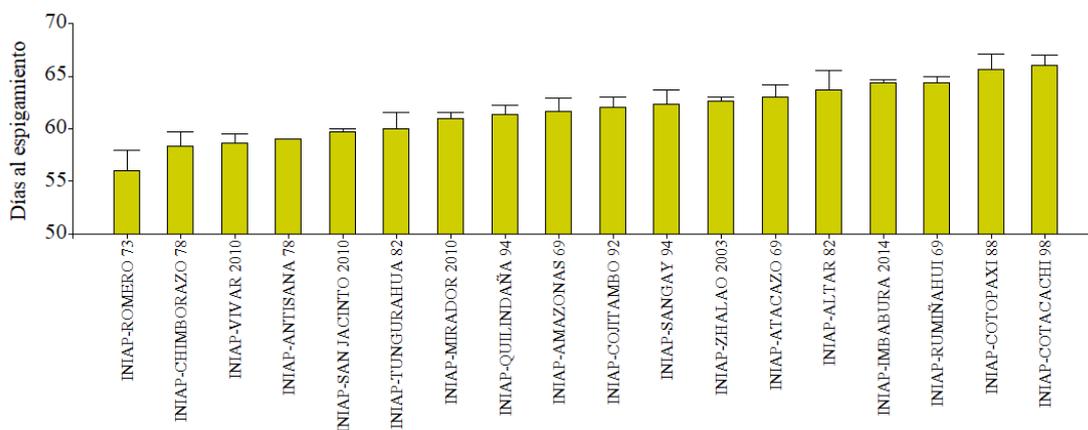
En la investigación de 18 variedades evaluadas en la localidad Eloy Alfaro, se evidenció que el 67% de las variedades fueron de color rojo, incluyendo las variedades INIAP Imbabura 2014 e INIAP Mirador 2010 que presentaron en la zona de Chaltura el mismo color. A partir de esto, el INIAP utiliza este parámetro para identificar y seleccionar las variedades que tienen un grano de tamaño y forma óptimos, ya que estas características pueden ser importantes para el rendimiento, la productividad y la calidad (Ponce et al., 2019; Pogo, 2022).

4.6 Días al espigamiento

Tras realizar un análisis estadístico de la variable días al espigamiento, se pudo observar que existen diferencias significativas (Gl:17; Valor F: 6.36; Valor $p < 0.0001$) entre las variedades mejoradas de trigo. Respecto a la variable días al espigamiento, el promedio general obtenido fue de 55.42 días. Además, los resultados de los días al espigamiento de las 18 variedades (Figura 36); muestra que la variedad INIAP-Romero 73 presentó un promedio de 56 días considerándola la más precoz. Por otro lado, la variedad INIAP-Cotacachi 98 fue la que más tarde en espigar con un promedio de 66 días.

Figura 36

Días al espigamiento de las 18 variedades mejoradas de trigo



En la localidad Eloy Alfaro se pudo observar que las 18 variedades similares a esta investigación presentaron espigamiento precoz con un rango de 55 a 67 días después de la siembra, siendo similar al ensayo realizado en Chaltura. De la misma manera, la variedad más precoz fue INIAP-Romero 73 con un promedio de 55.67 días (Pogo, 2022). De este modo, Chuquitarco (2015) manifiesta que estas características se consideran

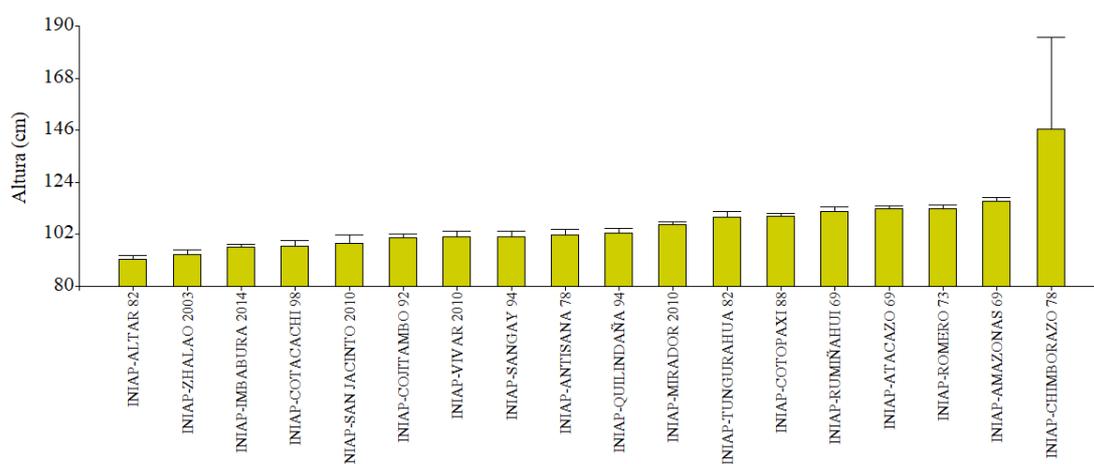
buenas ya que se acorta el periodo de recolección, además, el desarrollo fenológico de ambos cultivos se debe a posibles cambios climáticos que existe en cada localidad.

4.7 Altura la planta

El análisis estadístico realizado para la variable altura de planta reveló la existencia de diferencias significativas entre las distintas variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas (Gl:17; Valor F: 18.20; Valor $p < 0.0001$). La Figura 37 permite observar la variación en la altura de las diferentes variedades de trigo; siendo la variedad INIAP-Altar 82 la más pequeña con un promedio de 91.47 cm, con respecto a la variedad INIAP-Chimborazo 78 que alcanzó una altura de 146.62 cm considerada la más alta de las 18 variedades mejoradas de trigo.

