

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE AGROPECUARIA



### “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA”

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

#### AUTOR:

Marino Bladimir Cadena Montenegro

#### DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, 2024

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

## “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA (*Avena sativa* L.), 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:

Ing. Doris Chalampunte, PhD.  
**DIRECTOR**

FIRMA

Ing. Miguel Gómez, MSc.  
**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:	0401647409		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Marino Bladimir Cadena Montenegro		
DIRECCIÓN:	Natabuela, calle García Moreno y Flores Vásquez		
EMAIL:	bladimircadena@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2535413	TELÉFONO MÓVIL:	0963317990

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA ( <i>Avena sativa</i> L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA”
AUTOR (ES):	Marino Bladimir Cadena Montenegro
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	05/01/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Chalampunte, PhD.

#### 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2024

EL AUTOR:

Marino Bladimir Cadena Montenegro

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marino Bladimir Cadena Montenegro, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de Enero de 2024



Ing. Doris Chalampunte, PhD.  
DIRECTORA DE TESIS

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 05 días del mes de Enero de 2024

Marino Bladimir Cadena Montenegro: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA GRANJA 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 Enero del 2024 89 páginas.

**DIRECTORA:** Ing. Doris Chalampunte, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en la Granja Experimental La Pradera. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar características morfológicas y fenológicas de tres líneas promisorias de avena con respecto a dos variedades comerciales.
- Evaluar severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.
- Analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

Ing. Doris Chalampunte, PhD.  
**Directora de Trabajo de Grado**

Marino Bladimir Cadena Montenegro

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi sincero agradecimiento para el personal docente de la Universidad Técnica del Norte, quienes con su conocimiento contribuyeron en mi formación académica.*

*Al Programa de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en especial al personal técnico: Ing. Luis Ponce, Ing. Javier Noroña e Ing. Javier Garófalo. A todos ellos gracias por la confianza y el apoyo en la realización de mi proyecto de titulación.*

*A mi tutora Ing. Doris Chalampunte, PhD. y asesor Ing. Miguel Gómez gracias por creer en mí y brindarme su apoyo moral y profesional cuando más lo necesitaba. Las largas horas de su tiempo en la supervisión, edición y guía de este estudio jamás serán olvidadas.*

*Bladimir Montenegro*

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Aura Elisa Montenegro y mi hermana Leidy Alexandra Montenegro quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y valentía, de no temer a las adversidades.*

*A mi padrino Luis Guapulema que en el cielo estará orgulloso de mi y mi madrina Hilad Montenegro, por su cariño, consejos y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.*

*A mis compañeros y especialmente a mis amigos de clase ya que nunca faltó un consejo para ayudarme en este proceso.*

*Bladimir Montenegro*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.4.3 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Características del cultivo .....	5
2.2. Origen de la Avena .....	5
2.3. Taxonomía .....	6
2.4 Descripción botánica.....	6
2.4.1 Raíz .....	6
2.4.2 Tallo.....	6
2.4.3 Hoja.....	6
2.4.4 Inflorescencia.....	7
2.4.5 Espiguilla .....	7
2.4.6 Flor.....	7
2.4.7 Semilla .....	7
2.5 Descripción fenológica de la avena .....	7
2.5.1 Emergencia .....	8
2.5.2 Macollamiento .....	8
2.5.3 Encañamiento.....	8

2.5.4 Embuchamiento .....	8
2.5.5 Espigado.....	8
2.5.6 Floración .....	8
2.5.7 Grano lechoso .....	8
2.5.8 Grano pastoso.....	8
2.5.9 Madurez fisiológica .....	9
2.6 Rendimiento del cultivo de avena.....	9
2.7 Plagas y enfermedades .....	9
2.7.1 Barley Yellow Dwarf virus (BYVD).....	9
2.7.2 Roya de la hoja de la avena.....	10
2.8 Variedades de avena establecidas en Ecuador .....	11
2.8.1 INAP-82.....	11
2.8.2 INIAP-FORTALEZA-2020.....	12
2.8.3 Desarrollo de variedades mejoradas del INIAP.....	13
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	15
3.1.1 Características climáticas y edáficas.....	15
3.1.2 Características de la Granja Experimental La Preadera.....	16
3.2 MATERIALES .....	16
3.3 MÉTODO .....	16
3.3.1 Factores de estudio.....	17
3.3.2 Diseño experimental .....	17
3.3.3 Características del experimento .....	17
3.3.4 Análisis estadístico.....	18
3.3.5 Variables evaluadas .....	18
3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	25
3.4.1 Selección del lote .....	25
3.4.2 Preparación del suelo .....	25
3.4.3 Desinfección de semilla .....	25
3.4.4 Siembra .....	26

3.4.5 Fertilización .....	26
3.4.6 Control de malezas.....	26
3.4.7 Controles fitosanitarios .....	26
3.4.7 Cosecha.....	26
3.4.8 Trilla.....	26
3.4.9 Beneficio de la semilla.....	26
CAPÍTULO IV.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1 Vigor de la planta.....	27
4.2 Hábito de crecimiento o porte.....	28
4.3 Días al panojamiento.....	29
4.4 Altura de la planta.....	31
4.5 Tipo de paja.....	33
4.6 Rendimiento de grano .....	34
4.7 Peso hectolítrico.....	36
4.8 Tipo y color de Grano .....	38
4.9 Severidad y tipo de reacción de <i>Puccinia coronata</i> f. sp. <i>avenae</i> .....	39
4.10 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).....	42
4.11 Comparación interna de resultados.....	44
CAPÍTULO V.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
5.1 CONCLUSIONES .....	48
5.2 RECOMENDACIONES.....	48

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pulgón de la avena ( <i>Rhopalosiphum padi</i> ).....	10
<b>Figura 2.</b> Decoloración amarilla hasta la base de las hojas, raíces y follaje atrofiados. ....	10
<b>Figura 3.</b> Roya de la hoja de la avena ( <i>Puccinia coronata</i> f. sp. <i>avenae</i> ).....	11
<b>Figura 4.</b> Área de estudio asignada para la evaluación de avena.....	15
<b>Figura 5.</b> Croquis, medidas del diseño experimental .....	17
<b>Figura 6.</b> Escala para evaluar hábitos de crecimiento tomado de los parámetros de evaluación y selección de cereales de INIAP, 2019.....	19

<b>Figura 7.</b> Toma de datos de panojamiento en campo. ....	20
<b>Figura 8.</b> Toma de datos de altura de planta en campo.....	20
<b>Figura 9.</b> Escala de evaluación del tipo de paja de avena.....	21
<b>Figura 10.</b> Secado del grano para medir el rendimiento.....	22
<b>Figura 11.</b> Medición de peso hectolítrico en avena. ....	22
<b>Figura 12.</b> Muestra de tipo y color de grano.....	23
<b>Figura 13.</b> Escala de porcentaje de severidad para la enfermedad Puccinia Coronata f. sp. avenae (Roya de la hoja).....	24
<b>Figura 14.</b> Vigor de la planta en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura. ....	27
<b>Figura 15.</b> Hábito de crecimiento o porte de plantas de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Ecuador. ....	29
<b>Figura 16.</b> Días al panojamiento de la avena. ....	30
<b>Figura 17.</b> Gráfico de medias para la variable Altura en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.....	32
<b>Figura 18.</b> Tipo de paja en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura. ....	33
<b>Figura 19.</b> Rendimiento de grano de avena en t ha <sup>-1</sup> en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.....	35
<b>Figura 20.</b> Peso hectolítrico des líneas promisorias y variedades de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura. ....	37
<b>Figura 21.</b> Tipo de grano en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura. ....	39
<b>Figura 22.</b> Severidad de Puccinia Coronata f. sp. avenae en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura. ....	40
<b>Figura 23.</b> Tipo de reacción de Puccinia Coronata f. sp. avenae en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.....	42
<b>Figura 24.</b> Incidencia del BYDV en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.....	43

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características agronómicas de la variedad mejorada INIAP-Fortaleza 2020. ....	12
--	----

<b>Tabla 2.</b> <i>Características del área de estudio.</i> .....	16
<b>Tabla 3.</b> <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación.</i> .....	16
<b>Tabla 4.</b> <i>Variedades, líneas promisorias, origen y código de la avena.</i> .....	17
<b>Tabla 5.</b> <i>Análisis de varianza del experimento (ADEVA).</i> .....	18
<b>Tabla 6.</b> <i>Escala de evaluación de vigor en plantas.</i> .....	19
<b>Tabla 7.</b> <i>Escala de evaluación del hábito de crecimiento o porte de plantas de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	19
<b>Tabla 8.</b> <i>Escala de evaluación de tipo de paja de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.</i> .....	21
<b>Tabla 9.</b> <i>Escala de evaluación para tipo de grano de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.</i> .....	23
<b>Tabla 10.</b> <i>Escala para determinar el tipo de reacción de Puccinia Coronata f. sp. avenae (Roya de la hoja).</i> .....	24
<b>Tabla 11.</b> <i>Escala para determinar el grado de daño por virosis en plantas de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.</i> .....	25
<b>Tabla 12.</b> <i>Análisis de tablas de contingencia para el vigor de planta en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.</i> .....	27
<b>Tabla 13.</b> <i>Análisis de tablas de contingencia para el hábito de crecimiento o porte de planta en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.</i> .....	28
<b>Tabla 14.</b> <i>Análisis de varianza para días al Panojamiento de plantas de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	29
<b>Tabla 15.</b> <i>Análisis de varianza para la altura de planta en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	31
<b>Tabla 16.</b> <i>Análisis de tablas de contingencia para el tipo de paja en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	33
<b>Tabla 17.</b> <i>Análisis de varianza para el rendimiento de grano <math>t\ ha^{-1}</math> en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	34
<b>Tabla 18.</b> <i>Análisis de varianza para el peso hectolítrico en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	36
<b>Tabla 19.</b> <i>Análisis de tablas de contingencia para el tipo de grano en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	38

<b>Tabla 20.</b> <i>Análisis de varianza para la Severidad de Puccinia coronata en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura</i> .....	40
<b>Tabla 21.</b> <i>Análisis de tablas de contingencia para la variable tipo de reacción de Puccinia Coronata f. sp. avenae en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	41
<b>Tabla 22.</b> <i>Tabla de frecuencias relativas para la variable incidencia del BYDV en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.</i> .....	43
<b>Tabla 23.</b> <i>Tabla de comparación de resultados internos de características morfológicas y fenológicas de tres líneas promisorias con respecto a dos variedades comerciales.</i> .....	44
<b>Tabla 24.</b> <i>Tabla de comparación de resultados internos de evaluación de severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.</i> .....	45
<b>Tabla 25.</b> <i>Tabla de comparación de resultados internos de rendimiento y parámetros de calidad en los materiales de estudio</i> .....	46

# **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA-IMBABURA.**

Autor : Cadena Montenegro Marino Bladimir

Universidad Técnica del Norte

Correo: mbcadenam@utn.edu.ec

## **RESUMEN**

En Ecuador, la dependencia en la importación de avena persiste debido a la baja productividad, provocada por la falta de variedades adaptadas a las condiciones locales. Para abordar esto, se realizó una investigación en la Granja Experimental La Pradera, en colaboración con el programa de cereales del INIAP. Se evaluaron líneas y variedades de avena para su comportamiento agronómico, resistencia a plagas, enfermedades y rendimiento. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cinco tratamientos y se evaluaron diferentes características de las plantas y la calidad del grano. Los resultados, analizados estadísticamente, mostraron variabilidad significativa en las características evaluadas. La variedad INIAP-FORTALEZA 2020 destacó en altura alcanzando 125.77 cm, mientras que la línea AS-17-001 fue la más baja con 102.13 cm. En términos de rendimiento por hectárea, la línea AS-11-005 fue la más alta con 7.71  $\text{tha}^{-1}$ , superando a las variedades comerciales, mientras que la línea promisorio AS-17-001 fue la que obtuvo el rendimiento más bajo. La presencia de Roya de la hoja afectó negativamente a algunas variedades, como la AS-17-001 y la INIAP-82, reduciendo su rendimiento, mientras que otras, como INIAP-FORTALEZA 2020, AS-11-005 y AS-17-002, mostraron resistencia. Esta investigación señala un avance importante para mejorar la producción local de avena en Ecuador al identificar variedades prometedoras que podrían reducir la dependencia de la importación y aumentar su disponibilidad en el mercado nacional.

**Palabras clave:** Línea promisorio, rendimiento, variabilidad, roya y variedades mejoradas

## ABSTRACT

In Ecuador, dependence on oat imports persists due to low productivity, caused by the lack of varieties adapted to local conditions. To address this, research was conducted at Granja Experimental La Pradera, in collaboration with the INIAP cereal program. Oat lines and varieties were evaluated for agronomic performance, resistance to pests, diseases, and yield. A randomized block design with five treatments was used and different plant characteristics and grain quality were evaluated. The results, analyzed statistically, showed significant variability in the characteristics evaluated. The INIAP-FORTALEZA 2020 variety stood out in height reaching 125.77 cm, while the AS-17-001 line was the lowest with 102.13 cm. In terms of yield per hectare, line AS-11-005 was the highest with 7.71 tha<sup>-1</sup>, surpassing the commercial varieties, while the promising line AS-17-001 had the lowest yield. The presence of leaf rust negatively affected some varieties, such as AS-17-001 and INIAP-82, reducing their yield, while others, such as INIAP-FORTALEZA 2020, AS-11-005 and AS-17-002, showed resistance. This research marks an important step forward in improving local oat production in Ecuador by identifying promising varieties that could reduce dependence on imports and increase their availability and yield.

**Key words:** Promising line, yield, variability, rust, improved varieties.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) destaca que la avena (*Avena sativa* L.) ocupa el quinto lugar entre los cereales más producidos a nivel mundial, precedido por el trigo, maíz, arroz y cebada. Este grano, originario de Europa y Asia Central y perteneciente a la familia Poaceae y tuvo un modesto inicio en la historia del cultivo. En tiempos antiguos, se percibía más como una maleza que como un cultivo de importancia, a diferencia del trigo y la cebada (Beratto, 2006).

Este cereal desempeña un papel fundamental en la alimentación del ganado bovino y desempeña un papel esencial en la dieta y alimentación humana (Latham, 2002). Se trata de un cereal anual con granos comestibles de alto valor nutricional. Estos granos contienen cantidades significativas de nutrientes, tales como fibra soluble, proteínas, ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales, todos ellos elementos esenciales para una dieta equilibrada en la vida diaria (Ronco, 2013).

En Ecuador, este cereal adquiere una relevancia significativa debido a que su versatilidad lo ha llevado a que sea cultivada en una extensión de 1177 hectáreas en la Sierra ecuatoriana, con un rendimiento promedio de 0.74 toneladas por hectárea. A pesar de su importancia, la producción anual de avena en grano en el país es la más baja en comparación con otros países de América del Sur, alcanzando las 885 toneladas anuales (Ponce et al., 2020). Por otro lado, según datos de la FAO (2018), las importaciones en el país ascendieron a 37624 toneladas métricas.

Sin embargo, su producción se enfrenta a desafíos serios, particularmente con enfermedades como las royas, que pueden reducir la productividad hasta en un 100% en aquellas variedades susceptibles. Para contrarrestar este problema, el uso de variedades mejoradas, diseñadas para resistir estas enfermedades, se ha revelado como la estrategia más económica y eficiente. El Programa de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha sido un pilar clave durante los últimos 61 años en la creación y desarrollo de nuevas tecnologías y variedades mejoradas, enfocadas en características específicas como resistencia a enfermedades, aumento de la productividad y mejora en la calidad industrial (Ponce et al., 2020).

## 1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, los cereales desempeñan un papel fundamental en la canasta básica familiar y en la dieta de la población. A pesar de esto, seguimos enfrentando una significativa dependencia de las importaciones de cereales. En respuesta a esta situación, el INIAP ha estado dedicando sus esfuerzos durante las últimas seis décadas a un objetivo claro: proporcionar a los productores de cereales en Ecuador nuevas variedades mejoradas y tecnología innovadora que tenga el potencial de impulsar la producción y la productividad en el sector. Este enfoque se orienta hacia un futuro en el cual podamos satisfacer de manera efectiva las necesidades y la creciente demanda de estos productos esenciales en el país (Ponce et al., 2019).

En Ecuador, es ampliamente conocido que la producción de avena a nivel agrícola es muy limitada. Por lo tanto, la mayoría de la avena consumida por la población es importada de otros países. En el año 2021, la importación de avena alcanzó \$1.75 millones, esto lo convirtió en el importador número 38 a nivel mundial de este producto (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2021).

Debido a su baja relevancia económica, los recursos destinados para la investigación de este cultivo son limitados. En consecuencia, existe una notable escasez de información sobre el comportamiento agronómico tanto de las variedades de avena actualmente cultivadas como de las nuevas variedades o líneas promisorias introducidas por el INIAP. Esta falta de datos es aún más evidente cuando consideramos las diversas zonas del país, cada una caracterizada por condiciones edafoclimáticas únicas y diferentes presiones de enfermedades. Es fundamental abordar esta carencia de conocimiento para mejorar la producción de avena en el país.

De esta manera, las líneas promisorias AS-17-005, AS-17-002 y AS-17-001, mismas que provienen de cruzamientos de un ancestro común ER1AS2020 con S-5, S-4 y S-3, respectivamente; y, las variedades INIAP-82 e INIAP-FORTALEZA-2020 (Ponce et al., 2020), no han sido evaluadas bajo las condiciones y factores ambientales que presenta la Granja Experimental La Pradera, por lo que su comportamiento agronómico es aún desconocido en esta zona. Este hecho dificulta al INIAP recomendar alternativas para los agricultores de este sitio.

Por otro lado, las epidemias recurrentes de enfermedades causadas por los hongos como Roya (*Puccinia coronata f. sp. avenae*) o Fusarium (*Fusarium graminearum* Link ex Grey, 1821); y, la afectación de plagas en avena continúa causando pérdidas en los cultivos a nivel mundial y posiblemente en el Ecuador, disminuyendo el rendimiento y el peso del grano en un

75 y 60% respectivamente (Leyva et al., 2004), convirtiéndose en un problema grave para quienes dependen de este cultivo.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La Granja Experimental la Pradera, al estar ubicada en la provincia de Imbabura y pertenecer a la zona Andina del Ecuador, es un lugar propicio para probar el comportamiento de las diferentes líneas promisorias de avena, debido a que posee las condiciones de altitud, temperatura, suelo y precipitaciones óptimas para el desarrollo del cultivo, con el fin de recolectar datos que sean útiles para determinar cuál de estas es la que mejor se adapta a la región.

Por otra parte, resulta necesario llevar a cabo una evaluación exhaustiva de las características morfológicas y fenológicas de las tres líneas promisorias en comparación con las variedades comerciales ya establecidas. Asimismo, es esencial cuantificar la severidad del impacto de las plagas y enfermedades en el cultivo, con el objetivo de determinar la capacidad de tolerancia que estas líneas promisorias pueden ofrecer.

Este proyecto contribuye a la investigación macro que viene realizando INIAP en diferentes zonas del callejón interandino del Ecuador (Imbabura, Cotopaxi y Tungurahua), con el objetivo de identificar las variedades de avena más prometedoras que exhiban altos rendimientos, resistencia a enfermedades, tolerancia a diferentes condiciones ambientales y calidad de grano. Estos hallazgos permitirán ampliar el rango de zonificación, es decir, las áreas geográficas donde estas variedades pueden crecer con éxito bajo condiciones agronómicas similares o iguales a las de la zona de investigación. Esto traerá beneficios significativos para los agricultores del sector, la provincia y el país en general.

Este enfoque tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que reduce la necesidad de aplicar fertilizantes y pesticidas en la producción de avena. Además, el mejoramiento genético se presenta como una opción económicamente viable para aumentar o estabilizar la producción de avena. Finalmente, esto también proporciona una oportunidad para ingresar a nuevos mercados internacionales, lo que puede abrir puertas a oportunidades comerciales y beneficios económicos adicionales.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Determinar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en la Granja Experimental La Pradera.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Comparar características morfológicas y fenológicas de tres líneas promisorias de avena con respecto a dos variedades comerciales.
- Evaluar severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.
- Analizar el rendimiento y los parámetros de calidad de grano de los materiales en estudio.

### **1.43 HIPÓTESIS**

- **Ha:** Al menos una de las líneas promisorias se adapta, presenta rendimientos deseables en producción de grano o tiene tolerancia a enfermedades o plagas.
- **Ho:** Ninguna de las líneas promisorias se adapta y los rendimientos son bajo y de poca tolerancia a plagas y enfermedades.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Características del cultivo**

El cultivo de avena se destaca por su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y de suelo. Con un ciclo de crecimiento rápido, la avena puede germinar y madurar en un período relativamente corto. Además, muestra tolerancia a la sombra y puede producir una alta cantidad de biomasa, lo que la hace adecuada tanto para la alimentación del ganado como para mejorar la salud del suelo siendo usado como un cultivo de cobertura (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SEGARPA], 2017 ).

Esta gramínea es de comportamiento anual y versátil, se adapta a distintas condiciones ambientales, pero se desarrolla de mejor manera en zonas templadas frías, es un cultivo que se considera de buena calidad y se cultiva ampliamente con el propósito de producir grano para alimentación humana o forraje para alimentación animal (Wehrhahne, 2009).

Entre las características que destacan de esta especie se encuentran; su adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelo, alto valor biológico de la proteína presente en sus granos, en términos de resistencia, la avena generalmente es menos susceptible a enfermedades y plagas en comparación con otros cultivos de cereales. Por último, su valor nutricional es notable, ya que es rica en fibra dietética, vitaminas, minerales y antioxidantes (Chavarría y Vega, 2003).

#### **2.2. Origen de la Avena**

Las avenas cultivadas remontan su origen en Asia Central. Aunque su historia no es conocida, se sabe que no era un cultivo de importancia en épocas tempranas como el trigo o la cebada, ya que, antes de ser cultivada como tal, la avena fue considerada como una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos de esta gramínea se hallaron en Egipto, pero no se tiene evidencia de que esta civilización la haya cultivado (Anaya, 2017). Por su parte, los restos más antiguos encontrados de que se haya cultivado la avena se localizaron en Asia central y están datados entre los años 3000 a 2000 a de C., en la Edad de Bronce (Merchancano et al., 2022).

### 2.3. Taxonomía

La avena (*A. sativa* L.) es descrita por primera vez por Carlos Linnaeus y publicada en *Species Plantarum* (1753). “Avena” es un nombre genérico que deriva del latín “Alimentación”; “Sativa” de igual manera proviene del latín y significa “cultivada” y por su parte Anaya (2017), realiza la siguiente clasificación taxonómica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Avena</i>
Especie:	<i>Avena sativa</i> L.

### 2.4 Descripción botánica

La avena es una planta herbácea anual, presenta un tallo recto que puede alcanzar una altura aproximada de 50 cm con entrenudos, sus hojas son alargadas y presenta una inflorescencia llamada espiga (Jiménez, 2016).

#### 2.4.1 Raíz

El sistema radicular de la avena es pseudofasiculado, lo que significa que tiene una raíz principal adventicia que se ramifica ampliamente. Estas raíces son fibrosas y se desarrollan principalmente en los nodos inferiores del tallo. En comparación con otros cereales, las raíces de la avena son más abundantes y pueden llegar a ser más profundas (Jiménez, 2016).

#### 2.4.2 Tallo

La avena presenta tallos rectos y huecos que varían en altura de 0.6 m a 1.5 m. El primer subnudo se encuentra en la unión del escutelo con el embrión, mientras que el segundo subnudo se encuentra en el punto de unión del mesocotilo con el cleotilo, donde se encuentra el punto de crecimiento. En comparación con el tallo del trigo, el tallo de la avena tiene un diámetro ligeramente mayor y es más suave en textura (Jiménez, 2016).

#### 2.4.3 Hoja

La avena es una planta que produce un abundante número de hojas. Estas hojas son alargadas y lanceoladas, pudiendo alcanzar una longitud de hasta 40 cm. Su limbo es estrecho y de un característico color verde azulado, lo que la distingue claramente del trigo y la cebada.

Además, las hojas de la avena presentan una vaina cerrada con una lígula corta y ovalada. Un rasgo distintivo de la avena es que las hojas se enrollan hacia la izquierda y no presentan aurículas, lo que la diferencia de otros cereales (Jiménez, 2016).

#### **2.4.4 Inflorescencia**

En el extremo superior de cada tallo de avena, se forman panículas que consisten en espiguillas individuales dispuestas en forma suelta y compuesta. La ramificación del eje es racimosa en la parte inferior y cimosa en la parte superior. Las panículas pueden tener de cuatro a nueve verticilos. Aunque en apariencia puede parecer que varias ramas primarias emergen del mismo nudo, en realidad solo hay una rama principal de la cual se ramifican las demás, disminuyendo la ramificación a medida que se asciende hacia el ápice del tallo (Jiménez, 2016).

#### **2.4.5 Espiguilla**

Las espiguillas son colgantes, se producen en los ejes secundarios que se unen por medio de un pedicelo. El número de espiguillas en cada panícula es variable y depende principalmente del cultivar, pudiendo encontrar de 20 a 150 espiguillas por panícula. La espiguilla está formada por dos glumas y dos a cuatro antecios. Los antecios, a su vez, poseen una lemma o glumela inferior, una patea o glumela superior y la flor (Jiménez, 2016).

#### **2.4.6 Flor**

Las flores poseen tres estambres y pistilo simple, el cual posee un ovario, un estilo y un estigma bífido de carácter plumoso. En la base del pistilo se encuentra el ovario, el cual presenta dos lodículas o glumelulas; estas se originan externamente en la parte basal del tallo (Jiménez, 2016).

#### **2.4.7 Semilla**

Cada semilla se encuentra contenida en un fruto llamado cariósipide que mide en promedio 15 mm, el cual presenta una estructura llamada pericarpio; este corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unida a la testa de la semilla. Las semillas son alargadas y acanaladas, su color varía comúnmente del blanco al amarillo (Jiménez, 2016).

### **2.5 Descripción fenológica de la avena**

El ciclo fenológico de la avena se puede resumir en dos etapas clave. En la primera etapa, que va desde la germinación hasta el encañado, la planta experimenta un crecimiento vegetativo vigoroso, con el desarrollo de hojas, el fortalecimiento del sistema radicular y el alargamiento del tallo. En la segunda etapa, que abarca desde la espigazón hasta la madurez fisiológica, se

produce la formación y maduración de las espiguillas, incluyendo la polinización y el desarrollo de las semillas. Finalmente, la cosecha se lleva a cabo para aprovechar el grano, el forraje u otros fines específicos (Hilegario, 2016).

### **2.5.1 Emergencia**

Es la aparición de los primeros tejidos de la planta sobre la superficie del suelo, que generalmente presenta de una a dos hojas primordiales (Hilegario, 2016).

### **2.5.2 Macollamiento**

Cuando el 50% de las plantas ha macollado, es decir que las plantas presentan brotes o retoños, el primer macollo efectivo proviene de la yema auxiliar de la segunda hoja preformada en el embrión (Hilegario, 2016).

### **2.5.3 Encañamiento**

Cuando el 50% de las plantas presentan el primer nudo a dos o tres centímetros del suelo (Hilegario, 2016).

### **2.5.4 Embuchamiento**

La espiga evidente se encuentra envuelta dentro de la vaina de la hoja bandera (Hoja superior) (Hilegario, 2016).

### **2.5.5 Espigado**

También llamado prefloración, cuando el 50% de las plantas tienen espigas completamente libres de la vaina foliar (Hilegario, 2016).

### **2.5.6 Floración**

Cuando el 50% de las espigas, las florecillas se abren y las anteras liberan polen (Hilegario, 2016).

### **2.5.7 Grano lechoso**

Cuando el 50% de las espigas presentan granos que al ser presionados con los dedos liberan un líquido de color blanco (Hilegario, 2016).

### **2.5.8 Grano pastoso**

Cuando el 50% de las panojas presentan granos que resisten al ser presionados con la uña (Hilegario, 2016).

### **2.5.9 Madurez fisiológica**

Cuando el grano ha perdido agua, las plantas presentan el pedúnculo de color amarillento (Hilegario, 2016).

### **2.6 Rendimiento del cultivo de avena**

El rendimiento promedio del cultivo de avena en Ecuador puede variar entre 1.5 y 3 toneladas por hectárea. Sin embargo, es importante destacar que esta cifra puede variar según la región del país y las prácticas de manejo implementadas por los agricultores. Factores como el clima, el tipo de suelo, el uso de fertilizantes y pesticidas, así como la elección de variedades de avena adecuadas, pueden influir en el rendimiento final. Por lo tanto, es necesario considerar estos aspectos para obtener una estimación más precisa del rendimiento del cultivo de avena en diferentes áreas de Ecuador (Reascos y Vásquez, 2015).

### **2.7 Plagas y enfermedades**

Las principales plagas que atacan el cultivo de avena consisten en áfidos que transmiten virus, entre los más destacados el virus del enanismo amarillo de la cebada también llamado Barley Yellow Dwarf virus (BYVD) además de hongos como la Roya (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*) y Fusarium (*Fusarium graminearum*.). Según (Ponce et al., 2010) las principales plagas y enfermedades que se presentan en los cereales incluido el cultivo de avena son:

#### **2.7.1 Barley Yellow Dwarf virus (BYVD)**

El virus del enanismo amarillo de la cebada (BYVD por sus siglas en inglés) es una de las enfermedades viral que se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial y afecta a varias especies de hierbas de la familia Poaceae, que puede llegar a causar pérdidas económicas considerables en diversos cereales como cebada, trigo, arroz y avena (Wegulo y Hein, 2008).

Los síntomas del enanismo amarillo de la cebada pueden variar ampliamente y pueden confundirse con los de otras enfermedades y condiciones, como deficiencias nutricionales, enfermedades de raíz y corona, y estrés ambiental. El diagnóstico preliminar del enanismo amarillo de la avena se basa en la presencia de áfidos que actúan como vectores y en la aparición de plantas afectadas que son más pequeñas y presentan un color amarillento (Figura 1), agrupadas individualmente o en pequeñas áreas entre las plantas sanas (González et al., 2021).

**Figura 1.** *Pulgón de la avena (Rhopalosiphum padi).*



**Nota.** Adaptado de Cherry oat aphid (*Rhopalosiphum padi*). [Fotografía], de Nischwitz, C. 2015, [https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension\\_curall](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension_curall).

Además, un síntoma característico es la decoloración de las hojas (Figura 2), que puede manifestarse en tonos de amarillo, rojo o púrpura, comenzando desde la punta y extendiéndose hacia abajo y desde el margen hacia la nervadura central (Nischwitz, 2015).

**Figura 2.** *Decoloración amarilla hasta la base de las hojas, raíces y follaje atrofiados.*



**Nota.** Adaptado de Yellow discoloration down to the base of the leaves, stunted roots and foliage [Fotografía], de Nischwitz, C. 2015, [https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension\\_curall](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension_curall).

### **2.7.2 Roya de la hoja de la avena**

*Puccinia coronata* f. sp. *avenae* (Roya de la Hoja) es el hongo responsable de causar la enfermedad de la roya, las importantes pérdidas de rendimiento provocadas por este patógeno hacen que la roya sea la enfermedad más devastadora en la industria de la avena, la infección por

el patógeno conduce al acame de la planta y que el grano sea arrugado de mala calidad (Nazareno et al., 2018).