Figura 37

Altura presente en las 18 variedades mejoradas de trigo



Pogo (2022) manifiesta que, en su trabajo realizado de la evaluación de las variedades similares a este estudio tuvieron un rango de 85 a 110 cm de altura, mostrando características diferentes a la zona de Chaltura; de manera que, la variedad INIAP-Chimborazo 78 alcanzó una altura de 85 cm siendo la más pequeña y la variedad INIAP Tungurahua 82 con 110 cm con mayor altura en la localidad de Eloy Alfaro; distinto a la zona de Chaltura ya que la variedad más alta con 146.62 cm es INIAP-Chimborazo 78; por el contrario, la variedad INIAP Tungurahua 82 tuvo un comportamiento similar con una altura de 109 cm.

Estas alturas están determinadas por características morfológicas e influenciadas por diferentes condiciones ambientales en donde se encuentren los diferentes ensayos

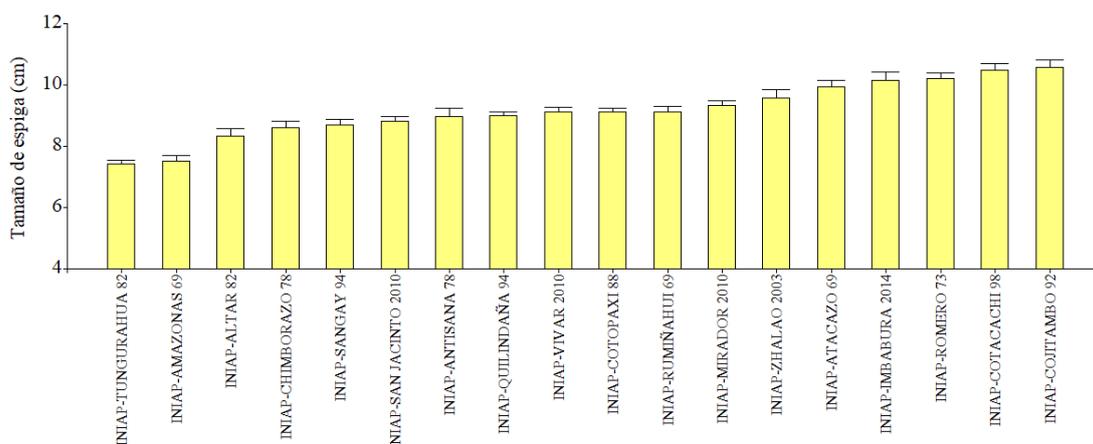
(Alam et al., 2007). Estos datos analizados indican que las variedades en estudio tienen un comportamiento específico, que las distingue unas de otras, y son influenciadas del medio, fotoperiodo y temperaturas para poder alcanzar su altura apropiada (Chuquitarco, 2015).

4.8 Tamaño de la espiga

Tras realizar un análisis estadístico de la variable tamaño de espiga en las diferentes variedades de trigo mejoradas, se pudo observar que existe diferencias significativas (Gl:17; Valor F: 25.25; Valor $p < 0.0001$). La Figura 38 permite apreciar la diferencia en el tamaño de las espigas de las 18 variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas; obteniendo que INIAP-Tungurahua 82 tuvo un promedio de 7.42 cm siendo la variedad con la espiga más corta. Por otro lado, INIAP-Cojitambo 92 fue la variedad con la espiga más larga con un promedio de 10.57 cm.

Figura 38

Tamaño de la espiga



Según Galarza (2023) en donde realizó la misma investigación en la localidad de Cevallos junto al INIAP, mostró rangos de la longitud del tamaño de la espiga de 8.8 y 11.63 cm, siendo la más corta INIAP-Amazonas 69 y la más larga INIAP-Romero 73 respectivamente; mostrando características similares a esta investigación realizada en la zona de Chaltura, ya que la variedad INIAP-Amazonas 69 tiene un tamaño corto de la espiga con un promedio de 7.52 cm y la variedad INIAP-Romero 73 presentó 10.22 cm considerada una de las más largas. Ponce et al. (2022) demuestra que el tamaño de la espiga se encuentra afectada por las condiciones climáticas del sector donde se encuentran los diferentes ensayos.

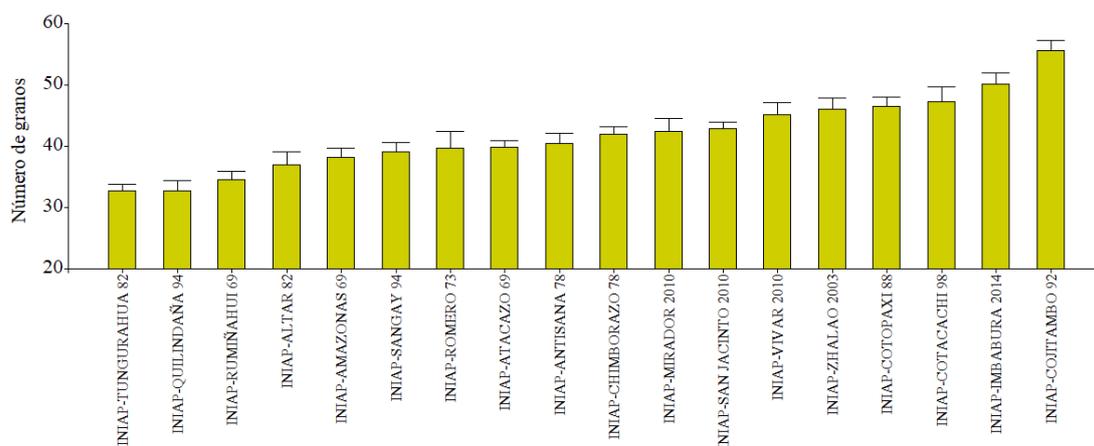
Sin embargo, la variable tamaño de la espiga puede influir de manera directa en la cantidad y calidad del grano producido (Galarza, 2023). Además, Herrera (2016) menciona que el tamaño de la espiga está influenciado por la fertilización nitrogenada, ya que este elemento promueve el crecimiento vegetativo durante la fase de espigado.

4.9 Número de granos por espiga

El análisis estadístico realizado para la variable número de granos por espiga reveló la existencia de diferencias significativas entre las distintas variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas (Gl:17; Valor F: 15.60; Valor $p < 0.0001$). La Figura 39 permite observar la diferencia de la variable analizada, donde la variedad INIAP-Tungurahua 82 presentó un promedio de 32.70 granos por espiga siendo la que menos tiene. La variedad con un mayor número de granos es INIAP-Cojitambo 92 con un promedio de 55.60.