Esta infección puede tener varios efectos negativos. Esto incluye una disminución del rendimiento debido a la reducción de la fotosíntesis y la producción de granos (Figura 3), el debilitamiento general de la planta, la defoliación prematura y la afectación de la calidad del grano. Estos efectos pueden llevar a una menor producción de nutrientes, un crecimiento debilitado y granos de menor tamaño y peso (Veribona, 2006).

**Figura 3.** *Roya de la hoja de la avena (Puccinia coronata f. sp. avenae).*



*Nota.* Adaptado de *Roya de la hoja de la avena (Puccinia coronata f. sp. avenae)* [Fotografía], Herbario de Fitopatología. [https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=6792](https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=6792)

## 2.8 Variedades de avena establecidas en Ecuador

### 2.8.1 INIAP-82

La variedad "INIAP-82" fue introducida en 1967 al Programa de Cereales (Sección Avena) de la Estación Experimental "Santa Catalina" a partir de material segregante proveniente de la Estación Experimental de Tibaitatá, ICA, Colombia. Esta variedad es el resultado de un cruce entre Cherokee-Ukraine y C.I. 6969, y su pedigrí es II-1435-3t-1e-6e-1E. Durante el período de 1967 a 1970, se llevó a cabo un proceso para fijar sus características genéticas. La variedad "INIAP-82" se destacó en pruebas de rendimiento y adaptabilidad en diferentes zonas regionales, localidades y altitudes (Fuentes, 1984).

El mismo autor también menciona que "INIAP-82" presenta como una de sus principales ventajas un rendimiento superior en comparación con otras variedades de avena y se destaca por

su resistencia a enfermedades comunes que afectan a este cultivo, lo cual contribuye a mantener la salud y vitalidad de las plantas (Fuentes, 1984).

Además, otra característica notable de "INIAP-82" es su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y geográficas. Ha demostrado ser capaz de crecer y desarrollarse exitosamente en diferentes regiones del país, incluyendo áreas de alta y baja altitud, así como en suelos con variaciones características. Esta adaptabilidad permite que los agricultores puedan cultivarla en una amplia gama de ambientes, maximizando así su potencial productivo (Fuentes, 1984).

### 2.8.2 INIAP-FORTALEZA-2020

La variedad "INIAP-Fortaleza 2020" es una variedad desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Fue lanzada en el año 2020 como resultado de un programa de mejoramiento genético de cultivos. "INIAP-Fortaleza 2020" se destaca por sus características superiores en términos de rendimiento, adaptabilidad y resistencia a enfermedades (Jiménez et al., 2020).

Esta variedad es el resultado de un cruce entre las líneas 79BORDENAVE, SELECTION/KENYA y SR LINE, cuyo historial de selección es 88-19-2E-15E-4E-1E-0E-0E-0E. Esta línea fue desarrollada por el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina en 1988 y evaluada en esta estación hasta 2015. Posteriormente, fue enviada a la Estación Experimental del Austro para continuar con el proceso de mejoramiento. Desde entonces, "INIAP-Fortaleza 2020" ha sido evaluada en varias localidades de Cañar, Azuay y Loja, con el objetivo de comprobar su adaptabilidad y rendimiento en diferentes regiones de Ecuador, Además presenta buenas características agronómicas (Tabla 1) (Jiménez et al., 2020).

**Tabla 1.** Características agronómicas de la variedad mejorada INIAP-Fortaleza 2020.

Características	Descripción
Altura de planta en cm	130 - 140
Días al panojamiento	70 - 80
Días a la cosecha para grano	150 - 160
Días a la cosecha para ensilaje tipo funda	100 - 110
Rendimiento potencial (t ha <sup>-1</sup> ) materia verde	53
Rendimiento promedio (t ha <sup>-1</sup> ) materia seca	10.06
Rango de rendimiento en grano seco (t)	5 - 6
Peso de 1000 granos (g)	47
Estrés hídrico	tolerante
Reacción a enfermedades:	

Roya de la hoja	Resistente
Roya del tallo	Resistente
Virosis (BYDV)	Resistente

*Fuente:* Adaptado de “Boletín N° 448, INIAP. 2020” (pg.2)

### 2.8.3 Desarrollo de variedades mejoradas del INIAP

El desarrollo de variedades mejoradas implica la creación de nuevas plantas con características superiores a través de un proceso de mejora genética. Estas mejoras pueden abarcar diversos aspectos, como un mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, capacidad de adaptarse a condiciones adversas, mejor calidad del producto y cumplimiento de requisitos agronómicos específicos. En resumen, el objetivo es obtener variedades de plantas que sean más eficientes y beneficiosas para los agricultores, al tiempo que satisfacen las necesidades y demandas de los consumidores (Bautista, 2022).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (1982), desarrollo un esquema de mejoramiento genético para todos los cultivos para el desarrollo de variedades mejoradas y comprende las siguientes etapas:

- **Colección de especies:** es fundamental conocer y evaluar el material genético disponible en el país. Esto implica identificar y utilizar las variedades nativas y extranjeras que poseen características favorables como fuentes genéticas. Al aprovechar las cualidades positivas de estas variedades, se busca desarrollar nuevas variedades mejoradas que combinen características deseables y se adapten a las condiciones locales (Tufiño, 1982).  
**Ensayos internacionales:** ayudan a incorporar a los programas de mejoramiento, el material genético extranjero que presenta buenas cualidades de rendimiento y adaptación a las condiciones ecológicas de la zona (Tufiño, 1982).
- **Bloques de cruzamiento:** contienen variedades nativas y extranjeras con el objetivo de generar una amplia variabilidad genética que permita identificar líneas promisorias con buen comportamiento en el campo. Estas líneas se cruzan entre sí para transferir los caracteres que contribuyan a un aumento de la productividad en las nuevas variedades resultantes (Tufiño, 1982).
- **línea segregante:** durante un periodo de seis años (F1-F6), se lleva a cabo el estudio de la descendencia y se realiza una selección anual de plantas individuales que exhiben características fenotípicas favorables (Tufiño, 1982).

- **Ensayos de rendimiento:** se componen del material seleccionado, como líneas avanzadas y se realiza una comparación con variedades comerciales como testigos (Tufiño, 1982).
- **Ensayos regionales:** La validación de las líneas promisorias se lleva a cabo en diversas zonas ecológicas del país, diferentes a las estaciones experimentales y se compara su desempeño con las variedades comerciales existentes (testigos) (Tufiño, 1982).
- **Multiplicación de semilla:** En esta etapa se consigue aumentar la cantidad de semilla, conservar la pureza varietal y realizar la última evaluación en superficies semi-comerciales de la línea o material que está por constituirse en variedad mejorada.

El objetivo de este proceso es determinar, en función de su comportamiento, si las líneas promisorias deben ser ratificadas o eliminadas del cultivo comercial. Esta evaluación se realiza en todas las regiones productivas del país, lo que permite obtener información precisa sobre el rendimiento, la adaptabilidad y otras características relevantes de las nuevas variedades en diferentes condiciones ambientales y geográficas. Al compararlas con las variedades comerciales establecidas, se toman decisiones informadas sobre la inclusión o exclusión de las líneas promisorias en la producción comercial de cultivos (Tufiño, 1982).

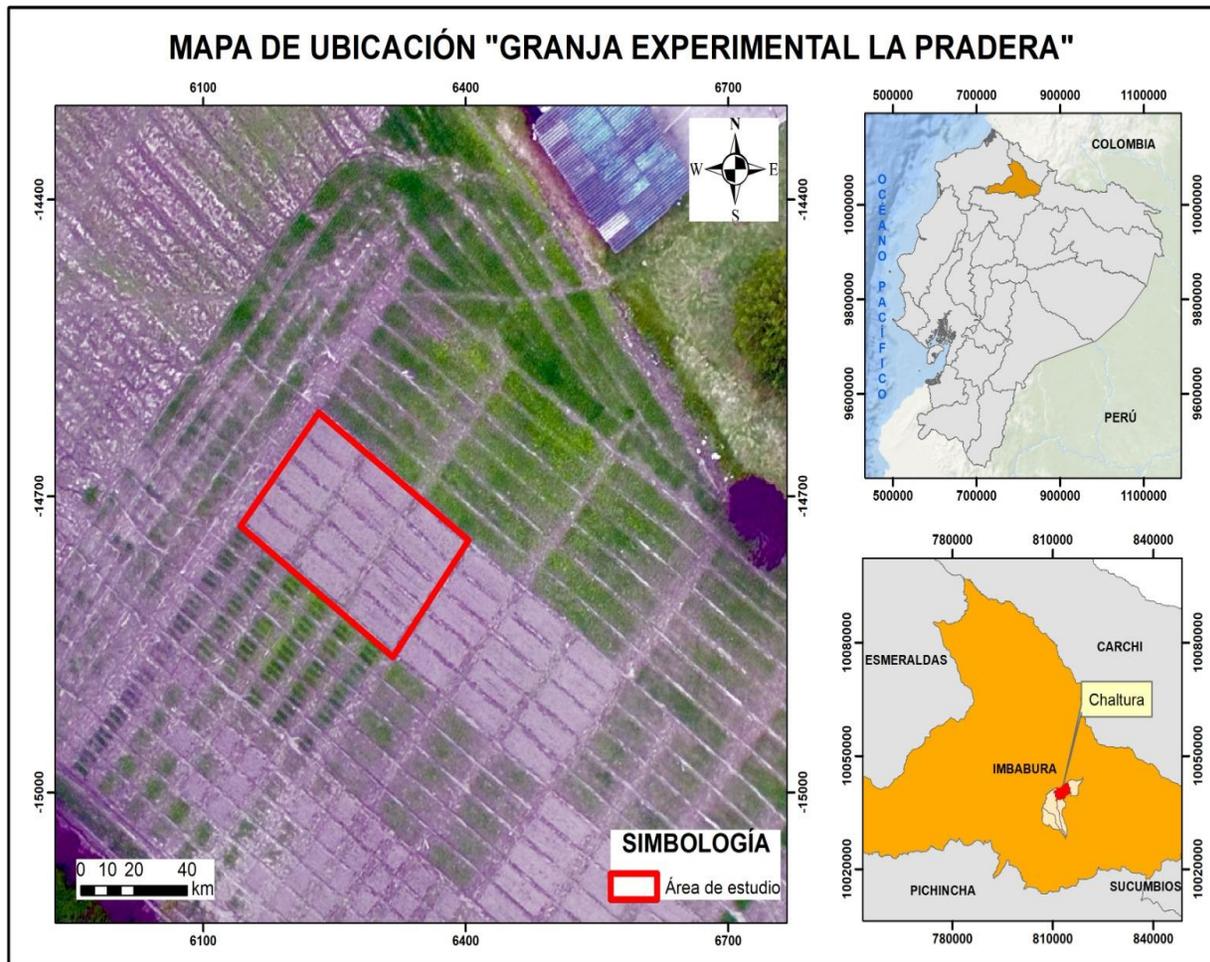
# CAPÍTULO III

## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental La Pradera, de la parroquia San José de Chaltura, en el cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura (Figura 4).

**Figura 4.** Área de estudio asignada para la evaluación de avena.



#### 3.1.1 Características climáticas y edáficas

En el lugar donde se realizó la investigación, las condiciones agroclimáticas y edáficas se caracterizan por una temperatura máxima de 25 °C y una temperatura mínima de 14 °C. El clima es subhúmedo, con una precipitación anual que oscila entre 700 y 950 mm. En cuanto a las

características del suelo, este presenta una textura franca y un pH de 7.6. Estas condiciones ambientales y edáficas proporcionan el contexto en el cual se llevó a cabo el estudio y son factores importantes para considerar y comprender los resultados obtenidos (Flores, 2023).

### 3.1.2 Características de la Granja Experimental La Pradera

El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente y cuenta con una serie de características que se detallan a continuación (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Características del área de estudio.*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Ubicación	“Granja Experimental La Pradera”
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	Chaltura
Provincia	Imbabura
Altitud	2350 m.s.n.m.
Latitud	00° 21' 32.31" Norte
Longitud	78° 12' 15.02" Oeste.

### 3.2 MATERIALES

La Tabla 3 detalla los materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron para el correcto desarrollo del trabajo de investigación.

**Tabla 3.** *Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación.*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Herramientas</b>
Rótulos	Computadora	Insecticida	Azadón
Libreta de campo	Cámara fotográfica	Fertilizante	Rastrillo
Cinta métrica	Impresora	Herbicida	Bomba de fumigar
Estacas	GPS	5 líneas de avena	
Piola			

### 3.3 MÉTODO

Para dar cumplimiento al objetivo principal, el presente proyecto será diseñado bajo un planteamiento metodológico cuantitativo y cualitativo, ya que es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación, por ende, se realizó un diseño de tipo experimental.

### 3.3.1 Factores de estudio

En la presente investigación se comparó tres líneas promisorias con respecto a dos variedades comerciales de avena, estas semillas fueron proporcionadas por el Programa de Cereales del INIAP, mismas que tienen el siguiente origen y código (Tabla 4).

**Tabla 4.** Variedades, líneas promisorias, origen y código de la avena.

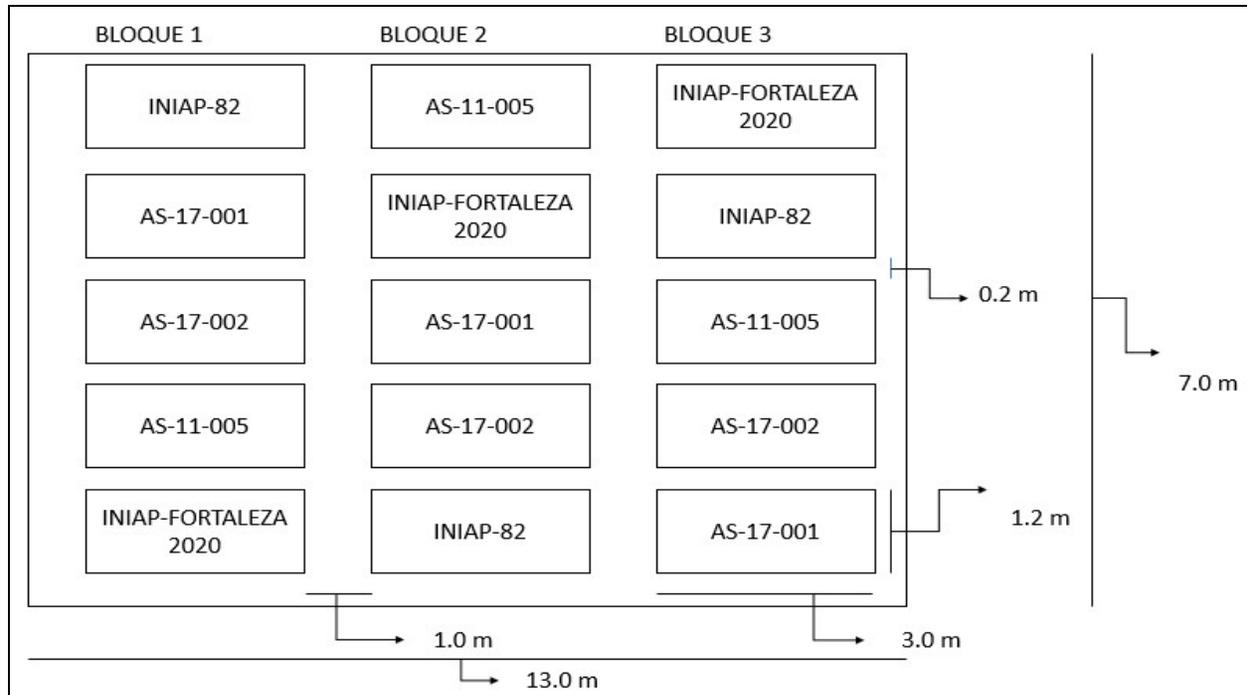
Germoplasma	Origen		Código
Variedad 1	-		INIAP-82
Variedad 2	-		INIAP-FORTALEZA 2020
Línea 1	ERSAS2020	S-3	AS-17-001
Línea 2	ERSAS2020	S-4	AS-17-002
Línea 3	ERSAS2020	S-5	AS-11-005

*Nota.* ER1= Ensayo de Rendimiento 1

### 3.3.2 Diseño experimental

Las líneas promisorias y variedades se implementaron en campo bajo un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 3.6 m<sup>2</sup> (3.0 m x 1.20 m)(Figura 5).

**Figura 5.** Croquis, medidas del diseño experimental.



### 3.3.3 Características del experimento

- Área total del ensayo: 91 m<sup>2</sup>
- Número de líneas promisorias: 3 (AS-17-001, AS-17-005 y AS-11-005)

- Número de variedades: 2 (INIAP-82 e INIAP-FORTALEZA 2020)
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 15
- Área de la unidad experimental: 3.60 m<sup>2</sup>
- Distancia de siembra: Chorro continuo
- Densidad de siembra para el área experimental: 36 g

### 3.3.4 Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron analizados con el software InfoStat versión profesional 2020, se realizó análisis de varianza ADEVA y tablas de contingencia al 5% (Tabla 5).

**Tabla 5.** *Análisis de varianza del experimento (ADEVA).*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>GL</b>
Total	$(t \times R) - 1$	14
Bloques	$(t - 1)$	4
Variedades	$(R - 1)$	2
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	8

### 3.3.5 Variables evaluadas

La evaluación del cultivo se realizó a través del Manual No. 111 de Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales publicado por el INIAP. Este manual proporciona las pautas y criterios necesarios para llevar a cabo la evaluación y selección de los cultivos de cereales, estableciendo los parámetros y metodologías adecuadas para medir y analizar distintas características de las plantas. El uso de este manual garantiza la uniformidad y estandarización en el proceso de evaluación, lo cual permite obtener resultados comparables y confiables en la evaluación de los cultivos de cereales (Ponce et al. 2019), en este sentido se ha evaluado las siguientes variables:

#### 3.3.5.1 Vigor

Evaluar el vigor tiene como objetivo observar la expresión genética de cada material. El vigor es la fuerza con la que crecen las plantas, basándose en el desarrollo general del cultivo (tamaño de planta, tamaño de hoja, población), este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, comparando el desarrollo general de las plantas, entre líneas o parcelas (Tabla 6) (Ponce et al. 2019).

**Tabla 6.** Escala de evaluación de vigor en plantas.

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

Fuente: Ponce et al. (2019)

Este parámetro se mide cuando las plantas presentan de cuatro a cinco hojas, antes del inicio del macollamiento.

### 3.3.5.2 Hábito de crecimiento o porte

Este parámetro está relacionado con la forma en la que crece la planta, fundamentalmente en cuanto a la disposición de las hojas y tallos durante las etapas iniciales, se utiliza una escala de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas (Tabla 7) (Figura 6) (Ponce et al. 2019).

**Tabla 7.** Escala de evaluación del hábito de crecimiento o porte de plantas de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.

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

Fuente: Ponce et al. (2019).

Este parámetro se lo mide cuando la planta se encuentra en la etapa de macollamiento.

**Figura 6.** Escala para evaluar hábitos de crecimiento tomado de los parámetros de evaluación y selección de cereales de INIAP, 2019.



Postrado

Intermedio

Erecto

**Nota.** Adaptado de Parametros de Evaluación y Selección de Cereales (p. 20), por L. Ponce, 2019.

### 3.3.5.3 Días al panojamiento

Es el número de días contados desde la siembra hasta que las espigas de las plantas aparecen en la parcela, este parámetro se lo mide de forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que la planta se encuentre en etapa de desarrollo y el 50% de espigas de la parcela aparezcan en su totalidad (Figura 7) (Ponce et al. 2019).

**Figura 7.** Toma de datos de panojamiento en campo.



### 3.3.5.4 Altura de la planta

Este parámetro se lo mide en centímetros desde la superficie del suelo hasta el extremo de la panoja, empleando una regleta o cinta métrica, excluyendo los macollos laterales (Figura 8). El momento de evaluación es cuando la planta ha alcanzado la madurez comercial, es decir al momento de la cosecha (Ponce et al. 2019).

**Figura 8.** Toma de datos de altura de planta en campo.



### 3.3.5.5 Tipo de paja

Según Ponce et al. (2019) es la estimación de la madurez y flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el viento y el acame del cultivo (Figura 9), este parámetro se evalúa dependiendo mucho del criterio del técnico y de las condiciones reinantes durante el desarrollo del cultivo, para esta medición se utilizó la siguiente escala (Tabla 8).

**Tabla 8.** Escala de evaluación de tipo de paja de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.

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

Fuente: Ponce et al. (2019).

Este parámetro se lo mide en la etapa de madurez del cultivo, cuando el cariópside esta duro (difícil de dividir).

**Figura 9.** Escala de evaluación del tipo de paja de avena.



1 Fuerte

2 Intermedia

3 Débil

**Nota.** Adaptado de Parametros de Evaluación y Selección de Cereales (p. 26), por L. Ponce, 2019.

### 3.3.5.6 Rendimiento de grano

Para Ponce et al. (2019) es uno de los parámetros más importantes, debido a que nos muestra el potencial en grano que cada material puede alcanzar. Este valor viene dado en g/parcela, pero lo podemos transformar a kg ha<sup>-1</sup> y así estimar el rendimiento potencial en cada accesión.

Este parámetro se lo midió al pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, para esto el grano debe estar limpio y seco al sol, hasta que el material alcance una humedad del 14% (Figura 10).

**Figura 10.** *Secado del grano para medir el rendimiento.*



### 3.3.5.7 Peso hectolítrico

El peso hectolítrico es una medida que indica la relación entre el peso del grano y un volumen específico. En general, se considera que un mayor peso hectolítrico está asociado a una mejor calidad del grano. Para determinar este peso se utiliza una balanza especializada diseñada para medir el peso específico del grano (Figura 11). La unidad de medida utilizada es el kilogramo por hectolitro ( $\text{kg hl}^{-1}$ ). Es crucial obtener una estimación precisa, por lo tanto, se recomienda tomar varias mediciones al azar y calcular un promedio para minimizar posibles errores (Ponce et al., 2019).

**Figura 11.** *Medición de peso hectolítrico en avena.*



### 3.3.5.8 Tipo y color de grano

Según Ponce et al. (2019) el tipo de grano se refiere a la clasificación del grano según su color, forma, tamaño uniformidad y daño (Figura 12). Esta evaluación se realizó una vez que el grano ha alcanzado su completa madurez y se ha secado por completo. El mencionado autor propone una escala para clasificar el grano en diferentes categorías según estos criterios (Tabla 9).

**Figura 12.** Muestra de tipo y color de grano.



**Tabla 9.** Escala de evaluación para tipo de grano de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.

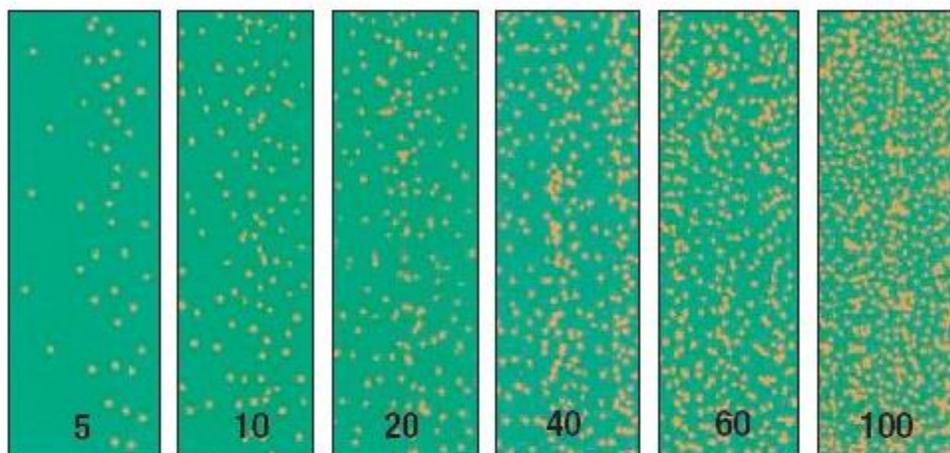
Escala	Descripción
1	Grano excelente, grueso, grande, amarillo o blanco
2	Grano mediano, grueso, blanco o amarillo
3	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado

Fuente: Ponce et al. (2019).

### 3.3.5.9 Severidad y tipo de reacción de *Puccinia Coronata* f. sp. avenae (Roya de la hoja de la avena)

Para cuantificar el daño causado por la afectación de Roya de la hoja en el cultivo de avena, se utilizó la escala modificada de Cobb, la cual se basa en observaciones visuales con el uso de intervalos de porcentaje, según la gravedad de la infección (Figura 13) (Ponce et al., 2019).

**Figura 13.** Escala de porcentaje de severidad para la enfermedad *Puccinia Coronata f. sp. avenae* (Roya de la hoja).



**Nota.** Adaptado de *Parametros de Evaluación y Selección de Cereales* (p. 43), por L. Ponce, 2019.

Además, para poder determinar el tipo de reacción se utilizó la escala descrita en la Tabla 10, donde se relaciona el porcentaje de severidad con el tipo de reacción.

**Tabla 10.** Escala para determinar el tipo de reacción de *Puccinia Coronata f. sp. avenae* (Roya de la hoja).

Reacción	Relación con el %	Síntomas y signos
0	0-5	Ningún síntoma visible en la planta
R	5-10	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias.
MR	10-20	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
M	20-40	Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos
MS	40-60	Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis
S	60-100	Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

**Nota.** (R: Resistente; MR: Moderadamente Resistente; M: Intermedio; MS: Moderadamente susceptible; S: Susceptible). **Fuente:** Ponce et al. (2019).

### 3.3.5.10 Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV)

La evaluación de esta variable se la realizó visualmente, utilizando la escala descrita por Schaller y Qualset (1980) (Tabla 11), para determinar grado de afectación por virosis (Ponce et al., 2019).

**Tabla 11.** Escala para determinar el grado de daño por virosis en plantas de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.

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

Fuente: Ponce et al. (2019).

### 3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1 Selección del lote

El lote donde se realizó los ensayos cumplió con los siguientes aspectos: no haber sido cultivado con ningún cereal el ciclo anterior y una pendiente del suelo no mayor al 5% (Garófalo et al., 2011).

#### 3.4.2 Preparación del suelo

La preparación de suelo se realizó con la debida anticipación (un mes antes de la siembra), garantizando que exista una adecuada descomposición de las malezas, residuos y/o abono orgánico (estiércoles), a incorporarse al lote. La preparación del suelo consistió en un pase de arado y dos pases de rastra. Un terreno bien preparado favorece la germinación y facilita el establecimiento del cultivo (Garófalo et al., 2011).

#### 3.4.3 Desinfección de semilla

La semilla fue desinfectada con Fludioxonilo (Celest) en dosis de  $2 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$  de semilla. Luego de la desinfección la semilla se dejó secar para no incrementar la humedad del grano. La desinfección ayuda a reducir la diseminación de enfermedades transmitidas por semilla como son: carbones, septoria y algunas especies de *Fusarium* sp., entre los más importantes (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.4 Siembra**

Para la siembra INIAP facilitó la semilla, debidamente desinfectada y etiquetada para cada unidad experimental. Previo a la siembra, se consideró que el suelo tuviera una adecuada humedad (capacidad de campo), para garantizar una buena germinación de la semilla. La profundidad de siembra fue de aproximadamente de 3 a 5 cm, para evitar el ahogamiento y pérdida de la semilla. Finalmente se procedió a sembrar manualmente (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.5 Fertilización**

La fertilización se basó en la recomendación básica de nutrientes, 200 kg ha<sup>-1</sup> de 10-30-10 y EM (elementos menores) al momento de la siembra y posteriormente al macollamiento una aplicación de urea. Es decir, 6 g de 10-30-10 por unidad experimental a la siembra y 4.5 g de urea al macollamiento (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.6 Control de malezas**

Se aplicó un control químico (herbicida metsulfurón-metil) para malezas de hoja ancha, en la etapa de macollamiento del cultivo de avena, en dosis recomendada por el fabricante (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.7 Controles fitosanitarios**

En los ensayos de investigación se evaluó la incidencia y severidad de las principales enfermedades, por lo que no se realizó aplicaciones de agroquímicos para el control de enfermedades (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.7 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual, usando una hoz una vez que las plantas han llegado a su madurez de campo (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.8 Trilla**

La trilla se realizó de forma mecánica utilizando una trilladora para experimentos. El grano trillado fue almacenado en fundas de tela con su debida etiqueta, donde contiene la información del ensayo (Garófalo et al., 2011).

#### **3.4.9 Beneficio de la semilla**

Posterior a la cosecha y trilla, se procedió al secado de la semilla hasta obtener una humedad de grano del 14%. Posteriormente se realizó la limpieza del grano, para luego almacenar el grano en fundas de tela (Garófalo et al., 2011).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Vigor de la planta

El análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos muestra que existe asociación ( $gl=12$ ;  $\chi= 0.0335$ ) entre las variedades y líneas promisorias con el vigor de la planta de avena (Tabla 12).

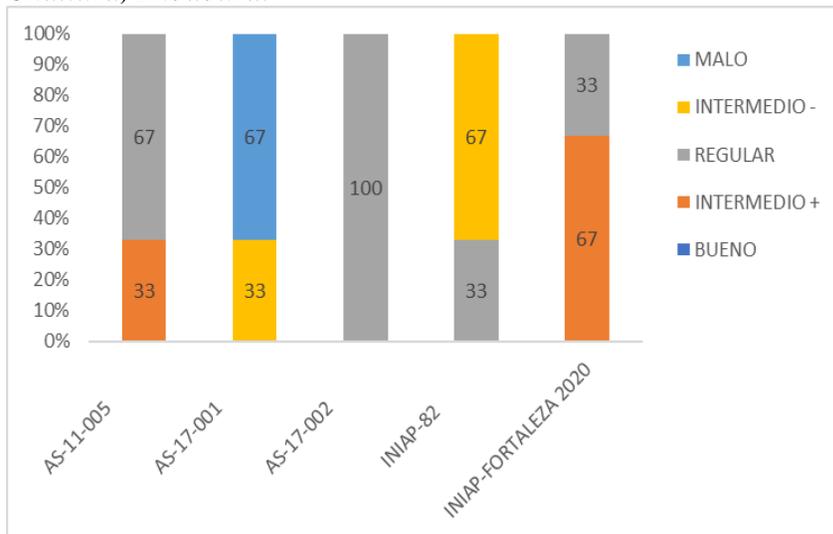
**Tabla 12.** Análisis de tablas de contingencia para el vigor de planta en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.

Estadístico	Valor	Gl	Valor-P
Chi Cuadrado Pearson	22.38	12	0.0335

**Nota.** Gl Grados de libertad; P= significancia estadística.

Según los datos reportados en la Figura 14, se pudo observar que las variedades y líneas promisorias evaluadas no muestran observaciones en la categoría de vigor bueno. Además, se puede apreciar que la categoría vigor regular registra el mayor porcentaje de observaciones; alcanzando un 47%. Esto representa un incremento del 27% en comparación con las categorías intermedias, así como un aumento del 34% con respecto a la categoría vigor malo. Además, se puede apreciar que la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 y la línea promisorias AS-11-005 presentan un vigor intermedio, entre regular y bueno, siendo estas las que mejor se adaptaron a la zona. Al contrario de la línea promisorias AS-17-001 que el 67% alcanza la categoría de un vigor relativamente malo.