Figura 39

Número de granos por espiga en trigo



En la localidad Cevallos para las 18 variedades de trigo se observó un rango de 46 a 76 granos por espiga, lo cual no se encuentra al rango de Chaltura, que va desde 32 a 55 granos; esto indica que el potencial de producción de granos de una espiga de trigo puede verse afectado por factores como la variedad de trigo, el manejo de enfermedades, el clima, la temperatura y la duración del día (Galarza, 2023; Ponce et al., 2022).

Además, en la misma localidad muestra que la variedad INIAP-Cotacachi 98 proporciona el mejor resultado con 76 granos, siendo diferente en Chaltura ya que

presentó la misma variedad con 47 granos por espiga, teniendo en cuenta que ambos ensayos tuvieron un excelente rango ya que, para obtener una buena cosecha de trigo, la espiga debe poseer entre 35-50 granos (Ponce et al., 2022). Aun así, las altas temperaturas y la sequía pueden tener un impacto negativo en el número de granos que se desarrollan, lo que puede reducir el rendimiento del cultivo (Anderson et al., 1995).

4.10 Reacción a enfermedades

4.10.1 Virus del enanismo amarillo

El análisis de la tabla de contingencia de datos cualitativos, indica que existe asociación ($gl=68$; $\chi^2=0.0669$) entre variedades con la variable virus del enanismo amarillo, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

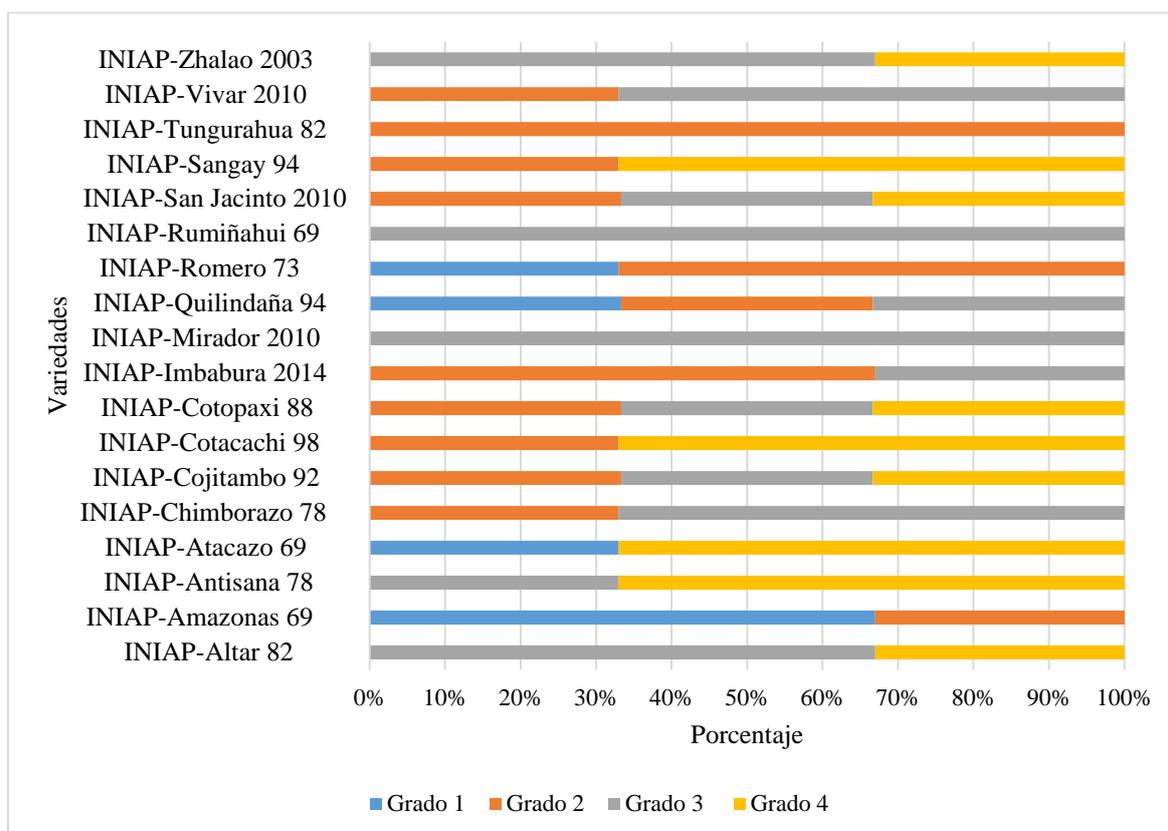
Análisis de la tabla de contingencia para la variable virus del enanismo amarillo

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	86.25	68	0.0669
Chi Cuadrado MV-G2	80.38	68	0.1446
Coef.Cont.Cramer	0.57		
Coef.Cont.Pearson	0.78		

En la figura 40 nos indica que en el grado 3 se presentó la mayoría de UE con el 37%, siendo las variedades INIAP-Rumiñahui 69 e INIAP-Mirador 2010 que presentaron el 100% de plantas en este grado. Mientras que en el grado 2 mostró el 30% de UE, donde solo la variedad INIAP-Tungurahua 82 mostró el 100% de plantas en este grado. Además, las variedades INIAP-Amazonas 69, INIAP-Atacazo 69, INIAP-Quilindaña 94 e INIAP-Romero 73 presentaron al menos una UE en el grado 1. Sin embargo, los grados del 5 al 9 no se presentaron en la investigación ya que no se reflejó un amarillamiento completo de la planta y presencia de enanismo en la investigación.

Figura 40

Escala de grado de daño de BYDV



Según Pogo (2022) en el estudio de las 18 variedades en la localidad Eloy Alfaro se observó que el 17% del material evaluado presentaron un grado 1 con signos de amarillamiento; mientras que en esta investigación realizada en Chaltura presentó el 7% del material, indicando que existe más variedades resistentes al BYDV. Sin embargo, a pesar de que las dos localidades donde se realizaron los ensayos, el avance del virus del enanismo fue similar. Es importante mencionar que la presencia o ausencia de la enfermedad, transmitida por vectores, estuvo condicionada por las diferentes variables agroclimáticas presentes en cada área de estudio (Anderson et al., 1995).

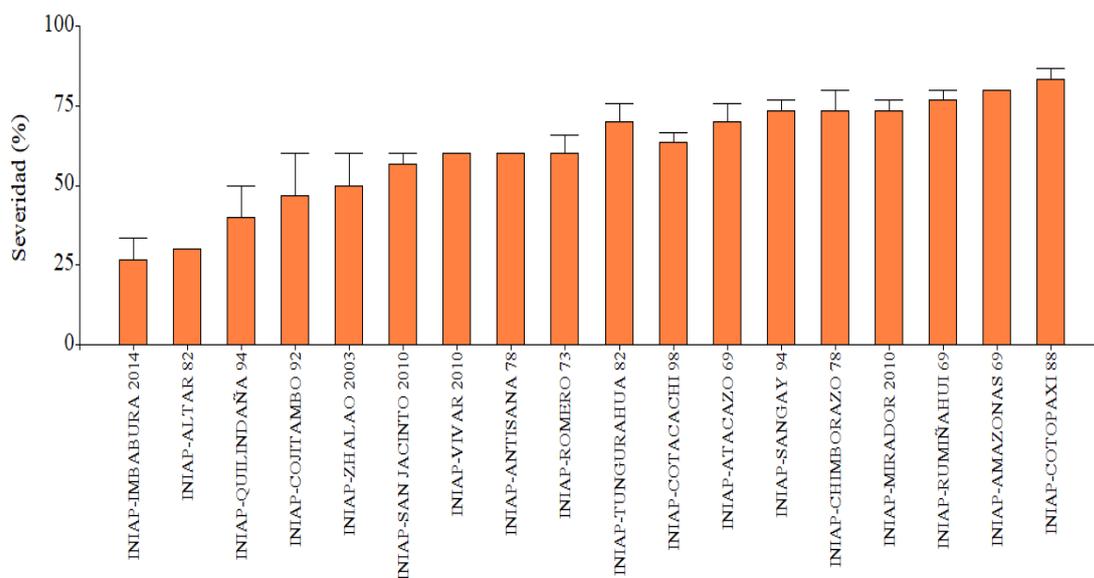
4.10.2 Roya de la hoja

El análisis estadístico realizado para la variable roya de la hoja mostró la existencia de diferencias significativas entre las distintas variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas (Gl:17; Valor F: 8.12; Valor $p < 0.0001$). En la figura 41 se muestra la severidad presente de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) en las diferentes variedades mejoradas de trigo; esta enfermedad comenzó a presentarse a los 55 días y mostró su

desarrollo final a los 96 días, tomando como referencia el porcentaje final de severidad. La variedad INIAP-Imbabura 2014 presentó signos de roya bajo el 30% de severidad, mostrando una resistencia a la enfermedad. Por otro lado, la variedad INIAP-Cotopaxi 88 mostró una infección superior al 60% de severidad siendo susceptible a la enfermedad.

Figura 41

Porcentaje de severidad de la roya de la hoja



El estudio realizado en la localidad Eloy Alfaro de las mismas variedades, se observó que el 17% de variedades superó el 60 % de severidad (Pogo, 2022). Mientras en Chaltura el 56% de variedades superaron el porcentaje mencionado (Figura 45). Por lo tanto, los estudios realizados en Chaltura han demostrado que las condiciones cálidas de esta región favorecen el desarrollo de enfermedades en el trigo, lo que se traduce en un mayor porcentaje de severidad.

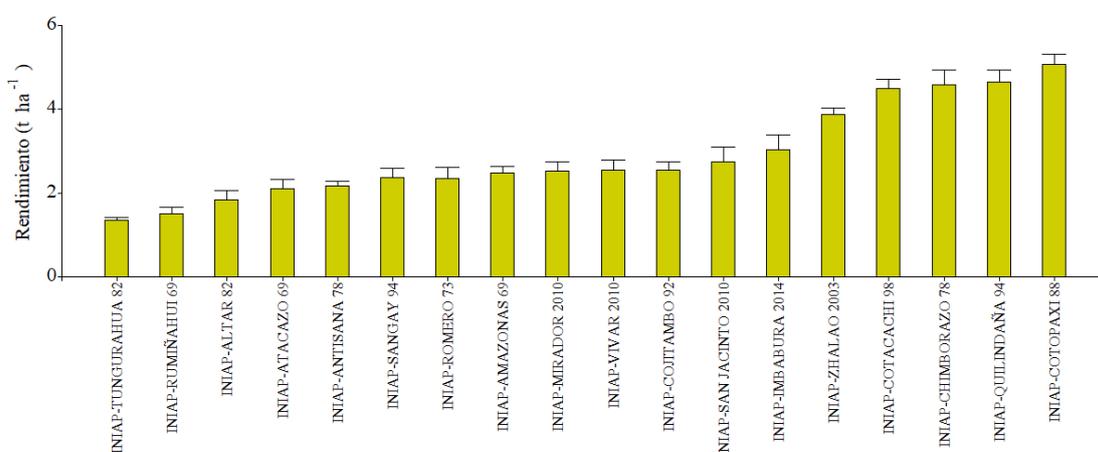
También es cierto que, en la misma localidad la variedad INIAP-Imbabura 2014, no registró infección con el 0% de severidad, mientras que en Chaltura las mismas variedades presentaron una fuerte resistencia a la enfermedad, demostrando que algunas plantas de trigo son más resistentes a la roya que otras dependiendo de la variedad (Pogo, 2022.; Ochoa et al., 2009).