**Figura 14.** Vigor de la planta en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.



Estos resultados no coinciden con lo observado por Bautista (2022) ya que, en su investigación, realizada en Latacunga, donde evaluó el mismo germoplasma, se obtuvieron observaciones dentro de la categoría vigor bueno; y, a su vez, no se tuvieron observaciones en las categorías vigor intermedio- y malo, para ninguno de los materiales evaluados. Al contrastar los datos obtenidos por esta autora con los de esta investigación, se puede apreciar que las variedades INIAP FORTALEZA 2020 e INIAP-82; y, las líneas promisorias AS-11-005 y AS-17-001, tuvieron un mejor comportamiento, en el campus Salache (Latacunga), que en el campus La Pradera (Chaltura). Para la línea promisorias AS-17-002 se apreció un comportamiento similar en ambas localidades. Es probable que estos resultados puedan corresponder a mejores condiciones climáticas en el campus Salache ya que, Bautista dio el mismo manejo agronómico en relación con el detallado en esta investigación.

A su vez, se puede notar que, en la investigación de Bautista, el mejor vigor fue obtenido por la línea promisorias AS-11-005, mientras que en esta investigación el mejor comportamiento fue para la variedad INIAP-FORTALEZA 2020. Por otro lado, la línea AS-17-001 reflejó una mala categoría en la localidad de Chaltura; mientras que, en Latacunga, este material mostró una categoría de vigor intermedia-.

#### 4.2 Hábito de crecimiento o porte

Los análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos indican que no existe asociación ( $gl=4$ ;  $\chi =0.0611$ ) entre variedades y líneas promisorias con el hábito de crecimiento o porte de la planta de avena (Tabla 13).

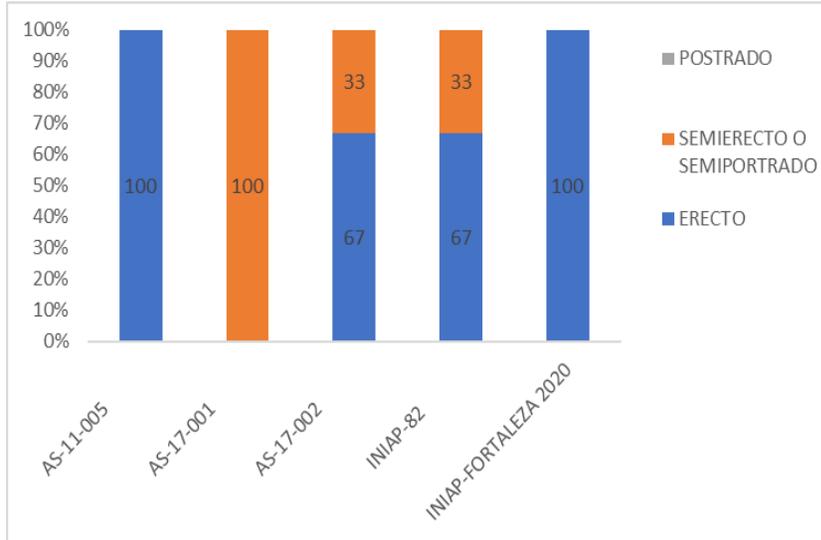
**Tabla 13.** *Análisis de tablas de contingencia para el hábito de crecimiento o porte de planta en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura, Imbabura.*

Estadístico	Valor	Gl	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	9	4	0.0611

**Nota.** Gl Grados de libertad; P= significancia estadística.

Según los datos registrados en la Figura 15, se pudo observar que las variedades y líneas promisorias evaluadas no muestran observaciones en la categoría hábito de crecimiento postrado. Por otro lado, destaca que la categoría hábito de crecimiento erecto concentra la mayor proporción de observaciones; alcanzando un 67 %. Esto muestra un incremento del 34% en comparación de la categoría Semierecto o Semipostrado.

**Figura 15.** Hábito de crecimiento o porte de plantas de avena (*Avena sativa L.*) en Chaltura, Ecuador.



Estos resultados no coinciden con lo observado por Bautista (2022) ya que, en su investigación, el 100% del germoplasma estaba dentro de la categoría Semierecto o Semipostrado y en este trabajo se determinó que la distribución del germoplasma se encontraba en las categorías Erecto y Semierecto o Semipostrado. A su vez, el 100% de la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 y la línea promisoría AS-11-005 son de categoría Erecto; y solamente la línea promisoría AS-17-001 coincide al 100% con lo mencionado por Bautista. Así mismo, se determinó que la variedad INIAP-82 y la línea promisoría AS-17-002, tienen una tendencia a la categoría Erecto con el 67% de las muestras y solamente el 33% se acerca a lo determinado por Bautista.

#### 4.3 Días al panojamiento

Los resultados del análisis estadístico para la variable días al panojamiento indican que existen diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de avena que han sido evaluadas (Tabla 14) (GL: 4.8; Valor F: 40.13; Valor P: 0.0001).

**Tabla 14.** Análisis de varianza para días al Panojamiento de plantas de avena (*Avena sativa L.*) en Chaltura Imbabura

Fuente de Variación	GL	GL	F	P
Variedades/Líneas	4	8	40.13	<0.0001

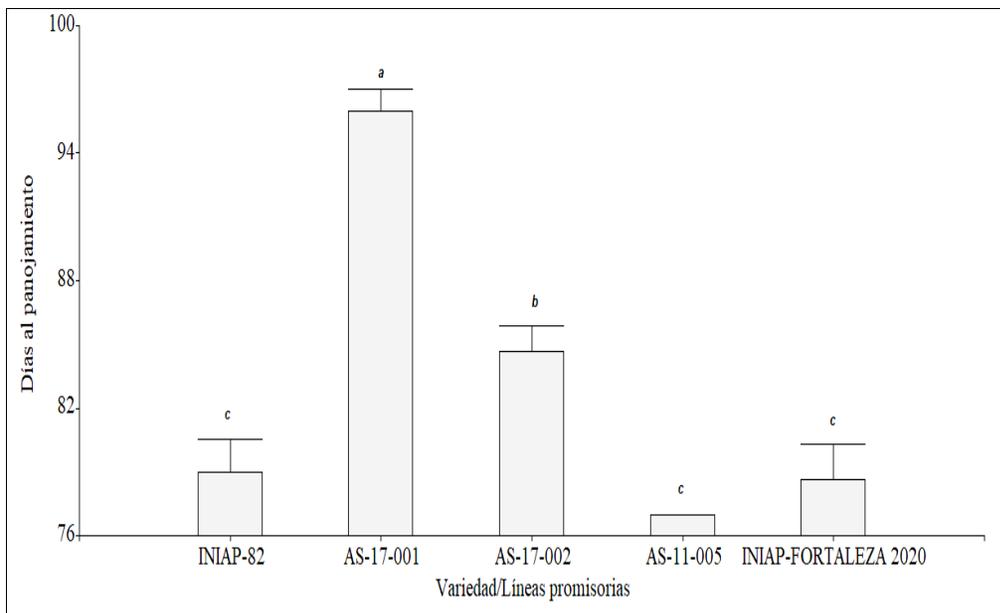
**Nota:** GL FV: Grados de libertad de la fuente de variación; GL: grados de libertad; F: valor F; P: Valor P.

En el análisis realizado con la prueba de LSD de Fisher, con un nivel de significancia del 5%, observamos que la línea promisoría AS-11-005 y las dos variedades INIAP-FORTALEZA

2020 e INIAP-82 alcanzan el panojamiento en tiempos similares, con un promedio de 78 días y a su vez más temprano que el resto de germoplasma. Por otra parte, la línea promisoría más tardía fue la AS-17-001, demorando 18 días más que la línea AS-11-005 y las variedades del INIAP; y, 12 días más que la línea AS-17-002 (Figura 16).

Según el estudio de Rivera et, al. (2020), estas variedades se consideran como precoces, lo que significa que alcanzan la madurez en un período de tiempo más corto. A su vez, INIAP, (2020), en la ficha técnica de la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 menciona que esta alcanza el panojamiento en un periodo de 70 a 80 días, mientras que Fuentes (1984) menciona que INIAP-82 alcanza a los 90 días. Esto puede tener ventajas, como la reducción de costos de producción y la finalización del ciclo de crecimiento antes de que surjan problemas relacionados con plagas. Por otro lado, las líneas promisorias AS-17-001 y AS-17-002 requieren más días para alcanzar el panojamiento, lo que las hace menos precoces en comparación con las otras variedades mencionadas.

**Figura 16.** *Días al panojamiento de la avena.*



Además, al comparar los resultados de esta investigación con el estudio realizado por Bayas (2022), sobre la determinación del potencial productivo de accesiones de avena en la Provincia de Bolívar, encontramos similitudes y diferencias significativas. En el caso de la línea promisoría AS-17-002, se observa que toma un tiempo considerablemente largo para llegar al panojamiento, con un promedio de 85 días, lo que coincide con los resultados de esta

investigación que registró 84 días para alcanzar esta etapa. Sin embargo, en el caso de la línea promisorio AS-17-001, los resultados no son congruentes, ya que, en este estudio, el panojamiento se produce más tarde, con un promedio de 96 días, en contraste con la investigación de Bayas, donde se alcanza en solo 70 días, clasificándola como muy precoz.

Por otro lado, al comparar los resultados obtenidos por Bautista (2022), se observan similitudes notables. En particular, la línea promisorio AS-17-001 se ha caracterizado como tardía, alcanzando un panojamiento en su investigación a los 114 días. Por otra parte, Bautista menciona que la variedad INIAP-82 es la más precoz, logrando el panojamiento a los 56 días, según la autora la usencia de lluvias en etapas tempranas provoca precocidad. Sin embargo, Bobadilla et al., (2013), indica que una madurez temprana tiene desventajas significativas para la capacidad biológica de la planta. Las desventajas incluyen una menor biomasa total, una estructura más compacta en términos de altura, vigor y ramificación, y un menor número de puntos florales, lo cual influye en una baja producción de granos.

#### 4.4 Altura de la planta

Los resultados del análisis estadístico para la variable de altura de la planta, indica que existen diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de avena que han sido evaluadas (Tabla 15) (GL:4.143; Valor F: 41.2; Valor P: <0.0001).

**Tabla 15.** Análisis de varianza para la altura de planta en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.

Fuente de variación	GL	FV	GL	F	P
Variedades/Líneas	4		143	41.02	<0.0001

**Nota:** GL FV: Grados de libertad de la fuente de variación; GL: grados de libertad; F: valor F; P: Valor P.

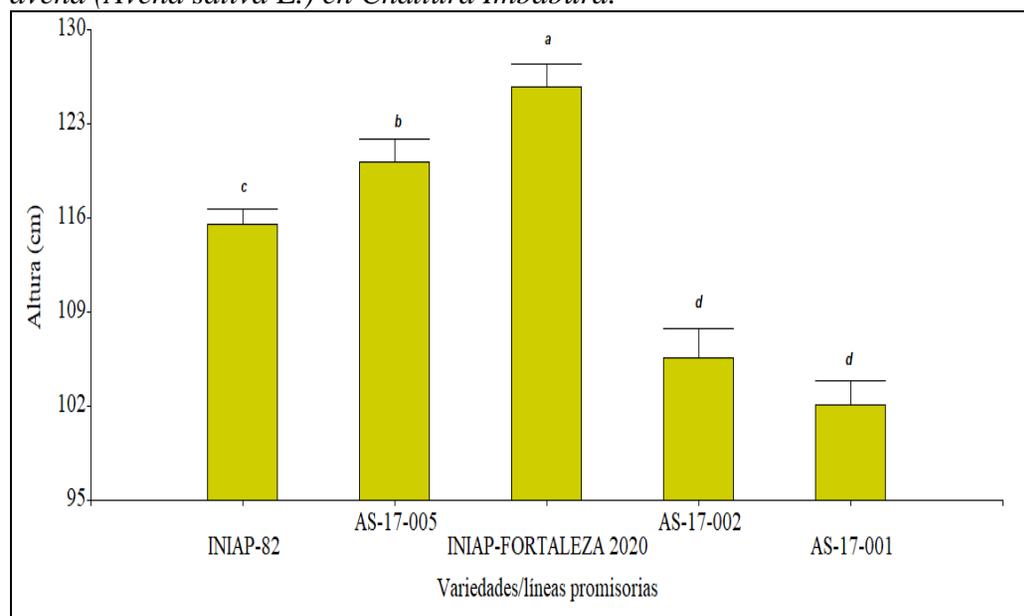
En cuanto a la prueba estadística LSD de Fisher con un valor de significancia al 5%, el análisis de los resultados, demuestran que, para la variable de altura de la planta, la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 obtuvo una media de 125.77 cm considerando a esta variedad como la que mejor altura presenta. Además, esta alcanza un 4.48% más de altura que la línea AS-11-005; 8.16% que la variedad INIAP-82 y un 17.41% más que las líneas promisorio AS-17-001 y AS-17-002 (Figura 17).

Por otro lado, Camarena et al., (2012) mencionan que la altura de la planta depende de la constitución genética y también de las condiciones ambientales. Además, Legget y Thomas (1995) sugieren que el objetivo en mejoramiento de cereales es buscar plantas de menor altura,

con buenos rendimientos y homogéneas; ya que a una menor altura de planta y homogénea el cultivo es menos propenso a sufrir acame.

En este sentido, no se observó ningún caso de acame en ninguna de las muestras. Esto se debe a que la altura promedio de las plantas de avena es de 150 cm, y en nuestro estudio, no supera ese rango. Por lo tanto, podemos inferir que esta altura fue un factor determinante para prevenir el acame en las plantas de avena.

**Figura 17.** Gráfico de medias para la variable Altura en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.



Al comparar los resultados obtenidos en este estudio, frente a los datos reportados por Bautista (2022) en el campus Salache (Latacunga); donde se evaluó el mismo germoplasma los resultados no coinciden, debido a que en los resultados de mencionada autora existe una diferencia mayor en cuanto a la altura en el 100% del germoplasma. Sin embargo, la diferencia radica en que en esta investigación que la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 alcanza la mayor altura de planta, mientras que Bautista reporta la línea promisorias AS-17-001. Al contrario, en esta investigación la línea promisorias AS-17-001 es la de menor altura para el campus Chaltura. Adicionalmente, la línea promisorias AS-11-005 en esta investigación ocupa el segundo lugar, mientras que Bautista ocupa el último, alcanzando la menor altura. Por otro lado, la línea AS-17-002 en ambas localidades ocupa las últimas posiciones.

#### 4.5 Tipo de paja

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos se puede apreciar que existe asociación ( $gl=8$ ;  $\chi=0.0041$ ) entre variedades y líneas promisorias con el tipo de paja de plantas de avena (Tabla 16).

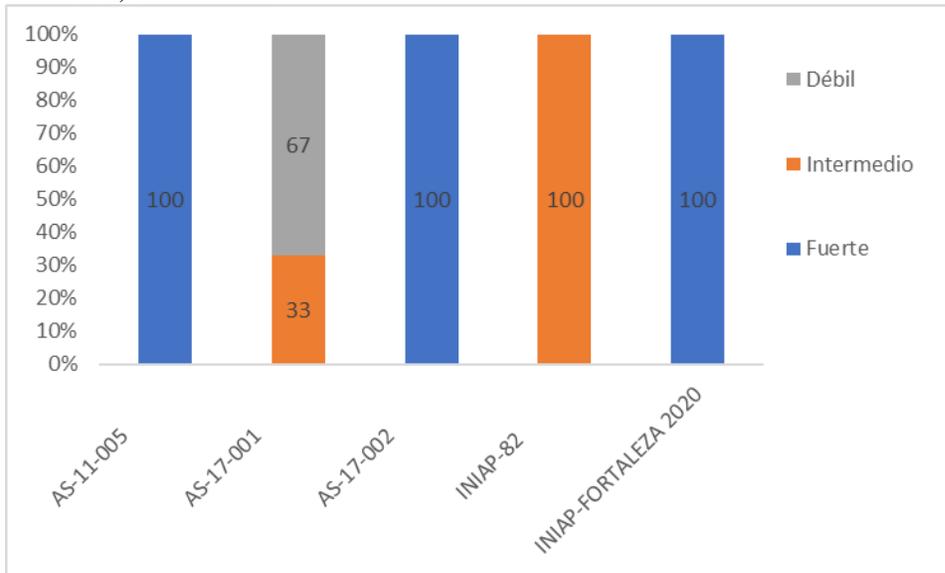
**Tabla 16.** Análisis de tablas de contingencia para el tipo de paja en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.