4.11 Rendimiento de grano

Al evaluar el rendimiento de las variedades mejoradas de trigo mediante un análisis estadístico, se encontró que existen diferencias significativas entre ellas (Gl:17; Valor F: 22.28; Valor $p < 0.0001$). La Figura 42 muestra la diferencia de rendimiento entre las medidas de las variedades analizadas, en donde la variedad que presentó un mayor rendimiento fue INIAP-Cotopaxi 88 con 5.06 Tn/ha^{-1} . Por otro lado, la variedad con menor rendimiento fue INIAP-Tungurahua 82 con 1.36 Tn/ha^{-1} .

Figura 42

Variable evaluada rendimiento



En la comparación con el ensayo realizado en la localidad de Eloy Alfaro, se identificó que las 18 variedades de trigo tienen un rango de 2.5 hasta 6.8 Tn/ha^{-1} ., mientras que en esta investigación realizada en Chaltura se obtuvo un rango de 1.36 hasta 5.06 Tn/ha^{-1} tenido más bajos rendimientos. Además, la variedad INIAP-Amazonas 69 que presentó mayor rendimiento en Eloy Alfaro; en Chaltura la misma variedad presentó 2.48 Tn/ha^{-1} considerado como un bajo rendimiento (Galarza, 2023). Aun así, es frecuente que la misma variedad de planta tenga un rendimiento o calidad distinta cuando se cultiva en diferentes condiciones (Herrera, 2016).

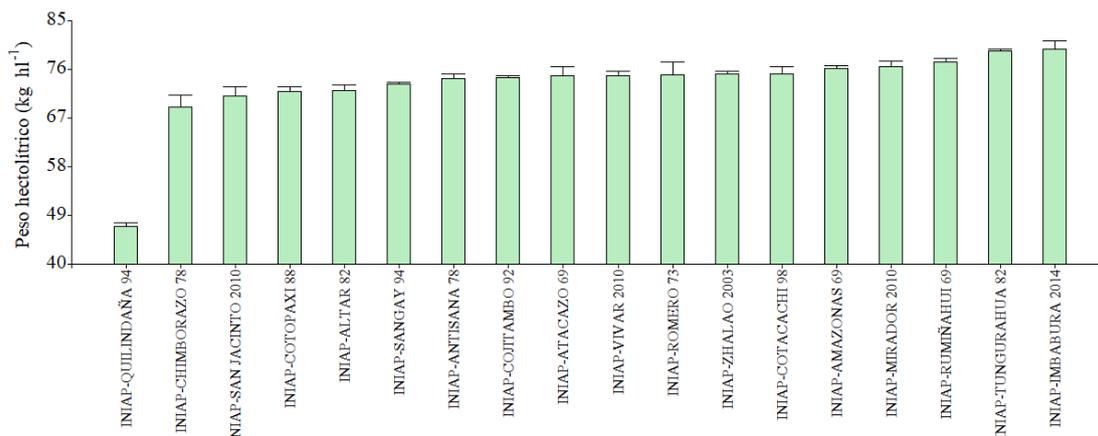
4.12 Peso hectolítrico

El análisis estadístico realizado para la variable peso hectolítrico reveló la existencia de diferencias significativas entre las distintas variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas (Gl:17; Valor F: 36.83; Valor $p < 0.0001$). Los resultados al evaluar el peso hectolítrico de las 18 variedades de trigo, se encontró un rango de valores que va

desde 47 hasta 79.70 kg/hl⁻¹ (Figura 43); existiendo así una diferencia de 32.7 kg/hl⁻¹. El 89% de variedades se encuentra sobre los 70 kg/hl⁻¹; sin embargo, las variedades INIAP-Imbabura 2014 e INIAP-Tungurahua 82 destacaron con pesos de 79.70 y 79.43 kg/hl⁻¹ respectivamente. Por otro lado, la variedad INIAP-Quilindaña 94 presentó un peso hectolítrico de 47 kg/hl⁻¹ donde obtuvo el menor peso en comparación a las demás.

Figura 43

Variable evaluada peso hectolítrico



En la investigación realizada de las mismas 18 variedades mejoradas de trigo en el cantón Cevallos, indicó que el 39% de variedades tiene un rendimiento superior a los 70 kg/hl⁻¹. (Galarza, 2023). Mientras que en Chaltura el 89% de variedades superaron el peso, mostrando mejores resultados en esta zona. La calidad del grano es una variedad que varía según las condiciones ambientales y factores que no se pueden controlar, como el encañado y el inicio del espigamiento, además, la disponibilidad de agua es un factor muy importante que favorece esta fase. (Ponce et al., 2022).

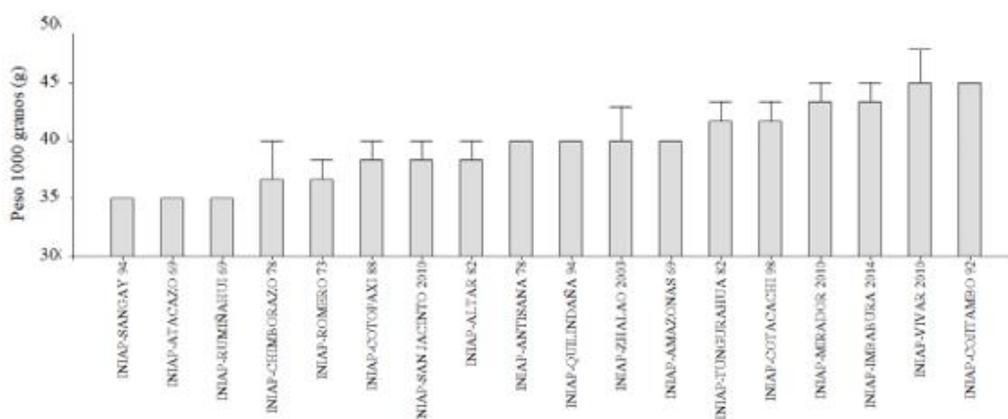
4.13 Peso de mil granos

El análisis estadístico realizado para la variable peso de mil granos reveló la existencia de diferencias significativas entre las distintas variedades mejoradas de trigo que fueron evaluadas (Gl:17; Valor F: 4.08; Valor p<0.0001). La Figura 44 permite observar la variación de peso de mil granos de las diferentes variedades de trigo; siendo las variedades INIAP-Cojitambo 92 e INIAP-Vivar 2010 las que tienen un mayor peso con 45 g. Las variedades INIAP-Tungurahua 82, INIAP-Cotacachi 98, INIAP-Mirador 2010, INIAP-Imbabura 2014 mostraron un peso de 41 a 43 gramos. Mientras que las variedades INIAP-Cotopaxi 88, INIAP-San Jacinto 2010, INIAP-Altar 82, INIAP-