Estadístico	Valor	GL	P
Chi Cuadrado Pearson	22.5	8	<0.0041

**Nota.** Gl Grados de libertad; P= significancia estadística.

Al examinar los datos presentados en la Figura 18, se puede apreciar que el 60% de las observaciones se encuentran en la categoría tallo fuerte, Además, se destaca que esta categoría sugiere un aumento del 33% en comparación con la categoría tallo intermedio, y a su vez, un incremento de 47% con respecto a la categoría tallo débil.

**Figura 18.** Tipo de paja en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.



Al comparar estos resultados con los de Bautista (2022), en su investigación en el campus Salache del cantón Latacunga (Cotopaxi), donde se evaluó el mismo germoplasma, se puede apreciar que coinciden las observaciones para las variedades INIAP-82 e INIAP-FORTALEZA 2020 y las líneas promisorias AS-17-001 y AS-11-005. A su vez, se puede notar que en la localidad de Chaltura el tipo de paja es relativamente mejor para la línea promisoriosa AS-17-002,

ya que, se encuentra en la categoría tallo Fuerte; mientras que la mencionada autora reportó una categoría de tallo intermedio.

Por otro lado, estos resultados no coinciden con lo realizado por Moposita (2023), quien evaluó, de igual manera, el mismo germoplasma, en el campus Querochaca, del cantón Cevallos (Tungurahua). En su investigación, la línea promisoría AS-17-001 alcanza la categoría tallo fuerte, presentando un mejor resultado en comparación de lo obtenido en el campus Chaltura, que alcanzó la categoría tallo débil. A su vez, se puede notar que en esta investigación hubo una notable mejoría para el tipo de paja en las líneas AS-17-002, AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020, debido a que alcanzan la categoría tallo fuerte, mientras que la autora reporta categorías tallo débil y tallo intermedio para la última línea y variedad respectivamente. Finalmente, para la variedad INIAP-82 se apreció un comportamiento similar en ambas localidades.

#### 4.6 Rendimiento de grano

Los resultados del análisis estadístico para la variable rendimiento de grano, indican que existen diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de avena que han sido evaluadas (Tabla 17) (GL:4.8; Valor F: 436.61; Valor P: <0,0001).

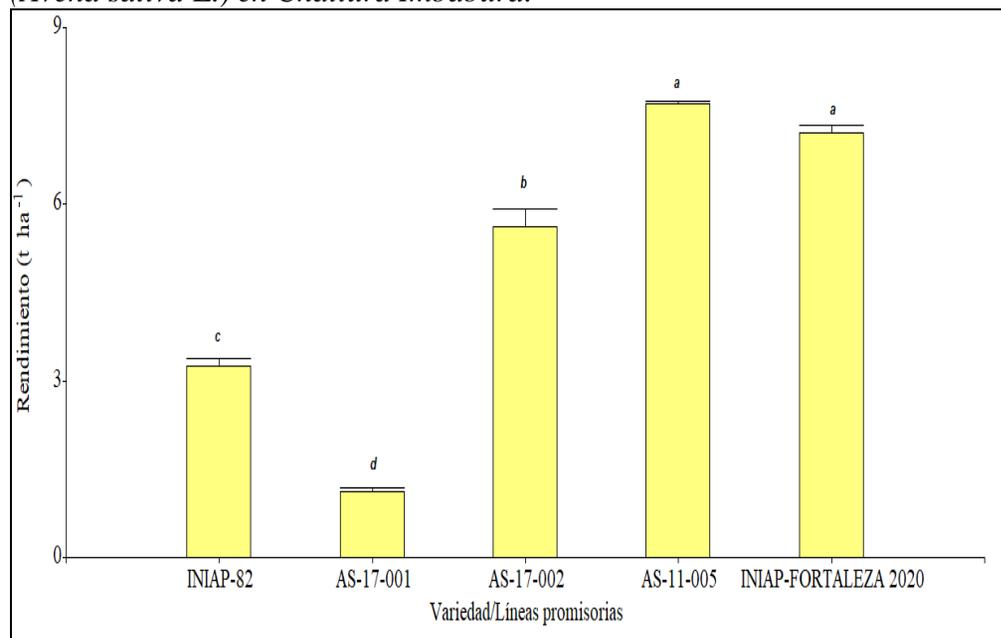
**Tabla 17.** *Análisis de varianza para el rendimiento de grano  $t\ ha^{-1}$  en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL FV</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Variedades/Líneas	4	8	436.61	<0.0001

**Nota:** GL FV: Grados de libertad de la fuente de variación; GL: grados de libertad; F: valor F; P: Valor P.

En cuanto a la prueba de LSD de Fisher con un valor de significancia al 5%, demuestra que, para la variable rendimiento de grano, la línea AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 alcanzan una media de  $7.45\ t\ ha^{-1}$  por lo que asumimos que el rendimiento es mejor de lo esperado debido a que, Bobadilla et al. (2013) menciona que en el Ecuador el rendimiento promedio es de  $3.4\ t\ ha^{-1}$  aproximadamente. A su vez, este promedio representa un incremento de  $1.82\ t\ ha^{-1}$  en comparación con la línea promisoría AS-17-002, así como un aumento de  $4.19\ t\ ha^{-1}$  con respecto a la variedad INIAP-82 y  $6.33\ t\ ha^{-1}$  frente a la línea promisoría AS-17-001 (Figura 19).

**Figura 19.** Rendimiento de grano de avena en  $t\ ha^{-1}$  en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.



En cuanto al comportamiento agronómico en la figura 19 se observa que la línea promisoriosa AS-11-005 es la que llega al rendimiento más alto  $7.71\ t\ ha^{-1}$  en comparación con las demás líneas; esta línea también supera a lo obtenido en otras investigaciones, como es el caso de Bautista (2022) que obtuvo  $1.33\ t\ ha^{-1}$  es decir  $6.44\ t\ ha^{-1}$  menos que el presente trabajo y Moposita (2023) la cual obtiene  $4.32\ t\ ha^{-1}$  con un déficit de  $3.45\ t\ ha^{-1}$  en comparación de lo obtenido.

Para el caso de la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 como segunda mejor en cuanto a rendimiento con  $7.20\ t\ ha^{-1}$  según la presente investigación y superando a lo que indica la ficha técnica en cuanto al rendimiento; también se lo ha comprado con el trabajo realizado por las mismas autoras y se supera con  $5.62\ t\ ha^{-1}$  a los resultados de Bautista (2022) y con  $1.96\ t\ ha^{-1}$  a lo obtenido por Moposita (2023); siendo para estas autoras la variedad de mejor rendimiento en sus zonas de investigación aunque sus rendimientos en el caso de Moposita está en el límite inferior según la ficha técnica y Moposita con el  $1.58\ t\ ha^{-1}$  no alcanza ni el límite inferior reportado por INIAP.

La línea Promisoriosa AS-17-002 con  $5.65\ t\ ha^{-1}$  ocupa el tercer lugar en cuanto a rendimiento en nuestra zona de investigación, superando también a lo conseguido por Bautista (2022) y Moposita (2023) con  $5.07\ t\ ha^{-1}$  y  $0.73\ t\ ha^{-1}$  respectivamente; en la investigación de

Bautista la línea Promisoria AS-17-002 no tuvo mayor importancia ya que fue una de las que menor rendimiento presentó en comparación de las líneas evaluadas.

Contrastando los resultados de la Variedad INIAP-82 quien presento 3.26 t ha<sup>-1</sup> con las investigaciones de Bautista (2022) y Moposita (2023) podemos deducir que el rendimiento obtenido en la presente y el rendimiento de Bautista con 3.91 t ha<sup>-1</sup> superan al promedio que indica la ficha técnica de esta variedad y también lo obtenido por Moposita quien en su investigación llega a 1.87 t ha<sup>-1</sup>.

Para el caso de la línea promisorio AS-17-001 en las tres investigaciones no mostró relevancia en los resultados, con un rendimiento máximo de 2.02 t ha<sup>-1</sup> según Moposita ( 2023), 0,43 t ha<sup>-1</sup> según Bautista (2022) y 1.12 t ha<sup>-1</sup> según lo obtenido en la presente investigación; en nuestro caso no se alcanzó al promedio mínimo de producción nacional que según INIAP (2020) es de 1.5 a 3 t ha<sup>-1</sup>.

Es importante mencionar que Bautista (2022), indica que reportó promedios bajos de rendimiento debido a que, en la etapa crítica del cultivo, es decir, proceso de emergencia de las plantas, periodo de macollaje y periodo de panojamiento; las condiciones climatológicas fueron desfavorables, la falta de lluvias llevó a que el cultivo no exprese realmente su potencial genético.

#### 4.7 Peso hectolítrico

Los resultados del análisis estadístico para la variable peso hectolítrico, indican que existen diferencias significativas entre las variedades y líneas promisorias de avena que han sido evaluadas (Tabla 18) (GL:4.8; Valor F: 39.82; Valor P: <0.0001).

**Tabla 18.** Análisis de varianza para el peso hectolítrico en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura

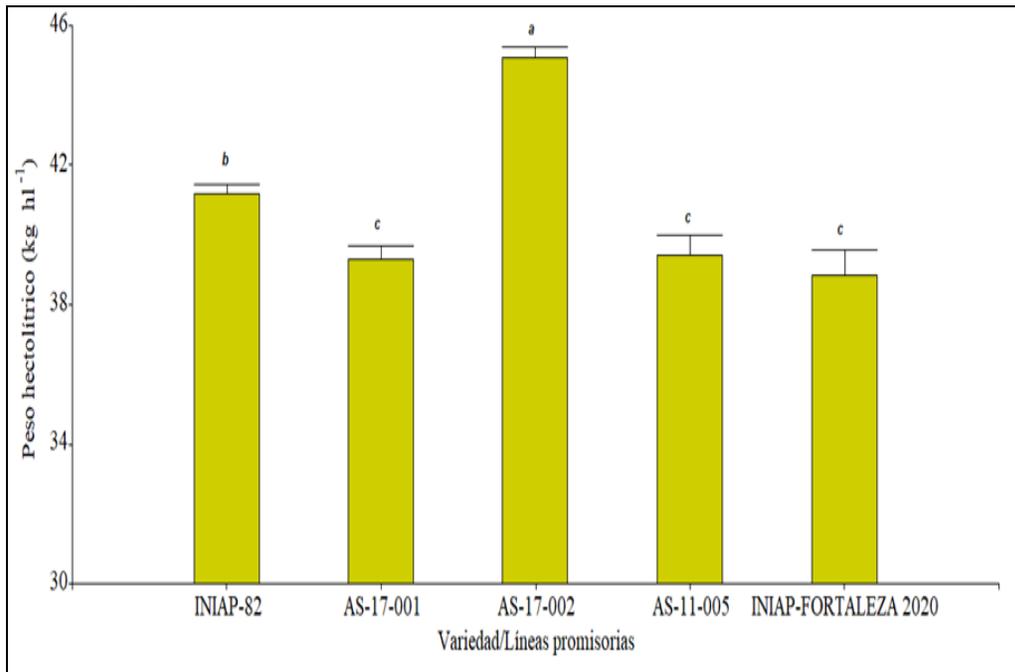
Fuente de Variación	GL FV	GL	F	P
Variedades/Líneas	4	8	39.82	<0.0001

**Nota:** GL FV: Grados de libertad de la fuente de variación; GL: grados de libertad; F: valor F; P: Valor P.

En cuanto a la prueba estadística LSD Fisher con un valor de significancia al 5%, muestra que, para la variable peso hectolítrico, la línea promisorio AS-17-002 obtuvo el mejor resultado alcanzando una media de 45.08 kg hl<sup>-1</sup>; además, alcanza 3.89 kg hl<sup>-1</sup> más de peso hectolítrico que la variedad INIAP-82 y 6.22 kg hl<sup>-1</sup> más que las líneas promisorias AS-11-005, AS-17-001 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 (Figura 15).

De acuerdo con lo mencionado por Bozzani (2016), el peso hectolítrico de la avena, al igual que en otros granos, puede variar según la variedad y la región. Sin embargo, generalmente se considera que un buen peso hectolítrico se encuentra en el rango de 38 a 42 kilogramos por hectolitro ( $\text{kg hl}^{-1}$ ). Este rango es un estándar común utilizado para evaluar la calidad de la avena. Por consiguiente y en cuanto respecta a esta variable, la líneas y variedades muestran un buen peso, que se mantiene en el rango.

**Figura 20.** *Peso hectolítrico des líneas promisorias y variedades de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.*



Contrastando la información obtenida en este trabajo, con la descrita por Bautista (2022) en el campus Querochaca (Tungurahua) y Moposita (2023) en el campus Salache (Cotopaxi), donde evaluaron el mismo germoplasma, podemos corroborar que, para la línea promisoriosa AS-17-002 el peso hectolítrico en la investigación de Bautista (2022) alcanza  $29.22 \text{ kg hl}^{-1}$ , mientras que Moposita (2023) coincide con esta investigación ya que en ambas localidades alcanza un peso promedio de  $42.08 \text{ kg hl}^{-1}$ , mostrando una diferencia de  $16.98 \text{ kg hl}^{-1}$  aproximadamente. Para el caso de la variedad INIAP-82 ocurre exactamente lo mismo, Bautista (2022) reporta  $33.86 \text{ kg hl}^{-1}$ , mientras que en estas investigaciones existe un aumento promedio de  $8.74 \text{ kg hl}^{-1}$ . De igual manera ocurre para la línea promisoriosa AS-17-001, ya que Bautista (2022) menciona que obtuvo  $23.95 \text{ kg hl}^{-1}$ , mientras que la media de esta investigación con la de Moposita (2023)

alcanza un peso hectolítrico de 37.17 kg hl<sup>-1</sup>. Finalmente, para el caso de la línea promisoría AS-11-005 y la variedad INAP-FORTALEZA 2020 en el campus Salache existe una notable mejoría, ya que la autora menciona que alcanzó un peso de 42.26 kg hl<sup>-1</sup> y 42.17 kg hl<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en la media de estos materiales genéticos en Chaltura y Querochaca se reporta una disminución de 5.48 kg hl<sup>-1</sup> y 5.47 kg hl<sup>-1</sup> respectivamente para cada material.

#### 4.8 Tipo y color de Grano

Los análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos indican que existe asociación (gl=8;  $\chi=0.001$ ) entre variedades y líneas promisorias con el tipo de grano (Tabla 19).

**Tabla 19.** *Análisis de tablas de contingencia para el tipo de grano en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.*

Estadístico	Valor	GL	P-valor
Chi Cuadrado Pearson	26.25	8	0.001

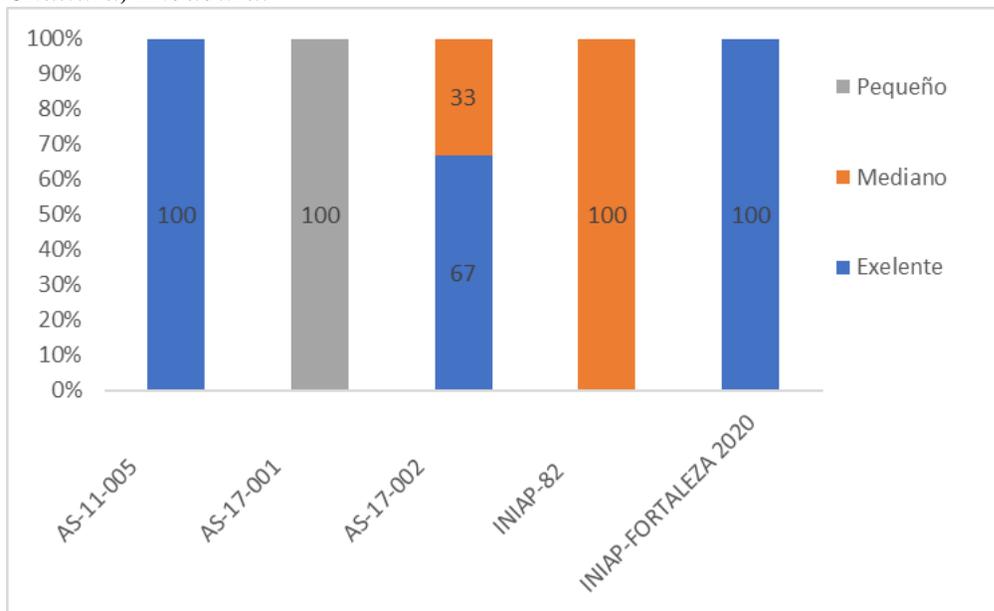
**Nota.** Gl=Grados de libertad; P-valor= significancia estadística.

La Figura 21 muestra que las variedades y líneas promisorias evaluadas muestran el 53% de observaciones en la categoría grano excelente; mientras que en la categoría grano mediano y grano pequeño hay un 27% y 20% respectivamente, es decir en la categoría grano grueso tenemos un 6% más que en las categorías grano mediano y grano pequeño que suman un total de 47%. Por otro lado, destaca la línea promisoría AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 alcanzando el 100% de sus observaciones en la categoría de grano excelente, junto con línea promisoría AS-17-002 que alcanza un 67% en la misma categoría. Sin embargo, la línea promisoría AS-17-001 refleja la menor calidad de grano alcanzando el 100% en la categoría grano pequeño.

Contrastando la información obtenida por Bautista (2022) y Moposita (2023) con el presente trabajo podemos corroborar que la línea promisoría AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 tiene su tipo de grano en la categoría grano excelente, De igual manera, se observa una coincidencia en las tres investigaciones al comparar lo que ocurre con la variedad INIAP-82 donde el 100% de las observaciones se posesionaron en la categoría grano mediano. Por otra parte, estas coincidencias no se observan para la línea promisoría AS-17-001 ya que Moposita (2023) en el campus de Querochaca (Ambato) obtuvo el 100% de las observaciones en la categoría grano excelente, Bautista (2022) en el campus Salache (Latacunga) determinó que el

100 % de las observaciones correspondieron a la categoría grano mediano y en la presente investigación las observaciones cayeron en la categoría grano pequeño.

**Figura 21.** Tipo de grano en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.



A su vez, para el caso de AS-17-002 en la localidad de Chaltura (Imbabura) se determinó que el 67% de las observaciones se encontraban en la categoría grano excelente y el 33% en la categoría grano mediano lo que no coincide con Bautista (2022) y Moposita (2023) quienes establecieron que esta línea promisorio tenía un tipo de grano de categoría grano mediano y grano excelente respectivamente. Según Ponce (2019) el tipo de grano es un factor genético, que se ve influenciado por las precipitaciones y temperaturas presentes al final del ciclo del cultivo, y por la incidencia de enfermedades que afectan a la espiga. Es decir, las diferencias encontradas en las líneas promisorias en las distintas localidades, muy probablemente se debió a alguno de los factores que menciona Ponce.

#### 4.9 Severidad y tipo de reacción de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*

Los resultados del análisis estadístico para la variable severidad de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*, indica que existe diferencias significativas entre las líneas promisorias y variedades de avena que han sido evaluadas (GL: 4.8; Valor F: 26.98; Valor P: <0.0001) (Tabla 20).

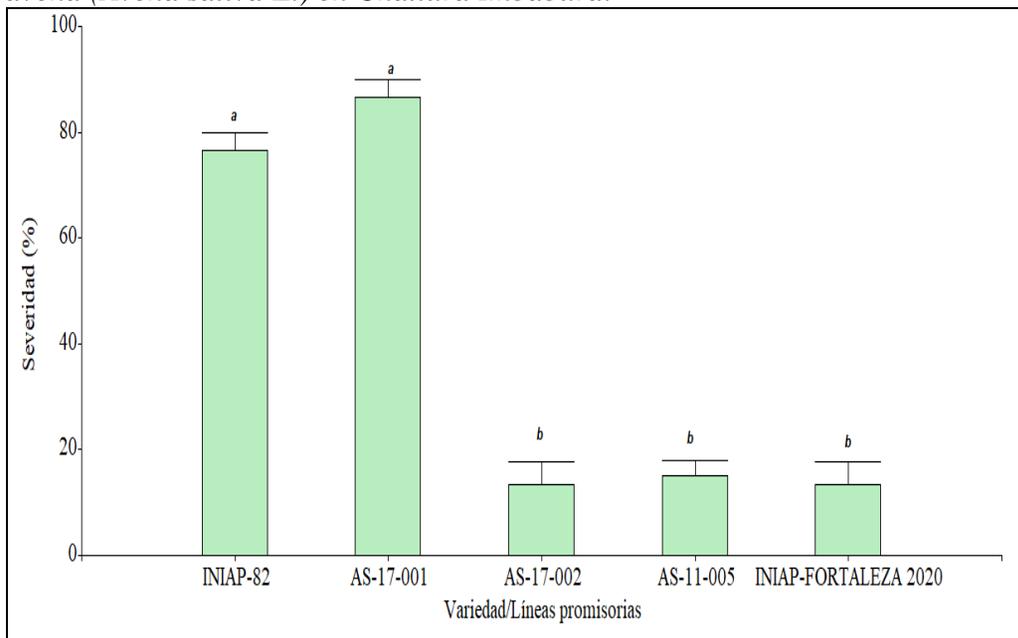
**Tabla 20.** Análisis de varianza para la Severidad de *Puccinia coronata* en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura

Fuente de Variación	GL	GI	F	P
Variedades/Líneas	4	143	41.02	<0.0001

**Nota:** GL: Grados de libertad de la fuente de variación; GI: grados de libertad; F: valor F; P: Valor P.

En relación con la prueba de LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5%, se evidencia que, las líneas promisorias AS-17-001 y la variedad INIAP-82 presentan una media de severidad del 81.67%, lo que indica que han sido las más afectadas. Además, muestran un incremento del 67.69% en comparación con la media de las líneas promisorias AS-17-002, AS-17-005 y la variedad INAP-FORTALEZA 2020 (Figura 22).

**Figura 22.** Severidad de *Puccinia Coronata* f. sp. *avenae* en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura Imbabura.



Por otro lado, al comparar los resultados obtenidos en este estudio frente a los presentados por Bautista (2022), podemos observar una similitud en la línea promisorias AS-17-001 que alcanza una media para las dos zonas (Salache y Chaltura) de 84.17%, así mismo, la variedad INIAP-82 que logra un 62.67% de severidad, por lo que es notorio que este material genético es completamente susceptible a esta enfermedad. En este sentido Fuentes (1984) corrobora esta información al mencionar que la variedad INIAP-82 presenta una baja tolerancia a *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*.

A su vez, se puede notar que, en ambas investigaciones, las líneas promisorias AS-17-002, AS-11-005 y la variedad INIAP-DORTALEZA 2020 presentan valores notoriamente bajos, que alcanzan no más del 15% de severidad. Por lo que, podemos aducir que, este material genético presenta una resistencia notoria a la enfermedad causada por *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*. Datos que son corroborados por Jiménez et al. (2020) al mencionar que INIAP-FORTALEZA 2020 es una variedad doble propósito (forraje y grano) altamente resistente a las royas de tallo y hojas.

De acuerdo con el análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos se puede apreciar que no existe asociación ( $gl=8$ ;  $\chi=0.0591$ ) entre variedades y líneas promisorias con el tipo de reacción de *Puccinia Coronata* f. sp. *avenae* (Tabla 21).

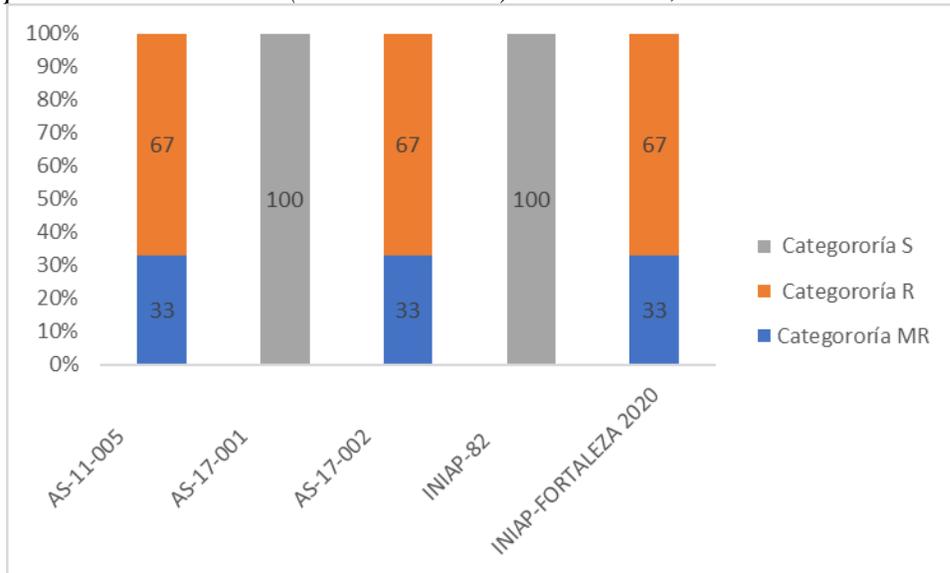
**Tabla 21.** *Análisis de tablas de contingencia para la variable tipo de reacción de Puccinia Coronata f. sp. avenae en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>GL</b>	<b>P-valor</b>
Chi Cuadrado Pearson	15	8	0.0591

**Nota.** GL=Grados de libertad; P-valor= significancia estadística.

Al examinar los datos presentados en la Figura 23, se puede apreciar que para el tipo de reacción de *Puccinia Coronata* f. sp. *avenae*, no se han encontrado observaciones en las categorías 0, M y MS. Además, se destaca que alrededor del 60 % de las observaciones se encuentran en las categorías R y MR (Que muestran resistencia a la enfermedad), a su vez, estas muestras representan un incremento del 20% con respecto a la categoría S. Donde podemos destacar a la línea promisoría AS-17-001 y la variedad INIAP-82, donde el 100% de las observaciones se encuentran en la categoría S, convirtiéndolas en material genético extremadamente susceptible a la enfermedad de la roya de la hoja.

**Figura 23.** Tipo de reacción de *Puccinia Coronata f. sp. avenae* en variedades y líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) en Chaltura, Imbabura.



**Nota.** Categoría S= Susceptible; Categoría R= Resistente; Categoría MR= medianamente resistente

Contrastando la información obtenida por Bautista (2022) con el presente trabajo, podemos corroborar que las líneas AS-17-002, AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 poseen el mismo tipo de reacción en la categoría R, así como la línea promisorias AS-17-001 donde el 100% de las observaciones se posicionan en la categoría S, sin embargo, se difiere en la variedad INIAP-82 ya que mencionada autora en el campus Querochaca (Ambato) obtuvo el 100 % de las observaciones en la categoría M y en la presente investigación las observaciones cayeron en la categoría S.

En este sentido, asumimos que la línea promisorias AS-11-001 y la variedad INIAP-82 son altamente susceptibles a la roya de la hoja, de acuerdo con ambas investigaciones. Adicionalmente, según Nazareno et al. (2018), el brote de esta enfermedad está relacionado con condiciones ambientales específicas; zonas caracterizadas por temperaturas cálidas (20-25 °C), alta humedad y la presencia de suaves brisas que favorecen la dispersión de las esporas que son propicias para la propagación de la Roya de la hoja

#### **4.10 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)**

De acuerdo con los análisis de tablas de contingencia de datos cualitativos indican que existe asociación ( $gl=4$ ;  $\chi=0,0047$ ) entre variedades y líneas promisorias con el virus del enanismo amarillo BYDV (Tabla 22).

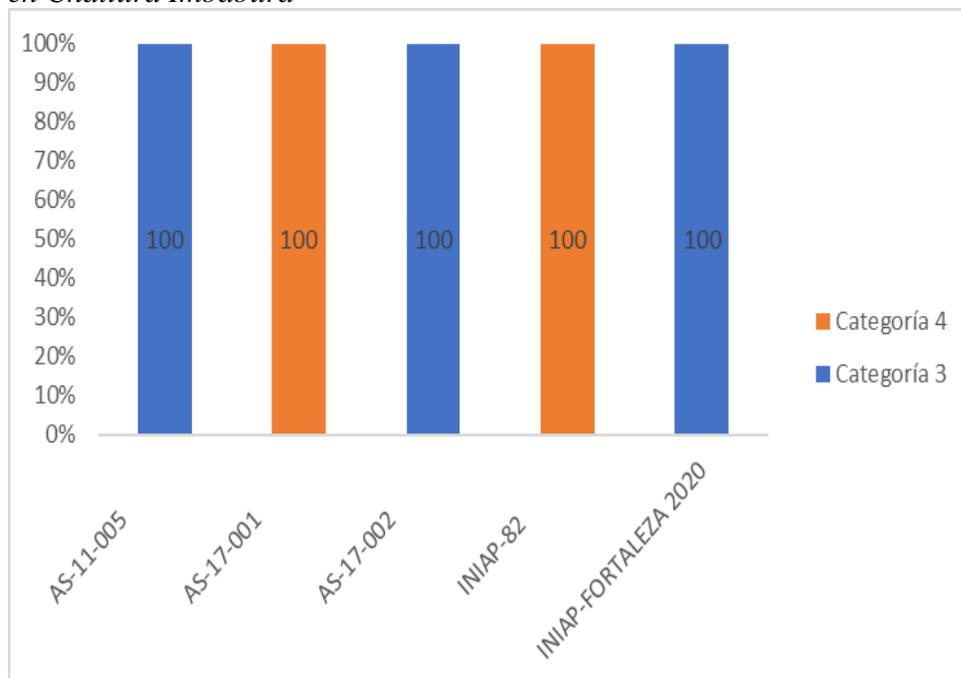
**Tabla 22.** *Tabla de frecuencias relativas para la variable incidencia del BYDV en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura.*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>GL</b>	<b>P-valor</b>
Chi Cuadrado Pearson	15	4	0.0047

*Nota.* GL=Grados de libertad; P-valor= significancia estadística.

La Figura 24 revela que, en lo que respecta a esta enfermedad, únicamente se cuentan con datos correspondientes a las categorías 3 (Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento) y 4 (Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo). Dado que no se presentó resultados en las demás categorías. De estas categorías, la categoría 3 concentra el mayor porcentaje de observaciones, superando en un 40% a la categoría 4. Por otro lado, podemos destacar que las líneas promisorias AS-17-002 y AS-11-005 en conjunto con la variedad INIAP-FORTALEZA 2020, presentan una leve mejoría en cuanto a la incidencia del virus del enanismo amarillo, en comparación con la línea promisorias AS-17-001 y la variedad INIAP-82.

**Figura 24.** *Incidencia del BYDV en variedades y líneas promisorias de avena (Avena sativa L.) en Chaltura Imbabura*



*Nota.* Categoría 3= Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento; Categoría 4= Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo.