Antisana 78, INIAP-Quilindaña 94, INIAP-Zhalao 2003, INIAP-Amazonas 69 registraron un rango de 38 a 40 gramos de peso en 1 000 granos. Las demás variedades se encuentran en un rango de 35 a 36 gramos, en donde se presentan 5 variedades que son: INIAP-Sangay 94, INIAP-Atacazo 69, INIAP-Rumiñahui 69, INIAP-Chimborazo 78, INIAP-Romero 73.

Figura 44

Peso de mil granos de trigo



Un estudio realizado en las instalaciones INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, mostró que la variedad INIAP-Imbabura 2014 posee un peso de 45 gramos en 1 000 granos, por su parte, la misma variedad en Chaltura presentó un peso de 43 gramos, teniendo una pequeña diferencia al ensayo anterior (Muñoz, 2020). A pesar de todo, Ponce et al. (2020) menciona que el peso de 1 000 granos de trigo está percibido en 45 gramos. Lo cual significa que en esta investigación las variedades INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Cojitambo 92 entran en ese rango.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo con las condiciones agroclimáticas de la granja experimental La Pradera en Chaltura, provincia de Imbabura se presentó adaptabilidad en las 18 variedades mejoradas de trigo. El resultado de la evaluación de las variables agro-morfológicas indica que, en los días al espigamiento, se observó un rango entre 56 y 66 días; de modo que, la variedad INIAP-Romero 73 resultó ser la más precoz, mientras que las variedades INIAP-Cotopaxi 88 e INIAP-Cotacachi 98 fueron las más tardías, ambas con 66 días; en comparación con las variedades de trigo vigentes liberadas por el INIAP, todas las variedades evaluadas en la investigación mostraron ser precoces. Este resultado podría estar relacionado con las condiciones altitudinales del lugar donde se llevó a cabo este estudio.

La variedad INIAP-Cojitambo 92 sobresale dentro del grupo evaluado por su altura promedio de 100 cm, una de las más altas del grupo. Además, posee el mayor rendimiento, cercano a las 4 Tm/ha⁻¹, y un peso hectolítrico de 76 kg/hl⁻¹. Estas características relevantes en la producción de trigo la convierten en una variedad competitiva frente a las modernas del mercado, posicionándose como una alternativa viable para la producción. En términos de rendimiento y calidad de grano, la variedad INIAP-Imbabura 2014 se ajustó mejor a las condiciones del estudio. Su peso hectolítrico de 79 kg/hl⁻¹ y su rendimiento de 5,6 Tm/ha⁻¹ la posicionan como una opción destacada. Sin embargo, es importante considerar que presenta un grano de color rojo, lo que puede ser una ventaja si se busca diversificar la producción y el consumo.

Los resultados revelaron que la variedad INIAP Imbabura 2014 e INIAP-Altar 82 presentaron menor severidad de la enfermedad de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) con un 26% de daño foliar respecto al resto de variedades; no obstante, los rendimientos obtenidos por las variedades evaluadas son inferiores a 4 Tm/ha⁻¹, a excepción de las variedades INIAP-Cotacachi 98, INIAP-Chimborazo 78, INIAP-Cotopaxi 88 e INIAP-Quilindaña 94, que a pesar de superar el 40% de severidad a la enfermedad, lograron alcanzar rendimientos óptimos y deseables.

5.2 Recomendaciones

Realizar una preparación del terreno previa a la siembra del trigo, es un factor determinante para el éxito del cultivo. Esta práctica fundamental crea las condiciones ideales para que las diferentes variedades de trigo se desarrollen de forma óptima, expresando todo su potencial genético y asegurando cosechas abundantes y resistentes a las adversidades.

Realizar investigaciones donde se prueben diferentes tipos de fertilización, ya que en variables de rendimiento y el buen desarrollo fenológico del cultivo tienen un papel muy importante, para identificar qué tipo de fertilización ayuda a mejorar el rendimiento.

Promover la siembra de 18 variedades de trigo mejoradas, destacando la variedad INIAP-Imbabura 2014, entre los agricultores de la región. Esta variedad se caracteriza por su alto rendimiento, la calidad del grano y su color, características que la convierten en una opción atractiva para consumidores y productores.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arredondo, G. C., Kohli, M. M., Agüero, M., Altamirano, E., y Quintana, G. B. (2016). Calidad industrial de variedades de trigo, Itapúa 80, Itapúa 85 y canindé 21. *Investigación agraria*, 18(2), 95-100.
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.diciembre.95-100>
- Banco Central del Ecuador [BCE]. (2016). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones Técnicas*, Vol.9, N°88.
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201504.pdf>
- Barrios, L. (2015). *Evaluación de la calidad de los cereales*. Scribd. Recuperado 3 de diciembre de 2022, de
<https://es.scribd.com/document/263196356/EVALUACION-DE-LA-CALIDAD-DE-LOS-CEREALES#>
- Barua, P., You, M. P., Bayliss, K., Lanoiselet, V., y Barbetti, M. J. (2017). Extended survival of puccinia graminis F. Sp. tritici Urediniospores: Implications for Biosecurity and On-farm Management. *Plant Pathology*, 67(4), 799-809.
<https://doi.org/10.1111/ppa.12794>
- Benalcázar, W. (2021). Agricultores carchenses reviven la producción del trigo nacional. *El Comercio*. Recuperado 3 de marzo de 2023, de
<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/agricultores-carchi-produccion-trigo-sierra.html#:~:text=Las%20espigas%20del%20trigo%20vuelven,toneladas%2C%20seg%C3%BAAn%20datos%20del%20INEC.>
- Bonilla, E. D., Reza, L. G., Espinal, C. F., Piñeiro, V., Segura, J. A., Diao, X., y Samacá, H. (2003). *Globalización y agricultura en las Américas: escenarios para el desarrollo tecnológico de la agricultura hemisférica*.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7871/1/BVE19040182e.pdf>
- Box, J. (2005). Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas. *Mundi-Prensa*, 123.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=309808>

- Camargo, M. S., Felício, J. C., y Júnior, L. S. R. (1987). Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. *Bragantia*, 46(2), 183-190. <https://doi.org/10.1590/s0006-87051987000200003>
- Campillo, R. (2004). Fertilización del cultivo de trigo en el borde costero de la Araucanía en la gestión del nitrógeno. En *Manual de recomendaciones del cultivo de trigo* (Ed.). Colección Libros INIA N° 28. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7687/NR39299.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Christensen, C. M., Dubin, H. J., Fuentes, S. F., Prescott, J., y Saari, E. (1977). Manual de campo: Enfermedades y plagas comunes del trigo. En *CIMMYT eBooks*. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/3869>
- CIAT. (2022). *Annual report 2022*. Alliance Bioversity International. <https://alliancebioversityciat.org/2022-annual-report>
- Coba, G. (2023). Ecuador cerró 2022 con la canasta básica más cara de su historia. En *PRIMICIAS* (Ecuador, pp. 1-2).
- Coronel, J., Falconí, E., Garófalo, J., Rivadeneira, M., y Abad, S. (2010). *INIAP – VIVAR 2010 Nueva Variedad de trigo para el sur del Ecuador*. Gualaceo, EC: INIAP, Estación Experimental del Austro, Programa de Cereales, 2010. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5748>
- Duque, C. (1994). Etapas fenológicas del trigo y sus aplicaciones prácticas. *FAO*. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?request_locale=ar&recordID=CO20000009959
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-2019*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado 3 de marzo de 2023, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2019/>
- ESPAC. (2021). Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. Recuperado 1 de septiembre de 2023, de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Trigo.pdf>

- Estrada, D. (2023). Producción de trigo en Durango creció 63%. *El Siglo de Durango*, 1. <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/2023/produccion-de-trigo-crecio-63.html>
- Ezpeleta, A. M. (2017). Relaciones bioclimáticas del trigo en los monegros. *Geographicalia*, 28, 145. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.1991281847
- Falconi, E., Garófalo, J., Ponce, L., Coronel, J., y Abad, S. (2014). *INIAP-Imbabura 2014: Nueva variedad de trigo de grano rojo para zonas trigueras del Ecuador*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, 2014. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3293>
- Falconí, E., Monar, C., Rivadeneira, M., Ponce, L., Garófalo, J., y Abad, S. (2010). *INIAP-San Jacinto 2010: Nueva variedad de trigo para el Centro y Norte del Ecuador*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, 2010. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2637?mode=simple>
- Fleitas, M. C., Mondal, S., Gerard, G. S., Hernández-Espinosa, N., Singh, R. P., Crossa, J., y Guzmán, C. (2020). Identification of CIMMYT spring bread wheat germplasm maintaining superior grain yield and quality under heat-stress. *Journal of Cereal Science*, 93, 102981. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102981>
- GAD Municipal del Cantón Antonio Ante. (2023). *Parroquias*. Antonio Ante. Recuperado 8 de enero de 2024, de <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/parroquias/>
- Galarza, E. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de dieciocho variedades mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) liberadas por el INIAP en el Campus Querochaca, Cevallos* [Pregrado]. Universidad Técnica de Ambato.
- García, E., Villaseñor, H., Sandoval, J., Leyva, S., Benítez, I., y Cruz, S. (2018). Genética de la resistencia a la roya del tallo en planta adulta en genotipos élite de trigo harinero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 385-392. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.385-392>
- Garófalo, J., Ponce, L., y Abad, S. (2011). *Guía del cultivo de trigo*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/381>

- Garro, E. (2014). *El suelo y los abonos orgánicos* (Ed.) [INTA].
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Grupo Banco Mundial [GBM]. (2008). Informe sobre el desarrollo mundial 2008: Agricultura para el desarrollo. *Mundi-Prensa y Mayol Ediciones*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=303490>
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Ediciones Mundi-Prensa.
<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471147974/cultivos-herbaceos-extensivos->
- Hernández, L., Hernández, N., Soto, F. C., y De Los A Pino, M. (2010). Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 54-61.
<https://doi.org/10.1234/ct.v31i1.119>
- Holguín, B., y Allan, A. (2017). Comportamiento de la producción de harina de trigo en Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador*,
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.htm>, 3.
- Howard, M., y Gómez, M. (2001). *Trigo regado: Manejo Del Cultivo*. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#Contents>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (Ed.). (2005). *Informe anual 2005*. Cuenca, Ecuador.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2365>
- Kass, D. (1999). *Fertilidad de suelos* (Ed.). EUNED.
<https://books.google.com.ec/books?id=sRua411JhvgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Lalama, M. (1979). *Avances de las investigaciones realizadas en el cultivo de trigo en el litoral ecuatoriano* (Boletín N° 5). INIAP.
- Lavilla, M. (2021). Efecto sobre el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum*) de la roya amarilla causada por *Puccinia striiformis* F. Sp. tritici. *Agronomía mesoamericana*, 46141. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46141>
- Louis Dreyfus Company [LDC]. (2018). *La historia del trigo: La semilla que alimentó a la humanidad*. Recuperado 27 de octubre de 2023, de
<https://www ldc.com/ar/es/stories-insights/la-historia-del-trigo-la-semilla-que-alimento-a-la-humanidad/>