Comparando esta información con lo obtenido por Bautista (2022), se puede observar que en el campus Salache (Cotopaxi) y Chaltura (Imbabura) coinciden las observaciones en la línea

promisoria AS-11-005 y la variedad INIAP-FORTALEZA 2020, ya que, se encuentran en la categoría 3; para el caso de las líneas promisorias AS-17-001 y AS-17-002 se determinó una mejoría en la localidad de Chaltura, debido a que, se encuentran en una categoría 4 y 3 respetivamente, mientras que, en el campus Salache para estos materiales genéticos se encuentran en la escala 5 (Amarillamiento más extenso; vigor de la planta moderado, o pobre, cierto enanismo). Por otro lado, Bautista determinó que la variedad INIAP-82 se posiciona en la escala 3, lo que resulta en una leve mejoría en comparación con este estudio que la ubica en la escala 4.

De acuerdo con Ponce et al. (2019), esta enfermedad se origina debido a la acción de pulgones de diversas especies, los cuales tienen la capacidad de inducir el enanismo y, en ocasiones, causar que las hojas se tornen de tonalidades rojas o moradas. En este contexto, al analizar los hallazgos de este estudio en general, es plausible asumir que la incidencia de la enfermedad fue relativamente baja, posiblemente debido a la escasa presencia de estos insectos.

#### 4.11 Comparación interna de resultados

En la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos en cuanto al objetivo específico uno, comparación de características morfológicas y fenológicas de tres líneas promisorias con respecto a dos variedades comerciales (Tabla 23).

**Tabla 23.** *Tabla de comparación de resultados internos de características morfológicas y fenológicas de tres líneas promisorias con respecto a dos variedades comerciales.*

Variedades comerciales y líneas promisorias/VARIABLES	INIAP-FORTALEZA 2020									
	INIAP-82		AS-17-001		AS-17-002		AS-11-005			
Vigor de planta	67% Escala 4	33% Escala 3	67% Escala 2	33% Escala 3	67% Escala 4	33% Escala 5	100% Escala 3	67% Escala 3	33% Escala 2	
Habito de crecimiento o porte	67% Escala 1	33% Escala 2	100% Escala 1	100% Escala 2	67% Escala 1	33% Escala 2	100% Escala 1	100% Escala 1		
Días al panojamiento	79	78	96	84	77					
Altura de planta (cm)	115.5	125.7	102.1	105.6	120.1					
Tipo de paja	100% Escala 2	100% Escala 1	67% Escala 3	33% Escala 2	100% Escala 1	100% Escala 1				

**Nota.** Vigor de planta ( Escalas:1 Bueno, 2 Intermedio, 3 Regular, 4 Intermedio y 5 Malo); Habito de crecimiento o porte (Escalas: 1 Erecto, 2 Intermedio y 3 Postrado); Tipo de paja (Escalas: 1 Tallo fuerte, 2 Tallo intermedio y 3 Tallo débil)

La tabla 23 revela que, en lo que respecta a la comparación de características morfológicas y agronómicas de líneas promisorias con respecto a variedades comerciales, podemos apreciar que la variedad que más sobresale en cuanto a mejores características es INIAP-FORTALEZA 2020 y la línea promisorias con características similares para la Granja Experimental la Pradera en Chaltura es la línea promisorias AS-11-005. Debido a que, para el vigor de planta esta línea alcanza 34% de similitud con la variedad mencionada. De la misma manera para el hábito de crecimiento o porte ya que existe un 100% de similitud entre los dos materiales. Así mismo, para la variable días al panojamiento ya que la diferencia de la variedad con la línea es de solamente un día. También, se apreció que los dos materiales superan los 120 cm de altura. Finalmente, para el tipo de paja la variedad INIAP-FORTALEZA 2020 coincide con las líneas AS-11-005 y AS-17-002 al 100%.

Por otro lado, en la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos en cuanto al objetivo específico dos, evaluación de severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio (Tabla 24).

**Tabla 24.** *Tabla de comparación de resultados internos de evaluación de severidad de plagas y enfermedades en los materiales de estudio.*

Variedades comerciales y líneas promisorias/Variables	INIAP-82	INIAP-FORTALEZA 2020	AS-17-001	AS-17-002	AS-11-005
Severidad y tipo de reacción de <i>Puccinia coronata</i> f. sp. <i>avenae</i>	76.67%	13.33%	86.67%	13.33%	15.00%
	100% S	67% R 33% MR	100% S	67% R 33% MR	67% R 33% MR
Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)	Escala 4	Escala 3	Escala 4	Escala 3	Escala 3

**Nota.** Tipo de reacción de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* (Escalas: R=Resistente; MR= Medianamente resistente; S= Susceptible); Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) (Escala: 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)

La tabla 24 muestra que, en lo que respecta a la severidad de plagas y enfermedades, la variedad que más destaca es INIAP-FORTALEZA 2020, debido a que alcanza un 13.33% de severidad de roya de la hoja y un 67% en tipo de reacción R, además de encontrarse en la escala 3 del virus del enanismo amarillo de la avena, lo que la convierte en un material altamente resistente a este tipo de enfermedades. En este sentido, las líneas promisorias AS-17-002 y AS-11-005 son las que más similitud presentan en cuanto a esta variedad, debido a que para roya de la hoja poseen una media de 14.16% de severidad y de igual manera se encuentran en 67% en el tipo de reacción R, además, de estar en la misma escala para el virus del enanismo amarillo de la avena.

Por otro lado resalta que la variedad INIAP-82 es la que peor reacciona ante la enfermedad, alcanzando 76.6% de severidad de roya de la hoja y un 100% de susceptibilidad en el tipo de reacción, además de que para el virus del enanismo amarillo de la avena se posiciona en la escala 4, estos resultados son similares para la línea promisorias AS-17-001, donde incluso el porcentaje de severidad para roya de la hoja es 10% más que ya mencionada variedad, lo que convierte a estos dos materiales en germoplasma altamente susceptible a este tipo de enfermedades.

Finalmente, en la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos en cuanto al objetivo específico tres, rendimiento y parámetros de calidad del grano en los materiales de estudio (Tabla 25).

**Tabla 25.** *Tabla de comparación de resultados internos de rendimiento y parámetros de calidad en los materiales de estudio*

Variedades comerciales y líneas promisorias/Variables	INIAP-82	INIAP-FORTALEZA 2020	AS-17-001	AS-17-002	AS-11-005
Rendimiento de grano (tha <sup>-1</sup> )	3.26	7.20	1.12	5.62	7.71
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	41.19	38.85	39.31	45.08	39.40
Tipo y color de grano	100% Escala 2	100% Escala 1	100% Escala 3	67% Escala 1 33% Escala 2	100% Escala 1

**Nota.** Tipo y color de grano (Escala: 1= Grano excelente, grueso, grande, amarillo o blanco; 2= Grano mediano, grueso, blanco o amarillo; 3= Grano pequeño, delgado, manchado, chupado)

La tabla 25 muestra que, en lo que respecta a rendimiento y parámetros de calidad del grano, la variedad que destaca es INIAP-FORTALEZA 2020, debido a que el rendimiento de grano es de  $7.20 \text{ tha}^{-1}$ . Además, de un tipo y color de grano 100% en la escala 1. Características que son la base para comparar con las líneas promisorias, que nos lleva a mencionar que la línea promisorio AS-11-005 es la que más se parece superando a la variedad en  $0.51 \text{ tha}^{-1}$  en cuanto al rendimiento de grano, mientras que para el peso hectolítrico la variedad INIAP-82, presenta una mejoría con respecto a INIAP-FORTALEZA 2020 y la línea que se asemeja a la mejor variedad es AS-17-002.

Por otra parte, el peor material genético en cuanto rendimiento y calidad de grano lo obtuvo la línea promisorio AS-17-001, ya que alcanza escasamente  $1.12 \text{ tha}^{-1}$  de rendimiento de grano y una escala 3 en 100% de las observaciones, siendo una muy mala calidad de grano, lo que refleja su bajo rendimiento y peso hectolítrico.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La línea promisorio AS-11-005 muestra similitudes significativas con la variedad comercial, INIAP-FORTALEZA 2020, en varias características morfológicas y agronómicas. Esto sugiere un potencial prometedor para la línea AS-11-005 en la Granja Experimental La Pradera en Chaltura. Las similitudes en el vigor de la planta, el hábito de crecimiento, los días al panojamiento, la altura y el tipo de paja indican que la línea promisorio tiene cualidades comparables a la variedad comercial. Esto sugiere que la línea AS-11-005 podría ser una opción viable o incluso favorable para considerar su uso en nuevas investigaciones.
- INIAP-FORTALEZA 2020 ha demostrado ser una variedad altamente resistente, mientras que INIAP-82 y la línea AS-17-001 son altamente susceptibles a este tipo de enfermedades (Roya de la hoja y virus del enanismo amarillo de la avena). Mientras que las líneas promisorias AS-17-002 y AS-11-005 muestran características de resistencia similares a la variedad líder en el estudio.
- INIAP-FORTALEZA 2020 destaca por su alto rendimiento y uniformidad de grano, mientras que las líneas promisorias AS-11-005 y AS-17-002 muestran similitudes en ciertos aspectos, aunque la última resalta por mejorar el peso hectolítrico. Por otro lado, la línea AS-17-001 presenta un rendimiento extremadamente bajo y una calidad de grano deficiente en comparación con las demás variedades y líneas evaluadas.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

- En base a los resultados la línea promisorio AS-11-005 muestra un potencial prometedor, sin embargo, es importante llevar a cabo más pruebas y estudios que validen su viabilidad a largo plazo para poder comprender mejor sus características genéticas subyacentes.
- Se ha demostrado que la variedad INIAP-82 y la línea promisorio AS-17-001, son susceptibles a la roya de la hoja, por lo que es necesario dejar de replicar este material, para evitar que la enfermedad se siga propagando en este tipo de cultivos.

- Es necesario seguir avanzando con INIAP-FORTALEZA 2020 como base de comparación. Además, explorar y enfocarse en las líneas AS-11-005 y AS-17-002 debido a sus similitudes prometedoras en cuanto a mejores rendimientos y calidad de grano.

## REFERENCIAS

- Anaya, J. (2017). Cambios en el peso de grano afectados por la manipulación fuente –demanda en variedades de avena (*Avena sativa* L.) para valles altos [Tesis de Postgrado, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Bautista, D. (2022). Evaluación del comportamiento agronómico de líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas del Campus Salache, UTC 2021-2022 [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Berato, E. (2006). Cultivo de avena en Chile. Temuco, Chile: Gobierno de Chile. ISBN: 0717-4713.
- Biurrun, R., Lezáun, J., Garnica, I., & Llorens, M. (2010). Virus del enanismo amarillo de la cebada -BYDV-.
- Bobadilla, M., Gámes, A., Ávila, M., & García, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Camarena, F., Chura, J., & Blas, H. (2012). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM.
- Chavarría, J., & Vega, A. (2003). Avena para producción de grano [en línea]. Chillán: Informativo INIA Quilamapu. No. 75. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4099>
- Doehlert, D. C., McMullen, M. S., & Hammond, J. J. (2001). Genotípico y efectos ambientales sobre el rendimiento de grano y la calidad de la avena cultivada en Dakota del Norte. *Cultivociencia*, 41, 1066–1072.
- Endo, R. M., & Boewe, G. (1958). Pérdidas causadas por la roya de la avena en 1956 y 1957. *Planta Dis. Repts.*, 42, 1126–1128.
- FAO. (2018). Crops and livestock products. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Flores, A. (2023). Evaluación del desempeño agronómico y la adaptabilidad de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la Granja Experimental “La Pradera”, Chaltura, Imbabura [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte].
- Fuentes, G. (1984). INIAP-82 nueva variedad de avena de doble propósito.
- Gray, S., & Gildow, F. E. (2003). Luteovirus-Aphid Interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 41, 539–566.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2021). Avena en Ecuador. Recuperado de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/oats/reporter/ecu>

- Jiménez, C., Coronel, J., Garófalo, J., Ponce, L., Cárdenas, A., Ochoa, M., Rodríguez, L., Bravo, C., Garzón, J., Noroña, P., Campaña, D., & Muñoz, R. (2020). Nueva variedad de avena de doble propósito para la Sierra Sur ecuatoriana INIAP FORTALEZA 2020. Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Del Austro, 1–2.
- Latham, M. (2013). Nutrición humana en el mundo del desarrollo. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. Recuperado de <https://www.fao.org/3/W0073S/w0073s00.htm>.
- Lapierre, H., & Signoret, P. A. (2004). Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae). France: INRA Editions.
- González Torres, R., González Segnana, L. R., René Arias, O., & Ramírez, M. B. (2021). Aphid vectors of barley yellow dwarf (BYDV) virus in wheat crop in Paraguay. *Investigación Agraria*, 23, 28–31. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301678>
- Higelario, A. (2016). Respuesta del cultivo de la avena aplicando la lombricomposta en el año. ¿Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/71040/Tesis%20Jose%CC%81%20Daniel%20Anaya%20Tacuba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leggett, J. M., & Thomas, H. (1995). Oat evolution and cytogenetics. En *The Oat Crop* (pp. 120–149). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1_5).
- Leyva, S., Rangel, E., & Villaseñor, H. (2004). Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn., causante de la Roya del Tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. ISSN: 0185-3309.
- Merchancano, J., Castro, E., Hernández, F., Portillo, P., & Cadena, Á. (2022). Cultivo y ensilaje de avena (*Avena sativa* L.) en el trópico alto del departamento de Nariño. Colombia. ISBN: 978-740-516-6. Recuperado de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/245/226/1531-1?inline=1>
- Mateo, J. (2005). *Prontuario de agricultura. Cultivos Agrícolas* (p. 976).
- Moposita, A. (2023). Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias de avena bajo las condiciones agroecológicas de Querochaca [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato].
- Nazareno, E. S., Li, F., Smith, M., Park, R. F., Kianian, S. F., & Figueroa, M. (2018). *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*: a threat to global oat production. *Molecular Plant Pathology*, 19, 1047–1060. <https://doi.org/10.1111/mpp.12608>
- Nischwits, C. (2015). Barley yellow dwarf virus (BYDV). Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory (pp. 2).

- [https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension\\_cultural](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=extension_cultural)
- Plumb, R. T. (2002). Viruses of Poaceae: a case history in plant pathology. *Plant Pathology*, 51, 673-682.
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección de Cereales* (1era ed.). Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce, L., Garófalo, J., Noroña, P., & Campaña, D. (2020). Actividades de investigación en Cereales [Boletín Técnico, Pg. 51]. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5973/1/ACTIVIDADES%20DE%20INVESTIGACION%20EN%20CEREALES%20A%20O%202020%20impresadigital.pdf>
- Reascos, J., & Vásquez, S. (2015). Efectos de la aplicación de la abonadura orgánica en el rendimiento y producción de biomasa verde del cultivo de avena (*Avena sativa* L.). Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1069>
- Tufiño, I. (1982). Como INIAP desarrolla sus variedades mejoradas. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/410/4/iniapscbp3.pdf>
- Ronco, A. M. (2013). Implicancias del b-glucanos de avena en la salud (p. 78). Recuperado de <https://www.dinta.cl/wp-content/uploads/2018/11/Avena.pdf>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SEGARPA]. (2017). *Avena Forrajera Mexicana*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/256424/B\\_sico-Avena.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/256424/B_sico-Avena.pdf)
- VERIBONA, D. N. (2006). Calidades y Aptitudes del Trébol Blanco. Recuperado de <http://www.pregonagropecuario.com.ar/cat.php?txt=123#F5Atz2RtkmRw3vpl.99>
- Watson, L., & Dallwitz, M. J. (2008). The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. *The Grass Genera of the World*. Recuperado de <https://www.delta-intkey.com/grass/index.htm>
- Wehrhahne, N. (2009). Evaluación de parámetros de calidad molinera de avena en Argentina [Tesis Magister]. ¿Recuperado de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1948/Tesis-Wehrhahne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wegulo, S., Hein, G., & French, R. (2008). G08-1823 Barley Yellow Dwarf of Wheat, Barley, and Oats.