- Ma, H., Singh, R. P., y Mujeeb-Kazi, A. (1997). Resistance to stripe rust in durum wheats, A-genome diploids, and their amphiploids. *Euphytica*, 94(3), 279-286. <https://doi.org/10.1023/a:1002979706378>
- Maldonado, D. (2023). FAO advierte sobre caída en la producción de trigo en el mundo. *IALIMENTOS*. Recuperado 5 de junio de 2023, de <https://www.revistaialimentos.com/es/noticias/fao-advier-te-sobre-caida-en-la-produccion-de-trigo-en-el-mundo>
- Manangón, P. (2014). *Evaluación de siete variedades de trigo (Triticum aestivum L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m s.n.m. Juan Montalvo-Cayambe-2012* [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.
- Martín. (1990). *Cultivo del trigo en producción de granos y forrajes*. Editorial Limusa.
- Martínez, A. (2007). *AGRICULTURA 1.0*. (2ª Ed.) [Agrotécnica]. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/agricultura-a-martinez_tcm30-563118.pdf
- Martínez, E., Buendía, B., Mir, H., Rosa, R., Espitia, E., y Buendía, M. (2019). La incidencia de roya amarilla y la calidad industrial del grano y la masa en trigo harinero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 143-154. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1333>
- Martínez, V. (2019). Características del trigo. *Botánica online*. Recuperado 5 de noviembre de 2023, de <https://www.botanical-online.com/botanica/trigo-caracteristicas>
- Mellado, Z., y Mario. (2004). *Boletín de trigo 2004. Manejo Tecnológico [en línea]*. (Ed.). Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7017>
- Mendizábal, T. F. (2008). *Fisiología del cultivo de trigo y calidad del grano bajo diferentes regímenes de fertilización nitrogenada*. <http://edtb.euskomedia.org/4937/>
- Merchán, H., Lutz, E., y Morant, A. (2007). Producción de un trigo doble propósito defoliado en distintos estados de desarrollo del ápice de crecimiento. *Phyton (Buenos Aires)*, 76, 133-142. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol76/merchan.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2019). *Pichincha aumentará producción de trigo, para contribuir en reducción de importaciones*. Sistema

- Nacional de Información. Recuperado 4 de diciembre de 2022, de <https://www.agricultura.gob.ec/pichincha-aumentara-produccion-de-trigo-para-contribuir-en-reduccion-de-importaciones/>
- Morales, B., y Rodrigo, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Moscardi, E. (1974). El trigo en Ecuador. *CIMMYT*. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/3862>
- Muñoz, V. (2020). *Evaluación de los atributos físicos de calidad de los granos de trigo (*triticum spp*) y cebada (*hordeum vulgare*) producidos en el Ecuador, comparando métodos tradicionales y alternativos*. [Pregrado]. UDLA.
- Ochoa, S., Valverde, F., Novoa, V., Cartagena, Y. C., y Parra, R. (2009). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del callejón interandino* (Boletín Técnico No. 127). INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/432>
- Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2001). *Onsensus document on the biology of triticum aestivum*. CIBIOGEM. Recuperado 27 de octubre de 2023, de <https://conahcyt.mx/cibiogem/trigo>
- Parent, S. (2023). *¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos?* PRO MIX. Recuperado 9 de noviembre de 2023, de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>
- Patiño, V. M. (1963). Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. En *Impr. Departamental eBooks*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA91713601>
- Pogo, A. (2022). *Evaluación de las variedades mejoradas de trigo (*triticum aestivum l.*) del INIAP bajo condiciones agroecológicas del campus Salache, UTC 2021 - 2022* [Pregrado]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., y Noroña, P. (2019). *Parámetros de evaluación y selección en cereales* (Manual N 11). Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2019. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce, L., Garófalo, J., y Noroña, P. (2022). Trigo (*Triticum aestivum L.*): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos. *Repositorio digital INIAP*, 22 p.

- Rawson, M., y Gómez, H. (2001). *Trigo regado* (Ed 1). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Riofrio, A. (2022). *Evaluación de la respuesta de líneas de trigo frente a puccinia striiformis f. sp. tritici. durante el desarrollo vegetativo y fase de espigado, en la Parroquia Licto, del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo* [Posgrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rivadeneira, M., y Ponce, L. (2003). Mejoramiento genético de cebada y trigo en Ecuador. *INIAP*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3145/1/iniapsc6535p75.pdf>
- Rodríguez, E., Sahagún, J., Villaseñor, E., Molina, D., y Martínez, Á. (2022). ESTABILIDAD DE SIETE VARIEDADES COMERCIALES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DE TEMPORAL. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2), 143. <https://doi.org/10.35196/rfm.2002.2.143>
- Ruiz, J., Medina, G., González, J., Flores, H., Ramíres, G., Ortiz, R., Byerly, K., y Martínez, R. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (Segunda Ed, Vol. 3). INIFAP. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf
- Schierenbeck, M. (2019). *Impacto de la mancha amarilla y roya de la hoja en la dinámica del nitrógeno en cultivares de trigo con diferente tolerancia, bajo aplicación de fertilización nitrogenada y fungicidas*.
<https://doi.org/10.35537/10915/65853>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *¿Por qué el trigo en grano es tan valioso?* gob.mx. Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/por-que-el-trigo-en-grano-es-tan-valioso>
- Shewry, P. R., y Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, 4(3), 178-202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
- Simón, M., y Fleitas, C. (2022). Impacto de las enfermedades en el cultivo [Universidad Nacional de la Plata]. En *Enfermedades de trigo: Vol. Vol.6* (p. 1).
- Sotelo, B. S., y Campuzano, D. L. F. (1995). ESPECIES DE *Fusarium* CAUSANTES DE LA PUDRICION DE ESPIGAS DEL TRIGO EN EL DEPARTAMENTO

DE NARIÑO. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 13(1), 36-46.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6191432.pdf>

Soto, F., Plan, R., y Hernández, N. (2006). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) y triticale (X *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Scielo*. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de

<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v30n3/ctr140309.pdf>

Universiad Técnica del Norte [UTN]. (2023). *Campus universitario*. UTN Informativo.

Recuperado 8 de enero de 2024, de <https://www.utn.edu.ec/campus-universitarios/>